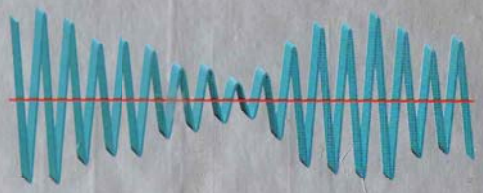
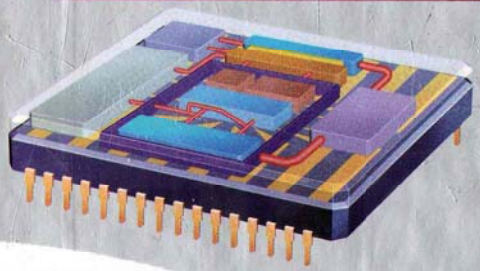


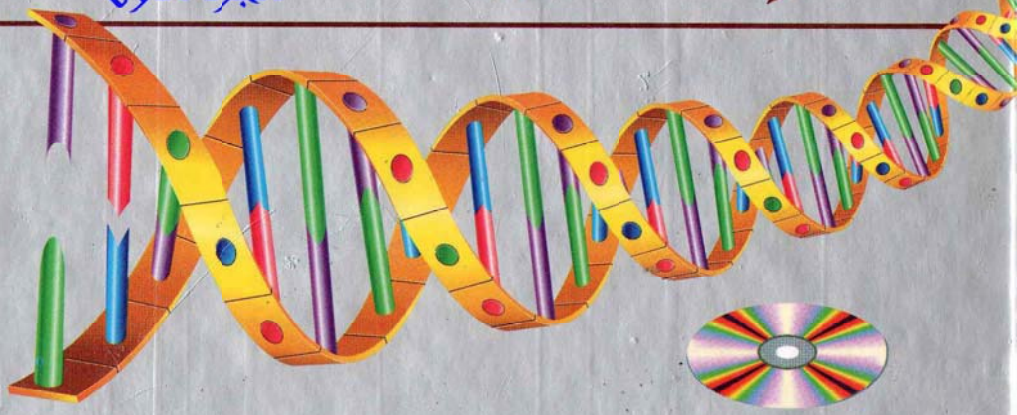
للمزيد من الحصريات زورونا على مدونة الكتب الحصرية

الموسوعة العلمية المعاصرة

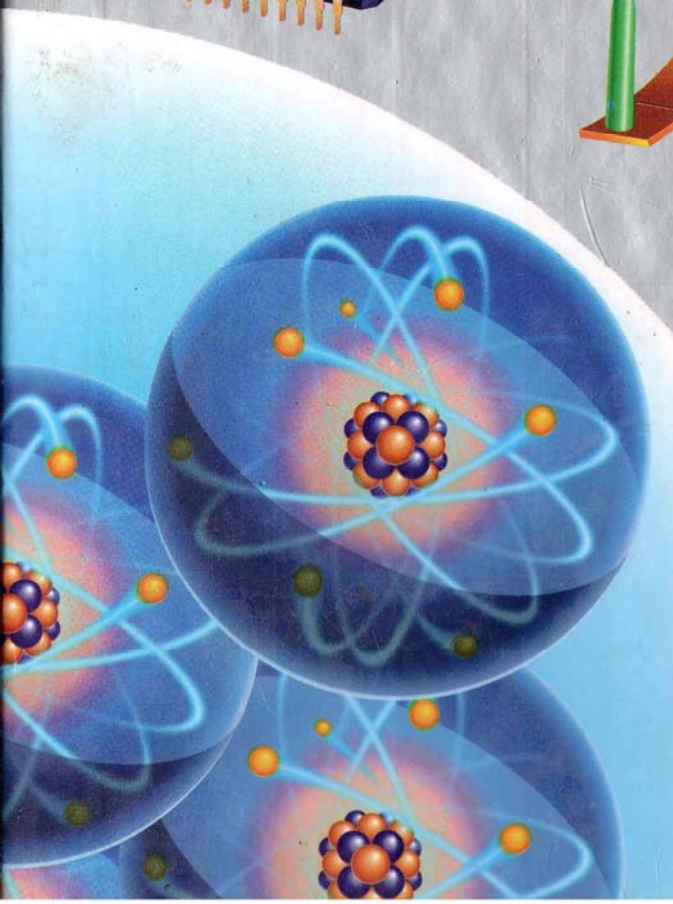
مدونة الكتب الحصرية https://www.facebook.com/koutoubhasria http://koutoub-hasria.blogspot.com/
http://koutoub-hasria.blogspot.com/ https://www.facebook.com/koutoubhasria

الجزء الاول

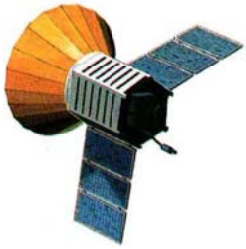


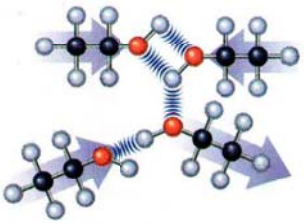


- أكثر من 3,500 مدخل موثّق المعالجة
- وما يزيد على 2,500 رسم وصورة توضيحيّة
- إضافة إلى مسرد بالمصطلحات الأساسيّة المعرّفة وقوائم مصوّرة بسير العلماء المشهورين والتواريخ والمخترعات المهمّة في دنيا العلوم



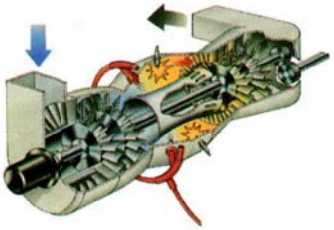
مكتبة لبنان ناشرون





المَوسُوعَة العِلْميَّة المُعاصِرَة

الجزء الاول



إعْداد

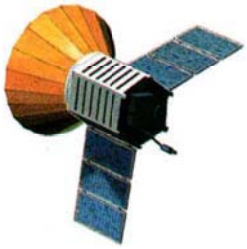
أحمَد شفِيق الخَطيبْ

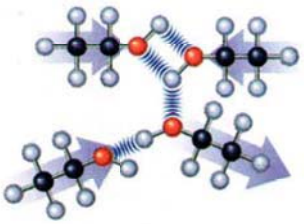
يوسُف سُليمان خَير الله

رَئيس التحرير

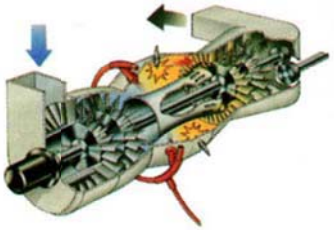
أحمَد شفِيق الخطيبْ

مَكتَبة لبْنان نَاشِرُون





المَوسُوعَة العِلْميَّة المُعاصِرَة



إعْداد

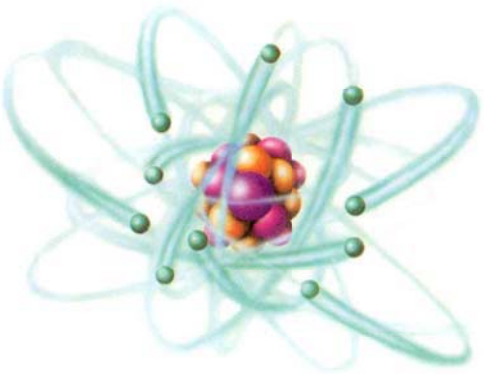
أحمَد شفِيق الخَطيبْ

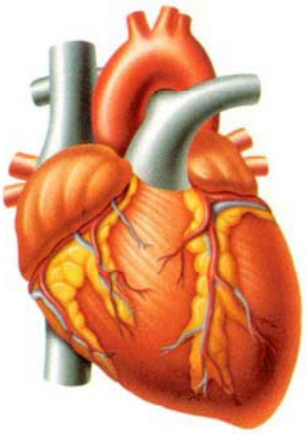
يوسُف سُليمان خَير الله

رَئيس التحرير

أحمَد شفِيق الخطيبْ

مَكتَبة لبْنان نَاشِرُون





كينغ فيشر
مكتبة لبنان ناشرون ش.م.ل
نشر مكتبة لبنان ناشرون
بالتعاون مع شركة كينغ فيشر للنشر

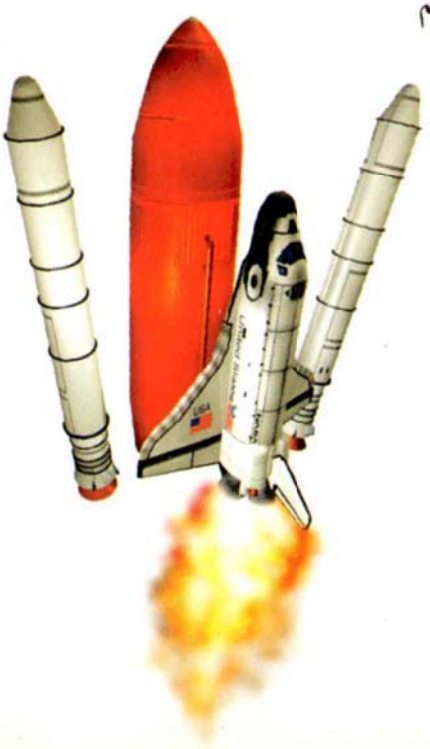
حقوق الطبع © كينغ فيشر - الطبعة الإنكليزية
حقوق الطبع © مكتبة لبنان ناشرون ش.م.ل - الطبعة العربية

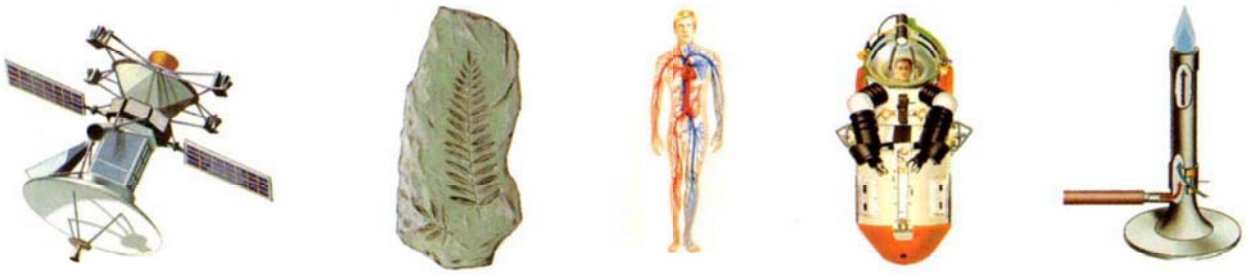
جميع الحقوق محفوظة : لا يجوز نشر أي جزء من هذا الكتاب أو تصويره أو تخزينه أو تسجيله بأي وسيلة دون موافقة خطية من الناشر.

مكتبة لبنان ناشرون
صندوق البريد : 11-9232
بيروت - لبنان
وكلاء وموزعون في جميع أنحاء العالم

الطبعة الأولى : 2004
طبع في لبنان

ISBN: 9953-33-601-6





المَوسُوعَة العِلْميَّة المُعاصِرَة

مكتبة لبنان ناشِرون

المُحْتويات

تَمْهيد VII

الفَصْلُ الأوَّل
كَوكبُ الأَرْض

تَمْهيد 1
الأَرْضُ والمَنْظومةُ الشَّمْسيَّة 2
دَوَرانُ الأَرض 3
الأَحافيرُ والأَزمِنةُ الجيُولوجيَّة 4
الأُصولُ والتَغيُّراتُ البَشَريَّة 6
بِنْيةُ الأَرض 8
جَوُّ الأَرض (الغِلافُ الجَوّيّ لِلأرض) 10
المُحيطات 12
قاعُ المُحيط 14
الإنْجِرافُ القارِّيّ 16
البَراكين 18
الزَّلازِل 20
تَشَكُّلُ الجِبال 22

تَشَكُّلُ الصُّخور 24
الخاماتُ والأَحْجارُ الكَريمة 26
الصُّخورُ الناريَّة (البُرْكانيَّة) 28
الصُّخورُ المُتَحَوِّلة 29
الصُّخورُ الرُّسُوبيَّة (الطَّباقيَّة) 30
التَّعْرِيَة والتَّجْوِيَة 32
المَثالِجُ والأَغطيةُ الجَليديَّة 34
المُناخ 36
المَطَرُ والثَّلْج 38
السُّحُبُ والضَّباب 40
التَنَبُّؤُ بأحوالِ الطَّقْس 42
الرِّياحُ والعواصِفُ والفَيَضانات 44
الخَرائطُ وإعدادُ الخرائط 46
حقائقُ وأَرقام 48

الفَصْلُ الثاني
الكائناتُ الحَيَّة

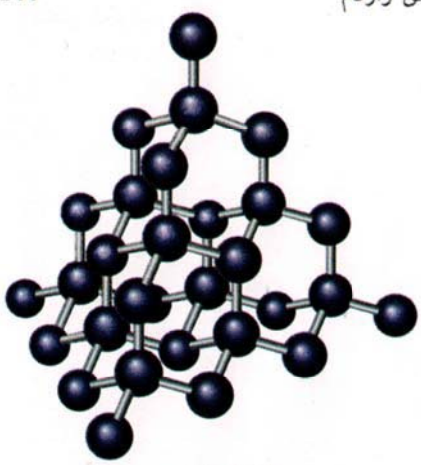
تَمْهيد 49
الحياة: الأُصول والتطوُّر 50
تَصنيفُ الكائنات الحَيَّة 52
المُتَعَضِّياتُ الوَحيدةُ الخليَّة 54
الفُطْريَّاتُ والأُشْنات 55
النَّبات – عَرضٌ تَشْريحيّ 56
اللَّازَهْريَّات 58
النَّباتاتُ المُزْهِرة 59

الثِّمارُ والبُزور 62
الأشجار 64
النَّباتاتُ والناس 66
الحَيَواناتُ والمَواطِنُ البِيئيَّة 68
اللَّافَقاريَّاتُ البَحْريَّة 70
الرِّخْويَّات 71
الدِّيدان 72
القِشْريَّات 73
العناكِبُ والحُرُش (كثيراتُ الأرجُل) والعَقارِب 74
الحَشَرات 75
الأَسْماك 78
البَرْمائيَّات (القَوازِب) 80
الزَّواحِف 82
الطُّيُور 84
اللَّبُونات (الثَّدْييَّات) 86
التناسُلُ الحَيَوانيُّ 88
السُّلوكُ الحَيَوانيُّ 90
الحَرَكةُ والتنَقُّل 92
الهِجْرة 93
التعايُشُ التكافُليُّ الحيَوانيُّ 94
التَّهايُؤُ التكيُّفيُّ والدِّفاع 95
حَقائقُ وأرقام 96

الفَصلُ الثالِث
البَيُولوجيَةُ البَشَريَّة

تَمْهيد 97
تركيبُ الجِسْم ومَنْظوماتُه 98
الجِلْدُ والشَّعْرُ والأظافِر 100
الهَيْكلُ العَظْميّ 102

العِظامُ والمَفاصِل 104
العَضَلاتُ والحَرَكة 106
الدِّماغُ والجُملةُ العَصَبيَّة 108
النَّومُ والأَحلام 110
التَّواصُل 111
اللَّمْس 112
الذَّوْقُ والشَّمّ 113
العَيْنان والإبْصار 114
الأُذُنانِ والسَّمْعُ والتَّوازُن 116
الهُرْمونات 118
القَلبُ والدَّورةُ الدَّمويَّة 120
الدَّم 122
الجُملةُ اللِّمفاويَّة 123
الرِّئتانِ والتنَفُّس 124
الغِذاءُ والتَّغْذية 126
الأَسْنان 127
الهَضْم 128
الأَيض (الإسْتِقلاب) 130
إفرازُ (أو إبرازُ) الفَضَلات 131
التَّناسُل 132
النُموُّ والتطَوُّر 134
الجيناتُ والكروموسُومات 135
البَكْتِريا والفَيْروسات 136
جِهازُ المَناعة 137
المَرَض 138
التمارينُ واللِّياقةُ البَدَنيَّة 139
الطِّبّ 140
التِّقانيَّاتُ الطِّبِّيَّةُ 142
حقائقُ وأرقام 144



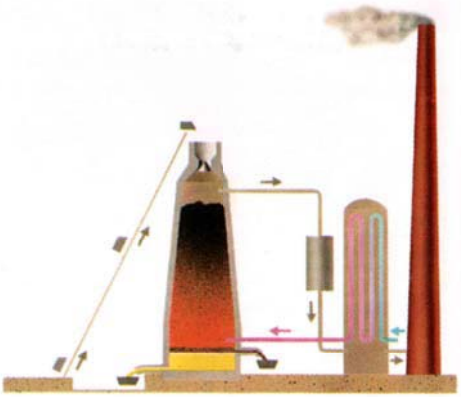
الفَصْلُ الرابع
الكيمياءُ والعَناصِرُ الكيماويَّة

تَمْهيد 145
بِداياتُ الكيمياء 146
العَناصِرُ الكيماويَّة 148
الذرَّات 150

الجَدْولُ الدَّوْريُّ لِلعَناصِر 152
التحليلُ الكيماويّ 154
حالاتُ المادَّة 156
المَحاليل 158
الفَصْلُ والتَّنْقية 160
التَّفاعُلاتُ الكيماويَّة 162
المُرَكَّباتُ الكيماويَّة 164
التَّرابطُ والتَّكافؤ 166
بِنْيةُ الجَوامِد 168
الكَرْبون 170
النِّتْروجين والأُكسِجين 171
الهواء 172
الماء 173
الكيمياءُ العُضْويَّة 174
الحفَّازات 176
الأَنزيمات (الخمائر الكيماويَّة) 177
الأَكْسَدةُ والإِخْتِزال (الأَخْسَدة) 178
الهِدْروجين 179
الغازاتُ النَّبيلَة 180
الكِبْريت 181
الهالُوجينات 182
الفلِزَّات 183
الحَوامِض (الحُموض) 184
القواعِدُ والقِلْويَّات 185
الكواشِفُ والرَّقْمُ الهِدْروجينيّ (هـ س) 186
الصَّابونُ والمُنَظِّفات 187
كيمياءُ الأَغْذية 188
البِتْروكيماويَّات 190
حقائقُ وأرقام 192

الفَصْلُ الخامِس
المَوادُّ والتِّقانات

تَمْهيد 193
خَصائصُ الجَوامِد 194
خَصائصُ الفلِزَّات 196
الحَديد 198
النُّحاس 199
الأَلومنيُوم 200
الفلِزَّاتُ الثَّمينة 201
السَّبائك (الأُشابات) 202
تَشْكيلُ المَوادّ 204
الخَشَبُ والوَرَق 206
الأَلْياف 207
الزُّجاج 208
الخَزَفيَّات 209
النَّفْطُ والتكرير 210
الغازُ الطبيعيُّ 212
الفَحْمُ الحَجَريّ 213
المَطّاط 214
البوليمَرات (المَكْثُورات) 215
اللَّدائن 216



الموادُّ الجَديدةُ 217
اللَّواصِق 218
الخُضُبُ والأَصْباغ 219
الآجُرُّ والحِجارةُ والخَرَسانة 220
البِناءُ والإنشاءات 222
مُحَرِّكاتُ البِنْزين والدِّيزِل 224
المُحَرِّكاتُ النَّفّاثةُ والتُّربيناتُ الغازيَّة 226
المُحَرِّكاتُ البُخاريَّة 227
الهَيْدروليَّاتُ والنَّفْحيَّات
(حَرَكيَّاتُ السَّوائلِ والغازاتِ المَضْغوطة) 228
إنتاجُ الأَغْذية 230
مُعالَجةُ الأَغْذِية 232
الأَتْمَتة 234
الرُّوبوتيَّات 236
جدولُ الإنجازات التِّقانيَّة عَبْرَ العُصور 238
حقائقُ وأرقام 240

الفَصْلُ السَّادِس
الضَّوءُ والطَّاقة

تَمْهيد 241
الحَرارةُ والضَّوءُ من الشَّمْس 242
الإشعاع 244
الطَّيْفُ الكَهْرِمغْنَطيسيّ 246
مَصادِرُ الطاقة الأرضيَّة 248
اِنْتِقالُ الحَرارة 250
مَنْظوماتُ التَّدْفئة والتَّبْريد 252
الإِحْتِراق 254
التَمَدُّدُ والتقَلُّص 255
النَّظريَّةُ الحَراكيَّة 256
تَغَيُّراتُ الحالة 257

الدِّينامِيَّات الحراريَّة 258
الضَّوء 260
الإِنْعِكاسُ والإِمْتِصاص 262
الإِنْكِسار 264
العَدَساتُ والمَرايا المُقَوَّسة 266
الميكروسكوبات (المَجاهِر) 268
التِّلِسْكوبات (المَقاريب) 270
الأَلْوان 272
مَزْجُ الأَلوان 274
الإِبْصار - حاسَّةُ الرُّؤية 276
خِداعُ البَصَر 277
التصويرُ الفوتُوغرافيُّ والأَفْلام 278
مَصادِرُ الضَّوء 280
الطاقةُ الضَّوئيَّة 282
سُرعةُ الضَّوء 284
الإِسْتِقطاب 285
اللَّيازِرُ والصُّوَرُ المُجَسَّمة 286
حقائقُ وأَرقام 288

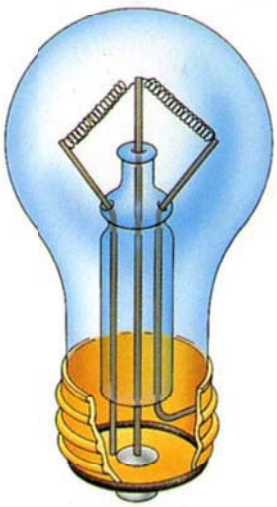
الفَصْلُ السَّابِع
القُوَى والحَرَكة

تَمْهيد 289
القُوَى 290
الطاقةُ الكامِنَةُ وطاقةُ الحَرَكة 292
الشُّغْلُ والطاقة 294
كَمِّيَّةُ التحرُّك (الزَّخْم) 296
النِّسْبِيَّةُ والجاذبيَّة 298
السُّطوحُ المائلةُ والأَسافين 300
الرَّوافِعُ والبَكَرات 301
الدواليب (العَجلات) والجُزوع (المَحاوِر) 302
أَرتالُ المُسَنَّنات 303
المَكِناتُ المُعَقَّدة 304
القانونُ الثاني للدِّينامِيَّات الحراريَّة 306
الإِحْتِكاك 308
المَوانع 310
الضَّغْط 311

الصَّوتُ كتغَيُّراتٍ في الضَّغْط 312
الحَرَكةُ المَوْجيَّة 314
الذَّبْذَبات (الاهْتِزازات) 316
الرَّنين 318
اِهْتِزازُ الأَوْتار 320
الاهْتِزازاتُ في الأنابيب 321
التَّوازنُ وقُوَى التَّدْوير 322
الحَرَكةُ الدَّائريَّة 324
الطَّفْوُ والغَطْس 326
تَسْخيرُ قُدْرةِ المَوْج 328
تَسْخيرُ قُدْرةِ الرِّياح 330
مَبادِئُ الطيران 332
الطيرانُ فوقَ الصَّوتيّ 334
حقائقُ وأرقام 336

الفَصْلُ الثامِن
الكَهْرباءُ والإلكترونيَّات

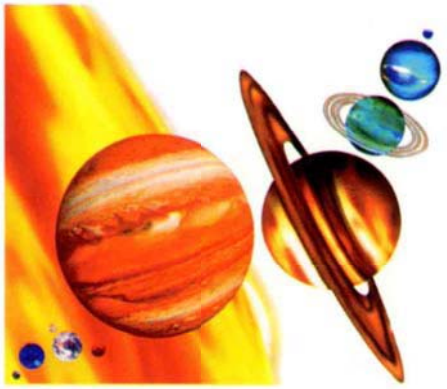
تَمْهيد 337
الكَهْرباء 338
الدَّاراتُ الكَهْربائيَّة 340
المِغْنَطيساتُ والمِغْنَطيسيَّة 342
الكَهْرُمِغْنَطيسيَّة 344
المُوَلِّداتُ والمُحَرِّكات 346
مَحَطَّاتُ تَوليدِ القُدْرة 348



مَصادِرُ الطاقةِ المُتَجَدِّدة 350
تَوْزيعُ القُدْرةِ الكهربائيَّة 352
تَخْزينُ الكَهْرباء 354
الكيمياءُ الكَهْربيَّة 356
خَلايا القُدْرة 357
الكهرباءُ عَبْرَ الغازات 358
المُوَصِّلات 360
العَوازِل 362
المُقاوَمة 363
التَّواصُلُ الكَهْربائيّ 364
الاِتِّصالاتُ البُعاديَّة 366
تَسْجيلُ الصَّوْت 368
التِّلِفْزيون والفيدْيُو 370
النُّظُمُ النَّظيريَّةُ والرَّقْميَّة 372
المُعالِجاتُ الصُّغْريَّة 374
الحواسيب 376
برامِجُ برامجيَّات الحاسُوب 378
تكنولوجيَّةُ المَعْلومات 380
التِّقانيَّاتُ الذكيَّة 382
حقائقُ وأَرقام 384

الفَصْلُ التاسِع
المَكانُ والزَّمان

تَمْهيد 385
الكَوْن 386
الكَوْن - نشأتُه ومُستَقْبَلُه 388
المَجَرَّات 390
النُّجُوم 392
الشَّمْس 394
الكَوْكَبات 396
المَنْظومةُ الشمسيَّة 398
الأرضُ والقَمَر 400
الكُسُوفُ والخُسُوف 402
عُطارِد - الكوكبُ الأقرب إلى الشَّمْس 403
الزُّهَرَة - الكوكبُ الأسخَن 404
المِرِّيخ - الكوكبُ الأحمر 405
المُشْتَري - عِملاقُ الكواكِب 406
زُحَل 407
أُورانُوس 408
نِبْتون - الكوكبُ الأزرق 409
بُلُوتو والكُوَيكِبات 410
المُذَنَّبات 412
النَّيازِكُ والرُّجُم 413
دِراسةُ الكَوْن 414
التِّلِسْكوباتُ الفَلَكيَّة 416
اِسْتِكشافُ الفَضاء 418
الصواريخُ والمَكُّوكُ الفَضائيّ 420
الإنسانُ في الفَضاء 422
السَّواتِلُ الاِصْطناعيَّة 424
الزَّمَن 426
قِياسُ الزَّمَنِ والتَّوقيت 428



المَكانُ والزَّمانُ والنِّسْبِيَّة 430
أحداثٌ مَعلَميَّة في تاريخِ اِسْتِكشافِ الفَضاء 430
حقائقُ وأرقام 432

الفَصْلُ العاشِر
البَقاءُ والحِفاظُ على البيئة

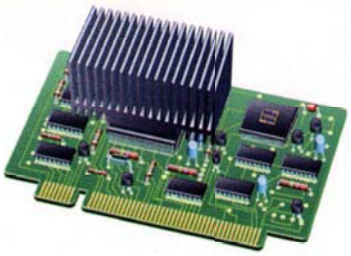
تَمْهيد 433
التَّوازُنُ الطبيعيّ 434
نُطُقُ الفِعْل البيئيّ 436
إنقاذُ الغاباتِ المَطيرة 438
الحياةُ في المُحيطات 440
أسبابُ اِنْقِراضِ الأنواع 442
أنواعٌ مُهَدَّدةٌ بالاِنْقِراض 444
الاِنْفِجارُ السُّكّانيّ 446
الغِذاءُ والتِّقاناتُ الزِّراعيَّة 448
سُكْنَى المُدُن 450
تلَوُّثُ الماء 452
تلَوُّثُ الهواء 453
النُّفاياتُ وإعادةُ التَّدْوير 454
المَوارِدُ الطبيعيَّة 456
الطَّاقةُ المُتَجَدِّدة 458
تَغَيُّرُ المُناخ 460
السِّياحةُ والتُّراث 461
صِيانَةُ البيئةِ والمَواردِ الطبيعيَّة 462
حقائقُ وأرقام 464

مَلاحِقُ مَرْجِعيَّة

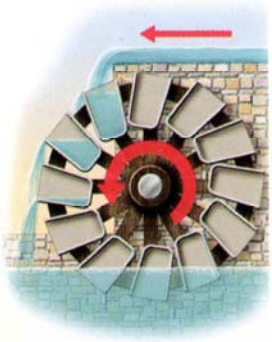
أنظمةُ العَدّ ووَحَداتُ القِياس 466
جَداولُ تَحْويليَّة 467
أشكالٌ هَنْدسيَّة 469
مَشاهيرُ العُلَماء 470
اِخْتِراعاتٌ واكْتِشافات 472

مَسْرَدُ التَّعْريفات 474

المَسْرَدُ العامّ 477

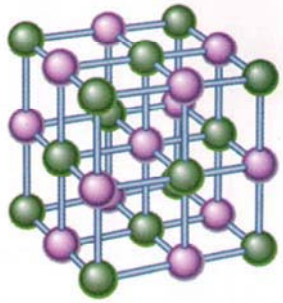


تَمْهيد

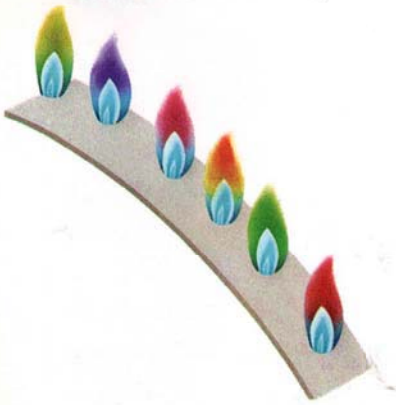
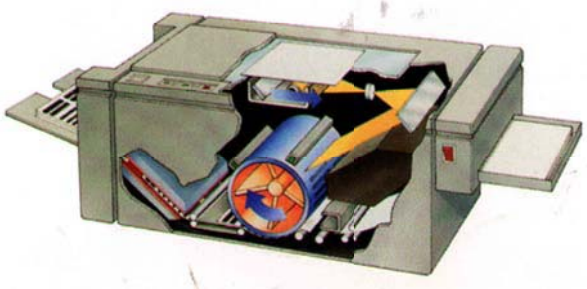
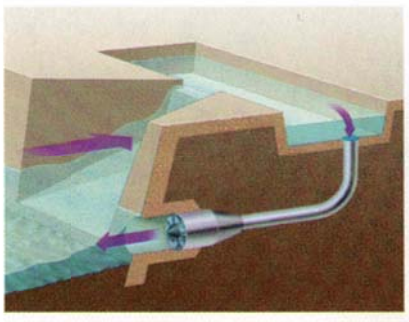


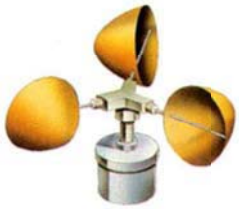
في هٰذا القَرن (القَرْنِ الحادي والعِشْرين) يُتوقَّعُ أنْ تطغَى سيطرةُ العلومِ والتِّقانيَّاتِ على حياتنا. فالتحَدِّياتُ المُستقبليَّةُ عديدةٌ - وهي لَيست بِيئيَّةً فقَط، بلْ أَخلاقيَّةٌ ومَناقبيَّةٌ أيضًا. فالعِلمُ اليومَ هو موضوعُ الدراسةِ الأهَمُّ لجميع الأَولاد؛ فهُم بحاجةٍ إلى مأتًى سَهْلٍ لاكتِساب المعارفِ العلميَّة التي سَتُيَسِّرُ لهُم العَيْشَ في عالَمٍ تتزايَدُ فيه باستِمْرار مُتَطلَّباتُ الحياة وتَشْتَدُّ.

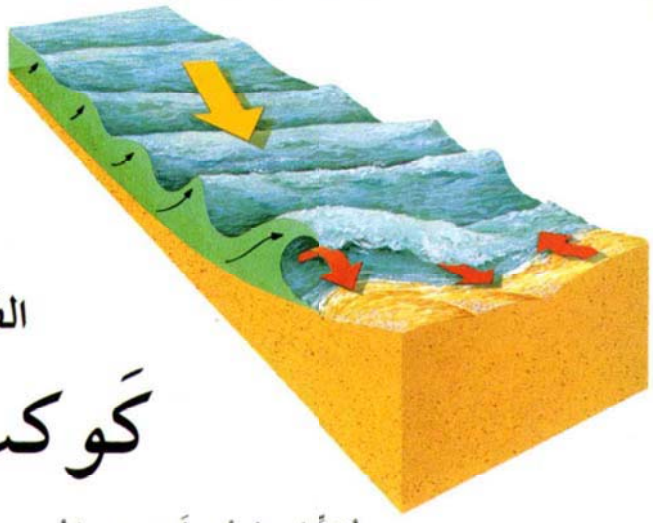
المَوسوعةُ العِلميَّة المُعاصِرة مُقَسَّمةٌ إلى عَشَرةِ فصولٍ أو أبوابٍ مَوضوعيَّةٍ يَتناوَلُ كُلُّ قِسْمٍ منها مَجالًا خاصًّا من الاِهتِماماتِ ولدِّراساتِ العِلميَّة. فَفَصْلُ **كَوكب الأرض** يتقَصَّى الأَزْمنةَ الجيُولوجيَّة وكيفيَّةَ تَنشُّؤِ المُحيطاتِ والجبالِ وجَوِّ الأرض ومَنْظومات الطَّقْس. وَيَسْتَعرِضُ بابُ **الكائنات الحَيَّة** مُختلِفَ هذه الكائناتِ على كَوكبنا من أصغرِ البَكْتِريات إلى أَضْخَم اللَّبُونات، بينما يَسْتطلِعُ قِسْمُ **البيُولوجيَةِ البَشَريَّة** سائرَ مَجْموعاتِ الخلايا المُدْهِشة التي تؤلِّف الجِسْمَ البَشَريّ. أمَّا بابُ **الكيمياءِ والعناصِرِ الكيماويَّة** فيَدْرُسُ العلائقَ بينَ الجوامِدِ والسوائلِ والغازات وطرائقَ تفاعُلِها؛ ويُعالِجُ قِسْمُ **الموادِّ والتِّقاناتِ** خصائصَ الموادِّ العاديَّةِ واستِعمالاتِها. وقِسْمُ **الضَّوءِ والطَّاقة** يَبْحَثُ طبيعةَ الضوءِ والحرارةِ والألوانِ؛ بينما تُستَقْرى أسرارُ القُدراتِ البَشَريَّة والمكنيَّةِ وطَبيعةُ الصوتِ والضغطِ في فَصْل **القُوَى والحَرَكة**. أمَّا قِسْمُ **الكهرباءِ والإلِكْترونيَّات** فيبحَثُ مُتقَصِّيًا خفايا عالَم المَعْلوماتيَّةِ ومَحَطَّاتِ توليدِ القُدْرة والاِتِّصالاتِ البُعاديَّة المُتَزايدِ التِّقانيَّات. وفي باب **المكان والزَّمان** تظهَرُ الأرضُ كجُزْءٍ صغيرٍ من كَوْنٍ يَفوقُ التصَوُّرَ لا نزالُ في بدايات استِكْشافِه وتقَصِّيه. هٰذا ويُرَكِّزُ فَصْلُ **البَقاء والحِفاظ على البيئة** على سبُلِ وَضْعِ حَدٍّ لِلْمُمارساتِ الضَّارةِ بكوكب الأرض.



إنَّ المَوسوعةُ العِلميَّة المُعاصِرةِ، سَواءً استُخْدِمَتْ كمُعينٍ في الأَنْشِطةِ المَدرسيَّة أو كمَرْجَعٍ عِلْميٍّ يَجْري تصَفُّحُه بين الحينِ والآخر، ستَعْمَلُ بكُلِّ تأكيدٍ على زيادةٍ في المَعرفةِ وحُبِّ الاِسْتِطلاع وحَفْزٍ لِنَفْسيَّةٍ خَلَّاقةٍ تُهيِّئُ الفِكْرَ الجادَّ المُتشَوِّقَ لِتَحْقيقِ عَيْشٍ وَثيرٍ في عالَمٍ مُسْتَقْبَليٍّ مُثير.





الفَصْلُ الأوَّل

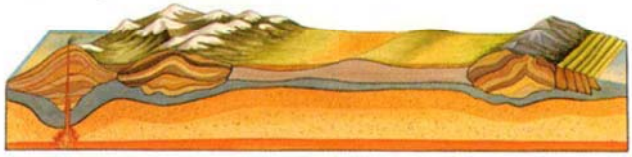
كَوكبُ الأَرْض

تُشَكِّلُ الأرضُ أَساساتِ مُدُنِنا والبيئةَ التي هي مَوطِنُنا؛ وهي تَبْدو تحتَ أقدامِنا كأصلبِ ما نعرفُه من الأشياءِ وأكثَرِها استِقْرارًا. بَيْنما هي، في الحقيقة، تُدَوِّمُ على مِحْورها مُنْدفعةً عَبْرَ الفَضاءِ المَجْهول في دَوَرانِها حولَ الأتون النَّوَويِّ لِشَمْسنا. كما إنَّ الأرضَ، في الواقِع، كوكبٌ حافِلٌ بالفاعليَّةِ والحيَويَّة والنَّشاط.

وسَطْحُ الأرضِ الذي يَبْدو صُلْبًا مُصْمَتًا راسخًا كالصَّخْر ليسَ كذلك بالفِعْل؛ فهو مُشقَّقٌ كألواحٍ عِملاقةٍ في سَطحٍ رَصْفٍ مُجَزَّع. فالزَّلازِلُ تَهُزُّ مُدُنَنا، والبَراكينُ تَثورُ من وَقْتٍ لآخَر، مِمَّا يُشيرُ إلى تحرُّكاتٍ ناريَّةٍ هيَّاجةٍ تحتَ سَطحِ الأرض. ومن فوق، تَصُكُّ الأرضَ إشعاعاتٌ وجُسَيْماتٌ مُختلِفة تَنْدفِقُ نحوها عَبْرَ الفَضاء. لكِنْ بين ما هو تحتَها وما هو فوقَها هنالك غِلافٌ جوِّيٌّ ومُحيطاتٌ عارمةٌ بماءٍ سائلٍ ودَرَجاتُ حرارةٍ مُلائمةٌ لِتَواجُد الحياة.

فبالنِّسْبةِ إلى مَرْكبةٍ فَضائيَّةٍ غريبةٍ مارَّةً بِمُحاذاةِ المَنْظومةِ الشَّمْسيَّة، سيَبْرزُ كوكبُ الأرض على الفَوْر كشيءٍ مُتَميِّز. وتركيبُ جوِّ الأرض، بأكسجينِه الحُرِّ ومَقاديرِه الضئيلة من غازاتٍ كالميثان، لا يُمكِنُ اسْتِدامتُه إلّا بتواجُدِ كائناتٍ حَيَّةٍ فيه. وقد يكتشِفُ الغُرَباءُ الألوانَ المُمَيَّزةَ لِلكلوروفيل - الخِضْبِ الذي تَسْتَخْدِمُه النباتاتُ على اليابسة والطحالِبُ في البَحْر لاحتِباسِ ضوءِ الشَّمْس. وحتَّى في حالِ عدمِ تحرُّسِهم فسيَلتَقِطُ زُوّارُنا الغُرَباءُ الشَّواشَ الراديويَّ من مُختلِفِ إذاعاتِنا ليكشِفَ لهُم أنَّ الكائناتِ الحَيَّةَ هنا هي على الأقلِّ مُتَوسِّطةُ الذَّكاء.

لقد حَوَّلتِ الحياةُ خصائصَ الأرضِ وتستَمِرُّ الأرضُ قوَّامةً بأوَدِ الحَياة. تحوي الصُّخورُ خاماتٍ دَفينةً من المعادن والأحجارِ الكريمة والفلِزّاتِ الثمينة. وباستِخْدامِ مواردِ الطاقةِ من الأرضِ على شَكلِ فَحْمٍ أو نِفْطٍ أو سِواهُما، اسْتطعْنا تحويلَ تلك الخاماتِ إلى أدواتٍ ومَصنوعاتٍ وأشياءَ حَضاريَّةٍ - من الكُتُب والمَباني إلى السيَّاراتِ والحواسيب. نحنُ كُلُّنا نَعتمِدُ على الأرضِ ومَوارِدها.



الأَرضُ والمَنْظومةُ الشَّمْسيَّة

المَنْظومةُ الشَّمْسيَّة – أيُّ مَنْظومةٍ شمسيَّة – تتألَّفُ من نَجْمٍ وكواكبَ وأَجْسامٍ أُخرى تَدُورُ في مَداراتٍ. والأرضُ هي الكوكبُ الثالثُ من حيثُ البُعْدُ عن الشَّمْس في مَنْظومتنا الشَّمْسيَّة.

تكوَّنَتِ الأرضُ من قُرْصٍ غُباريٍّ كان يُحيطُ بالشَّمْس عندما كان عُمْرُها لا يَزيدُ على بِضْعِ مئاتِ المَلايين من السِّنين. فتجَمَّعَ الغُبارُ معًا في عمليَّةٍ ارْتِكاميَّة.

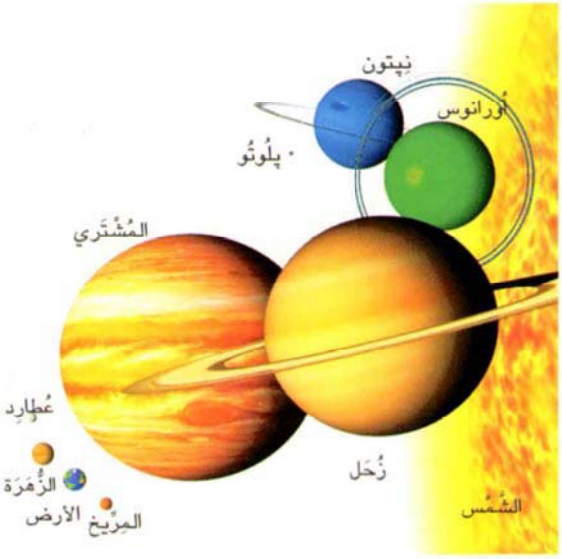
في بِداية نَشْأةِ الكَوْن، منذُ حوالَى اثْنَي عَشَر بِليون سَنة، تكوَّنَ أوّلًا عُنْصرا الهِدْروجين والهِلْيُوم. ثُمَّ راحَتِ التفاعلاتُ النَّوَويَّةُ، في الأجيال الأوائل من النُّجوم، تُنْتِجُ العناصِرَ الأُخرى وتَنْثُرها في الفَضاءِ كسُحُبٍ من الغُبارِ والغازات.

ومُنْذُ خَمْسةِ بَلايينَ سَنةٍ، بدأَتْ إحدى هذه السُّحُب بالتقَلُّص. فتكوَّنَت في مَرْكزِها كُرَةٌ مُدَوِّمةٌ من الغُبار والغازات، وضغَطَتِ الجاذبيَّةُ هذه الكُرَةَ حتَّى غدَتْ حارَّةً بما فيه الكِفايةُ لِتكَوِّنَ نَجْمًا – فكانت الشَّمْس.

أُصولُ الأَرْض

الإشعاعاتُ من الشَّمْس الفَتيَّةِ عَصَفَت بعيدًا بالكثير من سَحابةِ الغُبار الباقية. وما تبَقَّى كوَّنَ حولَ الشَّمْسِ قُرْصًا هائلًا من الغُبار. ومع مُرور الزَّمَن، تجَمَّعَتْ حُبَيْباتُ الغُبار معًا مُكوِّنةً كُتلًا صَخْريَّة. هذه الكُتَلُ ظَلَّتْ تَتراطَمُ، بعضُها مع بعض، مُتَضامَّةً أحيانًا في ارْتكاماتٍ مُتنامِيةٍ تَحوَّلَ بها القُرْصُ الغباريُّ تدريجيًّا وبِبُطءٍ إلى عددٍ مِنَ الكواكب، كان كوكبُ الأرضِ واحدًا منها.

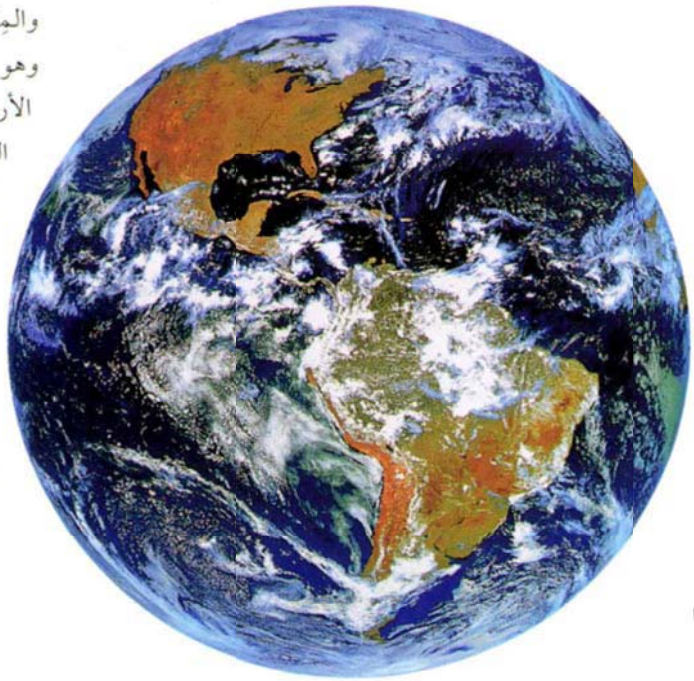
ومع تَزايُدِ كُتْلةِ الأرض، ازدادَتْ قُوَّةُ مَجالِ جاذبيَّتِها – مِمّا جَمَّعَ الغُبارَ إلى شَكلٍ كُرويّ. ومع تَزايُدِ الضَّغط أخذتِ الكُرَةُ بالانْصِهار مُكوِّنةً لُبًّا نواتِيًّا عاليَ الكثافة من الحديدِ المَصْهور مُحاطًا بِدِثارٍ جامِدٍ من الصُّخورِ السِّليكاتيَّة. وقد ساهمَتِ البَراكينُ ونُثارُ الأنقاضِ المُتَصادِمةِ في تكوينِ المَعالِمِ السَّطحيَّةِ للكوكبِ الجَديد. وفي الزَّمان الذي قارَبَ فيه شكلُ الأرضِ أنْ يَكْتَمِلَ ارتطَمَ بها جِسْمٌ بِحَجْمِ المِرّيخ، قاذِفًا سَحابةً غُباريَّةً من الموادِّ في مَدارٍ حَوْلَها. وتكَثَّفَتْ هذه الموادُّ فكوَّنَتِ القَمَرَ.



الشَّمْسُ (إلى اليَمين) تُقَزِّمُ كُلَّ شيءٍ آخرَ في المَنْظومةِ الشَّمْسيَّة – حتَّى الكوكبَيْن العِمْلاقَين الغازيَّيْن – المُشْتري وزُحَل. الأرضُ وجِيرانُها الأقْربُ (إلى اليَسار) هي بالمُقارنةِ صغيرةٌ جِدًّا.

الكَواكبُ الأُخرى

عُطارِد هو الكوكبُ الأقربُ إلى الشَّمْس؛ وهو ذو سَطْحٍ صَخْريٍّ قاحِلٍ، ولا غلافَ جَوِّيًّا لهُ عمليًّا. الكواكبُ الخارجيَّةُ (الأبعدُ عن المِرّيخ) هي كُراتٌ مُتجَمِّدةٌ من الغاز. والكواكبُ الثلاثةُ في ما بَين، هي الزُّهَرَةُ والأرضُ والمِرّيخ. حَجْمُ كوكبِ الزُّهَرَة مُساوٍ لِحَجْمِ الأرض تقريبًا وهو أقربُ منها إلى الشَّمْس. المِرّيخُ أصغَرُ قليلًا من الأرض وأبعَدُ منها عن الشَّمْس. تَوافُرُ غازِ ثاني أُكسيد الكربون في جَوِّ الزُّهَرَةِ سبَّبَ ظاهرةَ دَفيئاتٍ جامِحةً أدَّتْ إلى تبَخُّر الماء بالكامل منها. أمّا في المِرّيخ، فقد تجَمَّدَ الماءُ أو أفْلَتَ في الفَضاءِ مُخَلِّفًا صَحْراءَ باردةً. ولَو أنَّ نوعًا من الحياة بدأ على المِرّيخ أو على الزُّهَرَة، فما كان له أن يَدومَ طويلًا. أمّا على الأرض، فقد استَهْلكَتِ الطَّحالبُ الكثيرَ من ثاني أُكسيد الكربون من الجَوِّ مُبْقِيَةً المُناخَ مُتَوازِنًا ومُنْتِجةً الأُكسِجين.



هذه صُورةٌ للأرض التقطَتْها كاميرا (مُصَوِّرة) على الساتل مِتْيوسات، أحدِ سَواتلِ الرَّصد الجَوِّيّ، من ارْتفاع 800 35 كم فوقَ خَطِّ الاسْتِواء، أثناءَ عبُورِه الأمريكيَّتَيْن. وهي تُظْهِرُ الزُّرْقَةَ المُشبَعةَ في لَونِ المُحيطات وأنماطَ السُّحُبِ المُدَوَّمةِ في جَوِّ كوكبٍ حيثُ الظروفُ مُلائمةٌ تمامًا لِتَواجُدِ الحَياة واستِمراريَّتِها.

اُنْظُر أيضًا

الإشعاع ص 244 – 245
المَنظومةُ الشمسيَّة ص 398 – 399
الأرضُ والقَمَر ص 400 – 401

دَوَرانُ الأَرض

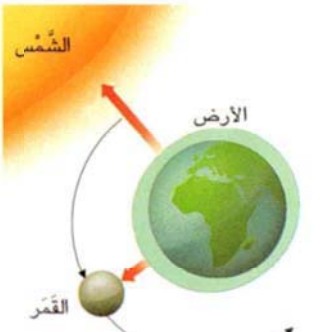
تُدَوِّمُ الأَرضُ حولَ مِحْورها، كالخُذْروفِ، أثناءَ دَورانِها حولَ الشَّمْس. وتُسَبِّبُ هاتانِ الحَرَكتان تَغَيُّراتٍ يَوميَّةً وسَنَويَّةً وفَصْليَّةً في شِدَّةِ ضوءِ الشَّمْس وفي دَرَجاتِ الحرارة على سَطْحِ الأَرض.

مَدٌّ وجَزْرٌ رَبيعيّ (مَدٌّ تامّ)

تَبْدو الشَّمْسُ لِلناظِرِ من سَطْح الأرض كأنَّها تَطْلُعُ في الشَّرْقِ فتَعْبُرُ السماءَ وتَغيبُ في الغَرْب؛ هكذا تَبْدو النُّجومُ ليلًا. وقد ظلَّ الناسُ حتّى القَرْنِ السادِسَ عَشَر، يَعْتقدون أنَّ الأرضَ مُستقِرَّةٌ وأنَّ الشَّمْسَ والنُّجومَ تَدُورُ حوْلَها. لكِنَّا، اليومَ، نَعلَمُ أنَّ الشَّمْسَ والنُّجومَ تبدو لنا كأنَّها تَعْبُرُ السماءَ من الشَّرقِ إلى الغَرْب لأنَّ الأرضَ تُدَوِّمُ حوْلَ مِحْورِها نحو الشَّرق مَرَّةً في اليوم مُسبِّبةً الليلَ والنهار. وفي الوقت نفسِه تدورُ الأرضُ حوْلَ الشَّمْسِ دورةً كاملةً في سَنةٍ (365 يومًا و6 ساعات و9 دقائق) مُسبِّبةً، مع مَيْل مِحْورها تَغَيُّرَ الفُصول.

الشَّهْرُ القَمَريُّ

يُكْمِلُ القمَرُ في مَداره دَورةً حولَ الأرض في حوالى 27 يومًا. وحيثُ إنَّ الأرضَ تَدورُ حولَ الشَّمْس أثناءَ دَورانِ القمَر حولَها قاطِعةً حوالى $\frac{1}{13}$ من مَدارها، فإنَّ دورةَ أوجُه القمَر تَستَغْرِقُ حوالى 29 يومًا – شَهْرًا قَمَريًّا – تَبْدو لنا فيها كُلُّ أوْجُهه. فبَعْدَ كُلِّ اقْترانٍ، يكونُ القمَرُ مُظْلِمًا بالكامل، ثُمَّ يظهَرُ كهِلالٍ رفيعٍ مُنارٍ بالشَّمْس من جانبٍ واحدٍ يَتزايَدُ حتّى يُصبِحَ بَدْرًا. ثُمَّ يَتناقَصُ القَمَرُ البَدْر حتّى يُصبِحَ هِلالًا رفيعًا ثُمَّ مَحاقًا – قَبْل أنْ يَبْزُغَ هِلالًا من جديد.



مَدٌّ وجَزْرٌ تَرْبيعيّ (مَدٌّ مَحاقيّ)

▲ المَدُّ والجَزْرُ الرَّبيعيُّ هما نتيجةُ جَذْبِ الشَّمْسِ والقَمَرِ لمياهِ المُحيطاتِ في الاتِّجاهِ نَفْسِه. ويَحْدُثُ المَدُّ والجَزْرُ التَّربيعيُّ عندما يكونُ جَذْبُ القَمَرِ مُتعامِدًا (أي بزاويةٍ قائمةٍ) مع جَذْبِ الشَّمْس.

المَدُّ والجَزْرُ والكُسُوفُ والخُسُوف

تَعملُ جاذبيَّةُ القَمَر، أثناءَ دَورانِه حوْلَ الأرض، على جَذب المياهِ في المُحيطاتِ نحوه. وتُسَمَّى التغَيُّراتُ الناتجةُ في مُستوى المِياه مَدًّا وجَزْرًا. وتؤثِّرُ الشَّمْسُ أيضًا في المَدِّ والجَزْر، بحيثُ إنَّ تغَيُّراتِهما القُصْوى، المَعْروفة بالمَدِّ والجَزْر الرَّبيعيِّ، تَحْدُثُ عندما يكونُ جَذْبُ الشَّمْس في الاتِّجاه نفسِه لِجَذْبِ القَمَر.

تقَعُ الأرضُ أحيانًا بينَ الشَّمْسِ والقَمَر فيقَعُ ظِلُّها على وَجْهِ القَمَر – وهذا ما يُعْرَفُ بالخُسُوف. ويَحْدُثُ كُسُوفٌ عندما يقَعُ القَمَرُ بينَ الأرض والشَّمْس. وبما أنَّ قُطْرَ القَمَر يُساوي $\frac{1}{400}$ من قُطْرِ الشَّمْس، وأنَّ بُعْدَ القَمَر عن الأرض = $\frac{1}{400}$ من بُعْدِ الشَّمْس عنها، فإنَّ حُدوثَ كُسُوفٍ كُلِّيٍّ للشَّمْس أمرٌ مُمكِنٌ من وَقْتٍ إلى آخَر.

دَوْراتٌ أُخرى

أحيانًا، يكونُ مَدارُ الأرض حوْلَ الشَّمْس أقَلَّ اسْتِدارةً وأكثَرَ إهليلَجِيَّةً. كذلك فإنَّ مِحْورَ تَدْويم الأرض حولَ نفسِها، يَتَراوَحُ مُتمايلًا كخُذروفٍ مُختَلِّ التوازُن. وتَتراكَمُ هذه التغَيُّراتُ على مَدى عَشَراتٍ أو مئاتِ آلاف السِّنين. ويَعْتقِدُ بعضُ العُلماءِ أنَّها تُسَبِّبُ العُصورَ الجليديَّةَ التي تَجْتاحُ الأرض كُلَّ بضعةِ مَلايينَ من السِّنين.

تَدُومُ الأرضُ حولَ مِحْورها – الذي يميلُ بمِقْدار $23\frac{1}{2}°$ بالنِّسْبةِ إلى مَدارِها حولَ الشَّمْس. هذا المَيَلانُ يُسَبِّبُ تغَيُّراتٍ فَصْليَّةً في طُول ساعاتِ النَّهار وفي نوعيَّةِ المُناخ. ففي آذار (مارس) وأيلول (سبتَمْبر) تكونُ الشَّمْسُ فوقَ خطِّ الاسْتِواءِ مُباشَرةً. وفي حزيران (يونيو) يَميلُ نِصْفُ الكُرَة الشَّماليّ نحوَ الشَّمْس فيُصبِحُ أسخَنَ. وفي كانون الأوّل (ديسمبَر)، يَميلُ نِصْفُ الكُرَة الجَنوبيّ نحوَ الشَّمْس فيكونُ صَيْفٌ – فيما يكونُ شِتاءٌ في نِصْفِ الكُرَة الشَّماليّ في الوقتِ نفسِه. وعلى مَقْرُبةٍ من القُطْبَيْن، هنالكَ أسابيعُ لا تَغيبُ فيها الشَّمْسُ صَيفًا وأسابيعُ لا تُشْرِقُ فيها الشَّمْسُ شِتاءً.

اُنْظُر أيضًا

الشَّمْس ص 394 – 395
الأرضُ والقَمَر ص 400 – 401
الكُسُوفُ والخُسُوف ص 402

الأَحافيرُ والأَزمِنةُ الجيُولوجيَّة

الأَحافيرُ هي البَقايا المُستَحْجِرةُ المَحْفوظةُ من مُتعَضِّياتٍ كانت حيَّةً في عُصورٍ غابِرة. وكَونُ تاريخِها يَعودُ إلى حوالى 3,5 مليون سنة، فهي تُوَفِّرُ دلائلَ بالِغةَ الأَهمِّيَّة عن حُقَبٍ غابِرةٍ في تاريخ الأرض.

هذه أُحْفورةٌ لأحدِ الزَّواحف البَحْريَّة المَعْروف بالإكتيُوصور، حُفِظَت في طَفْلٍ يَعودُ تاريخُه إلى العَصْر الجُوراسيّ السَّابق. وقد وُجِدَت هذه العَيِّنةُ قُربَ بلدة لايْم رِيجِس في مقاطعة دورسِت، بإنكلترا. لقد كانت الإكتيُوصوراتُ سَبَّاحاتٍ سريعةً، تَغْتَذي بالأَسْماك مُستَخْدِمةً أسنانَها الحادَّة لتَمْزيقِ فَرائسِها.

هذه السَّعَفةُ (الورقةُ السَّرْخسيَّة) نَمَتْ منذُ حوالى 300 مليون سَنة في مُستَنْقَعٍ خِلالَ العَصْر الكربونيّ من تاريخ الأرض. وعندما ماتَت هذه الورقةُ وانطمرَت، سلِمَت من التعَفُّنِ وَتحوَّلَت تدريجيًّا إلى فَحْم. وتظهَرُ أعلاه طَبْعةُ تِلك السَّعَفة مَحْفوظةً في عَيِّنةٍ صَخْريَّة.

لقد ظَلَّت حقائقُ أُصولِ الحياةِ على الأرض مُعْضِلَةً مُحَيِّرةً لِلعُلماءِ واللَّاهوتيِّين على مَدى زَمَنٍ طويل. فمُنظَمُ الحَضارات لَدَيْها رواياتٌ تَمُتُّ بِصِلةٍ إلى عمليَّة نُشوءِ الحياة على الأرض - يُصَوِّرُ فيها الإنسانُ ذُرْوةَ لتِلْك العمليَّة. وقد قَدَّرَ بعضُ اللَّاهوتيِّين تواريخَ لِعَمليَّةِ الخَلْق تَعودُ إلى بِضْعةِ آلافٍ من السِّنين فقط. ففي عام 1650، مثلًا، قَرَّرَ أُسقُفٌ إرلَنْديٌّ أنَّ عمليَّةَ الخَلْق تَمَّتْ في العام 4004 ق.م، زاعِمًا أنَّ الأحافيرَ المَحاريَّةَ والعَظْميَّةَ التي تَتواجَدُ داخلَ بعضِ الصُّخور هي بقايا كائناتٍ هلِكَتْ في الطُّوفان التَّوراتيّ. لكِنْ، يَصْعبُ التصَوُّرُ كيفَ إنَّ كوكبًا كالأرض حظِيَ بِمِثْلِ هذا القَدْرِ الكبير من التغَيُّرِ في مِثْلِ هذه الفَتْرةِ القصيرةِ من الزَّمَن.

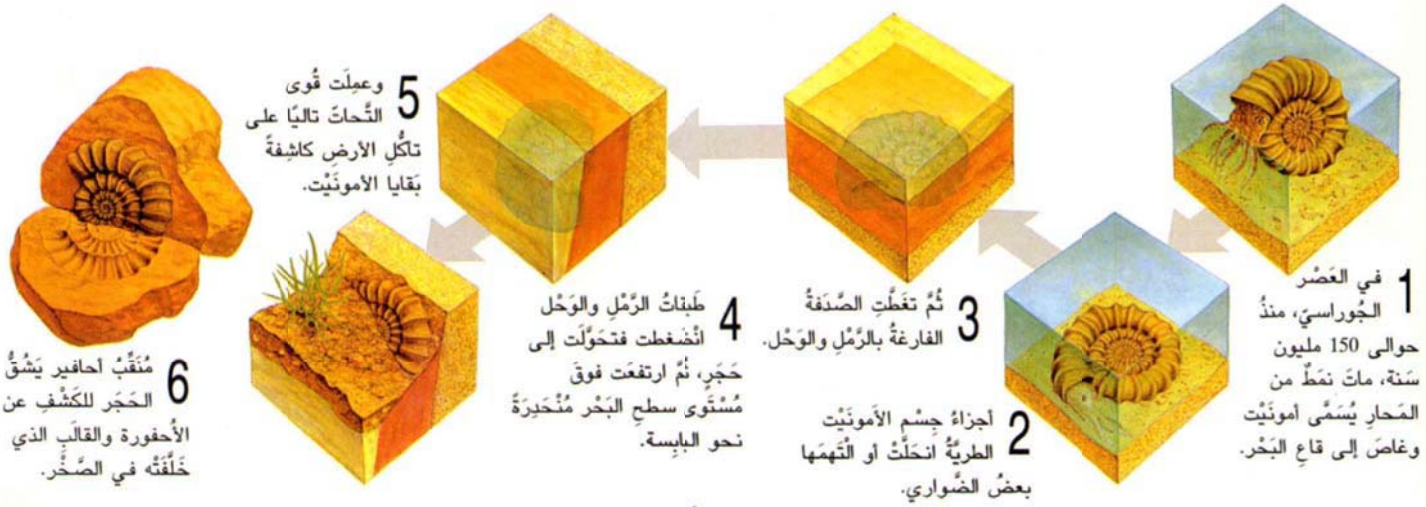
في لعَقْدِ الأوَّل من القَرن التاسِعَ عَشَر، أدركَ الجيُولوجيُّون أنَّ تغَيُّراتٍ بطيئةً كالتي كانت، ولا تَزالُ جاريةً، يُمكِنُها تَعليلُ أسبابِ شُموخِ الجبالِ وهبُوطِها وتعليلُ تواجُدِ الأحافير. في ذلك الوقت قَدَّرَ العُلماءُ عُمْرَ الأرض بأكثَر من 20 مليون سنة. حاليًّا يُمكِنُ تَقديرُ عُمرِ الصُّخورِ بدِقَّةٍ بقياس كمِّيَّاتِ العناصِرِ المُشِعَّةِ في داخِلِها. مثلًا، هنالك نظيرٌ مُشِعٌّ من لكربون يَتْحَلَّلُ ويضمَحِلُّ بِمُعدَّلٍ دقيقٍ ومُنتظِم يُمكِنُ به تأريخُ الفَحْم النَّباتيِّ الذي يَرْجِعُ عُمْرُه إلى قُرابةِ 50 000 سَنة. وتوجَدُ عناصِرُ مُشِعَّةٌ أُخرى يُمكِنُ بها تأريخُ صُخورٍ أقدمَ بكثير - تبَيَّنَ من بعضِها أنَّ بَدْءَ تاريخِ الأرض يَعودُ إلى ما فوق 4,5 بِليون سَنة.

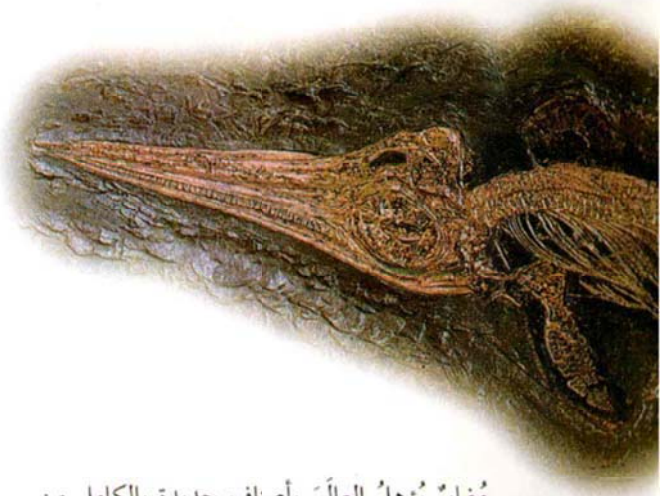
رَوسَمةُ الشَّواهِد

لقد كشفَتِ الدِّراساتُ الدَّقيقةُ لِلأحافير أنَّ أشكالًا حياتيَّةً مُتَشابهةً منها تواجدَت في الزَّمَن نَفْسِه في مُختلِف أنحاءِ العالَم. ونَتيجةً لذلك، غدَت الأحافيرُ أدواتٍ مُفيدَةً لتأريخ الصُّخور. إنَّ أنماطَ الأحافير المُختلِفةِ المُتَواجدةَ في الصُّخور تتغَيَّرُ مع الزَّمَن، مُرَسِّمةً التاريخَ التطَوُّريَّ للكائنات الحيَّة. هذه التغَيُّراتُ كانت أحيانًا بطيئةً وتَدْريجيَّةً، وأحيانًا أُخرى فُجائيَّةً جِدًّا، بحيثُ تَنْعدِمُ مجموعاتٌ كاملةٌ من أنواع النَّباتِ والحَيوان بينَ طبقةٍ وأُخرى. هذا وقد تَظْهَرُ بِضْعةُ أنواعٍ ناجِحةٌ مُسْتَمِرَّةً دون تَغييرٍ يُذكَرُ على مَدى ملايين السِّنين، في حين تفنَى أنواعٌ أُخرى ويُستَبْدَلُ بها سِواها. أحيانًا، يَحْدُثُ تَنَوُّعٌ فُجائيٌّ

تكَوُّنُ الأحافير

عندَ موتِ كائنٍ مُتَعَضٍّ تَتْطَمِرُ بقايا جَسَدِه وتستَحْجِرُ ببُطْء. ولا يَبْقى منه عادةً سِوى الأجزاءِ الصُّلْبةِ كالعِظام أو الأَصْداف. أحيانًا، تتحَوَّلُ البَقايا تَدْريجيًّا إلى حَجَرٍ مَعدنيٍّ تُستَبْدَلُ بجُزَيئاتِه الأصليَّة مَعادِنُ كالكَلْسَيْت أو بِيْريت الحديد. وغالبًا ما تَحْوي الأُحفورةُ قَدْرًا كبيرًا من الجُزَيئاتِ الأصليَّة. وهنكَ اليومَ عِلْمٌ جديدٌ، يُسَمَّى عِلْمَ الحَفْريَّات الجُزَيئيّ يختَصُّ بمُقارَنة الكيماويَّات، أو حتَّى الجينات، من أنواعٍ مُنْقرِضةٍ بأنواعٍ لا تَزالُ تعيشُ على الأرض.

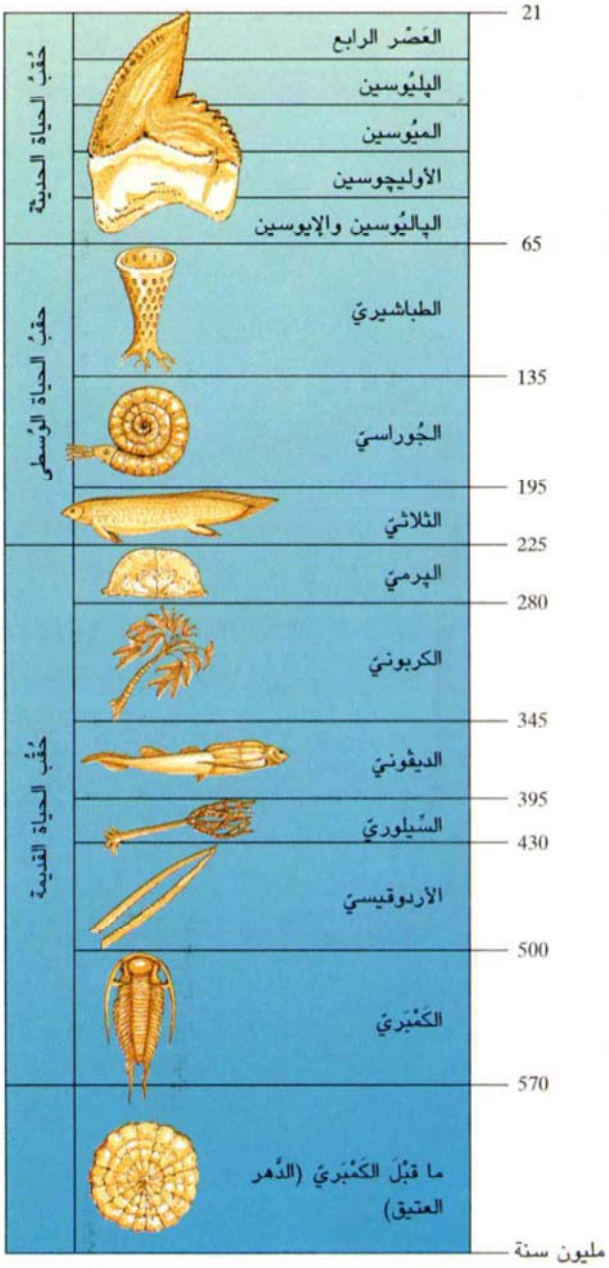




مُغايِرٌ يُؤهِلُ العالَمَ بأصنافٍ جديدةٍ بالكامل من الكائنات. هٰذه التغيُّراتُ تُبَيِّنُ الحُدودَ بين عُصورٍ جُيولُوجيَّة مُختلِفة. ويَعتقِدُ العُلماءُ أنَّ الفَتَراتِ بين هذه العُصورِ كانت نتيجةً لكوارثَ رئيسيَّةٍ، رُبَّما يَرْجِعُ بَعضُها لارتِطامِ كوَيْكباتٍ أو مُذَنَّباتٍ ضَخْمةٍ بكوكبنا أحدثَت خلَلًا في المُناخ. والمَعلومُ بيولوجيًّا وجيُولوجيًّا أنَّه في نِهايةِ العَصْر الطباشيريّ، منذُ 65 مليون سنة، انقرضَت آلافٌ من الأنواع، بما فيها الدَّينوصورات. وقد تَزامنَ هذا الحَدُّ البَينيُّ مع تكَوُّنِ وَهْدةٍ صَدْميَّةٍ هائلةٍ في خليج المكسيك – أحدَثَها ارتطامُ كُوَيْكبٍ قُطْرُه حوالى الكيلومتر بالأرض – فتبَخَّرَ ناشِرًا سَحابةً من الغُبارِ حوْلَها حجبَت طاقةَ الشَّمْس وأشعَلت حرائقَ في الغابات على نِطاقٍ عالميّ. كذلك فإنَّ أنواعًا أكثرَ انقرضَت في نِهايةِ العَصْر البِرْميّ (أحْدَثِ حُقَبِ الحياةِ القديمة)، منذُ 225 مليون سنة. والواقع أنَّ الانْقِراضاتِ الجَماعيَّةَ، بدَرَجاتٍ مُتَفاوتة، هي التي مَعْلَمتِ الحُدودَ بين مُعْظَمِ العُصورِ الجيُولُوجيَّة.

الحياةُ على الأرض

تَتَمَيَّزُ الـ 65 مليون سنة الأخيرة من قِصَّة الحياةِ على الأرض بنَشْأة اللَّبُونات (الثَّدْييّات)، مُزاحِمةً ظُهورَ الأشجارِ العريضةِ الوَرَق والنباتاتِ المُزْهِرة. وقبْلَ هذه الفَتْرةِ بحوالى 200 مليون سنة، كانت الدَّيْنُوصوراتُ وأشباهُها سائدةً على اليابِسَة، فيما أهلَتِ (عَمِرَت) البِحارُ الدافئةُ بمَجْموعاتٍ وافِرةٍ مُنَوَّعةٍ من الأحياءِ البَحْريَّة. وفي العَصْرِ الكربونيّ، منذُ حوالى 300 مليون سنة، كانت المُسْتَنْقعاتُ الفسيحةُ مَنابتَ مُمْرِعَةً لِفَيْضٍ من النباتاتِ البِدائيَّة كالسَّرخسِ الشجريِّ والسِّيكاسيَّاتِ (عارياتِ البُزور). وقد أنتجَت بَقايا هذه النباتات قُراراتٍ من الفَحْم. وقبْلَ ذلك الحِين، لم يكُنْ هناكَ شواهِدُ كثيرةٌ للحياةِ على اليابسة – لكِنَّ المُحيطاتِ كانت تَزْخَرُ بالكائناتِ الحيَّة. ولا غَرابةَ أنَّ الأحافيرَ من حُقَبِ الحياة العَتيقة، قبْل 600 مليون سنة، نادِرةٌ جِدًّا، إذْ خِلالَ هذا الحُقب، لم يتواجَدْ سوى قِلَّةٍ من النباتاتِ والحيواناتِ الكبيرة على الأرض.



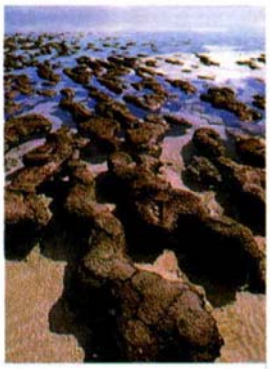
سَلَفٌ مُشْتَرك

يُفترضُ أنَّ الحياةَ على الأرض بدأتْ منذُ أكثرَ من 3,6 بليون (ألف مليون) سنة، مُجَمِّعةً مُقَوِّماتِها الكيماويَّةَ من الفَضاء بعْدَ أنْ بَرَدَ الكوكبُ الجديدُ بوقتٍ قصير. لكِنَّ السَّيطرةَ الأحيائيَّةَ ظَلَّت لِلبكتِريا والطحالبِ المِجْهريَّة على مَدَى ثلاثة بلايين سنة. ثُمَّ، ورُبَّما بحَفْزِ تغَيُّراتٍ في المُناخِ وانطِلاقِ المُغَذِّياتِ بانفِلاقٍ قارِّةٍ عِمْلاقة، ظهرَ حَشْدٌ أكبرُ من النباتاتِ والحَيوانات المُتَعَدِّدةِ الخلايا. ومنذُ حوالى 600 مليون سنة، انبَثقَت أسلافُ مُعظمِ مَجْموعاتِ المُتَعَضِّيات المتواجدة حاليًّا؛ ومن بينها، رُبَّما كان سلَفُنا الأبعد.

الأحافيرُ والأزمِنةُ الجيُولوجيَّة

► يُقَسَّمُ الزَّمَنُ الجيُولُوجيُّ إلى سِلْسلةٍ من العُصُور، يتمَيَّزُ كُلٌّ منها بِمدًى مُختلِفٍ من أحافير الكائنات. ويُمثِّلُ دَهْرُ ما قبلَ الكَمْبَريّ 85% من تاريخ الأرض الجيُولوجيّ. لكِنَّ الصُّخورَ التي يَعودُ تاريخُها إلى هذا العَصْر ليسَت جيِّدةَ الحِفظ كما إنَّ هذا العصرَ لم يَشْهَدْ سوى قِلَّةٍ من الكائناتِ الكبيرةِ ذاتِ الأحافيرِ المُتَمَيِّزة.

في ظُروفٍ خاصَّةٍ مُلائمةٍ، تتحَوَّلُ بَقايا الكائناتِ الطريَّةِ الأجسامِ إلى أحافير. فمُنْذُ أكثرَ من 40 مليون سنة، احتبَسَ الراتينَجُ (الصَّمْغُ) الشجريُّ هذه الذُّبابةَ. ثُمَّ تحَوَّلَ الراتينَجُ إلى كَهْرَمان، فحُفِظَت الذُّبابةُ وبعضٌ من مادَّتِها الجينيَّةِ (الوراثيَّة) بداخِلِه.



أكوامٌ من السِّيانوبكْتِريا (طحالب خَضْراء مُزْرَقَّة) تُعرَفُ بالسترومالِيتات تتواجَدُ في مياه المَدِّ والجَزْر الدافئة في خليج شارْك في غَرب أستراليا. هذه السترومالِيتات (الرقائقُ الطحلبيَّة الكلسيَّة) الأستراليَّة هي بَقايا مُتَحَجِّرةٌ لبعضِ أقدم المُتَعَضِّياتِ المعروفة على سَطح الأرض – إذْ يزيدُ عُمْرُها على 3,5 بليون سنة.

انْظُر أيضًا

الأصولُ والتغيُّراتُ البَشَريَّة
ص 6 – 7

الحياة: الأصولُ والتطَوُّر
ص 50 – 51

الأُصولُ والتغَيُّراتُ البَشَريَّة

يَعتقِدُ العلماءُ أنَّ أسلافَ الجنسِ البَشَريّ هي لَبُوناتٌ ظهرَت مُتأَخِّرةً جِدًّا في تاريخ الأرض، فكانت الأرقى والأنجحَ بين جميع الكائناتِ بفَضْل مَواهِبها الفِكريَّة والحِسِّيَّة – ذكاءً وتصَرُّفًا.

ريتشارْد لِيكي (1944 –) عالِمٌ من عائلةٍ اهتَمَّت بدراسةِ أُصولِ البَشَر؛ واشتُهِرَت بخاصَّةٍ بدراساتٍ قامَت بها في شرق إفريقية. هنا نرى العالِم ليكي مُمْسِكًا بِجُمْجُمةِ كائنٍ شِبْه بَشَريّ اسماهُ الأنواتيّ الجنوبيّ (أُسترالُوپيثِكَسْ) عُثِر مع بَقاياه على بَعض الأدواتِ الحَجَريَّة. هذا الجِنْسُ من الحيوانات ليسَ سَلَفًا بَشَريًا مُباشِرًا؛ لكنْ يُعتَقَدُ أنَّه قريبٌ وَثيقُ الصِّلةِ بأسلافنا القُدامى.

حَفْريَّةُ اليَد هذه، الجيِّدةُ الحِفْظ، احتُفِرَت عامَ 1999 من صَخْرٍ كِلْسِيٍّ في كَهوفِ قُربَ ستيرْكفُونتين في إفريقية الجَنوبيَّة. وهي تخُصُّ أحدَ الأسلاف الأُسترالُوپيثِكسيِّين، ويُقَدَّرُ عُمْرُها بحَوالى ثلاثةِ ملايين سنة.

أحافيرُ الأَسلافِ البَشَريَّة وأقارِبها من الرَّئيسات (أعلى رُتَب اللَّبُونات) هي الأَندرُ بينَ جميع الأحافير. فعندما كانت الدَّينوصوراتُ لا تزالُ تَجوبُ الأرضَ ظهرَتِ الزَّبابُ الشجريَّةُ من اللَّبُونات (الثَّدْيِيَّات) الأُولى الشبيهةِ بالرَّئيسات. ثُمَّ، منذُ حوالى 55 مليون سنة، ظهرَت اللَّيامِيرُ الحاليَّةُ ذاتُ اليدَيْن والرِّجْلَين القابضةِ والإبصارِ الثُّنائيِّ العينَيْن والأَدْمِغةِ الكبيرةِ نِسْبيًّا. أمَّا القِرَدةُ (السَّعادين) الأُولى فيَرجِعُ تاريخُ ظُهورِها إلى حوالى 30 مِليون سنة. ثُمَّ ظهرَت القِرَدةُ الشبيهةُ بالإنسان (كالغوريلا والشمپانْزي) منذُ حوالى ثمانيةِ إلى عَشَرةِ ملايينَ سنة.

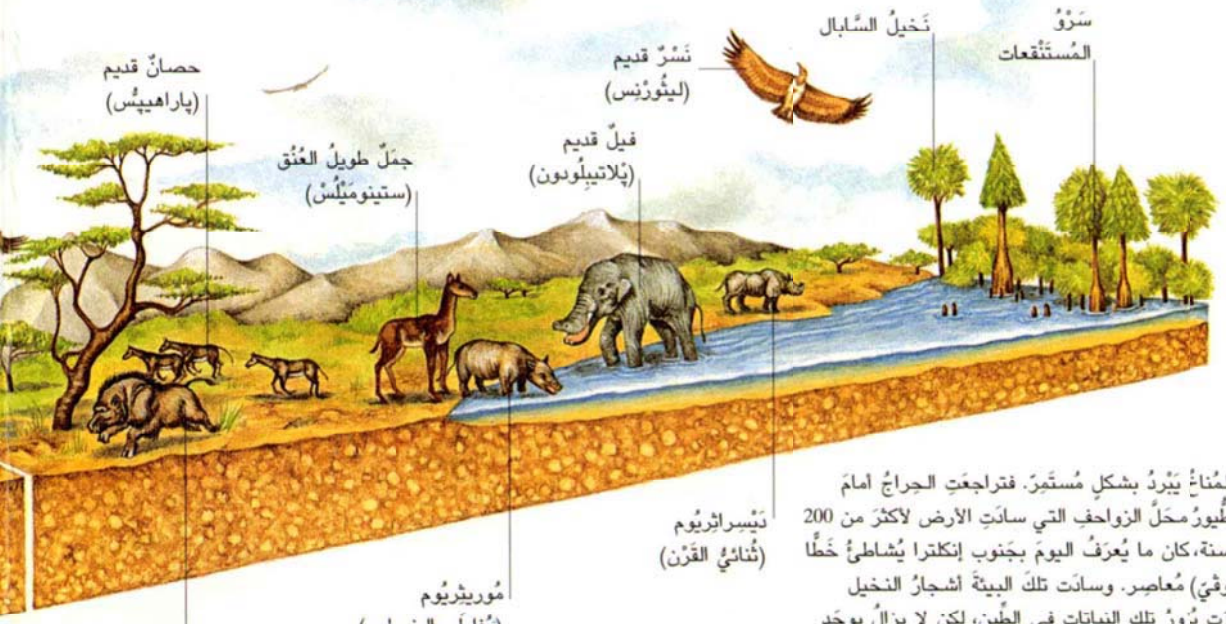
أسلافُ البَشَر الأوائل

هناكَ شواهِدُ جُزَيئيَّةٌ مُتَرابطةٌ تُشيرُ إلى أنَّ أسلافَ البَشَرِ الأوائل تباعَدت عن أسلافِ الشِّمپانْزيَّات مُنْذُ حوالى خَمسةِ ملايينَ سنة. وأقربُ ما عُثِر عليه من الأحافير لأسلافِ الإنسان مَصْدرُه إفريقية الشرقيَّة والجنوبيَّة. ففي العام 1974، اكتُشِفَ في إثْيُوبيا قُرْبَ نهر أومو هيكلٌ عَظْميُ لِسَلَفٍ بَشَريٍّ مُحْتَمَلٍ، يُسَمَّى أُسْترالُوپيثِكَسْ، يبلُغُ عُمْرُه ثلاثةَ ملايين سنة. وقد استدَلَّ عُلماءُ البَشَريَّات على أنَّ هذه العَيِّنةَ كانَتْ لِأُنْثى لَقَّبُوها «لُوسي». كانت جُمْجُمةُ لُوسي أشبَهَ بِجُمْجُمةِ القِرَدةِ وذاتَ دِماغٍ صغير وذِراعَيْن قَصيرتَيْن؛ وكان بمَقْدورِها المَشْيُ مُنْتَصِبةً على رِجْلَيْن طويلتَيْن. ولعَلَّ عائلةً من نوعٍ شَبيهٍ بها كانت صاحِبةَ آثارِ الأقدامِ المُتَحَجِّرةِ التي وُجِدَت في لَيْتولي بتَنْزانيا، ويبلُغُ عُمْرُها 3,6 مليون سنة.

وليسَ بَيِّنًا أيٌّ من أنواع الأُسْترالُوپيثِكَسْ هو ذو قَرابةٍ، إنْ وُجِدَت، بينَه وبينَ البَشَر الحاليِّين. لكِنَّ سَلَفًا تاليًا منها ظهرَ منذُ حوالى 1,8 مليون سنة كانت له بشِبْهِ التأكيد تِلكَ القَرابة. ففي عام 1984، احتَفَر فريقٌ من عُلماءِ البَشَريَّات، يترأَّسُه رِيتْشارد لِيكي، عظامَ صبيٍّ عُمْرُه 12 سنة قُرْبَ بُحَيْرة تُورْكانا في كينيا. وقد قُدِّرَ عُمْرُ العِظام بحوالى 1,5 مليون سنة وأنَّها تَعودُ إلى نوعٍ من الأَسْلافِ يُسَمَّى الإنسانَ المُنْتَصِب «هومو إرِكْتَس». وقد تَميَّزَ ظهورُ هذا النَّوع باختِلافٍ لافتٍ في نوعيَّةِ الأدوات الحَجَريَّةِ التي استَخْدَمها – من حِجارةٍ خَشِنةِ القَطْعيَّةِ إلى فؤوسٍ ومَكاشِطَ يَدويَّةٍ صُنِعَت بِدِقَّةٍ وبَراعة. وكانَ الإنسانُ المُنْتَصِبُ أيضًا جَوَّالًا ومُسْتكشِفًا انْتَشَر من إفريقية إلى أوروبا ثُمَّ توَغَّل بعيدًا حتّى الصِّين وجَاوا.

سَلَفٌ مُشْتَرك

يتبَيَّنُ من الشواهِد المُستَطْلَعةِ أنَّ آخِرَ فَصْلٍ في تاريخ نُشوءِ الإنسان وتطوُّرِه بدأَ في إفريقية منذُ حوالى 000 500 سنة. فالتَّشابُهاتُ في المادَّةِ الوِراثيَّة لِجميعِ البَشَر المُعاصِرين تُشيرُ إلى أنَّه كان لهُم سَلَفٌ مُشْتَرَكٌ في ذلك الوقت. وأنَّ تغَيُّراتٍ مُناخيَّةً وعُقولًا مُتَطَلِّعةً قادَت هؤلاء الناسَ إلى



◄ بَعْدَ انْقِراضِ الدَّيْنوصورات، اخذَ المُناخُ يَبْرُدُ بشكلٍ مُستَمِرّ. فتراجعَتِ الحِراجُ أمامَ السُّهوبِ المُعْشِبة، وحلَّتِ اللَّبُوناتُ والطُّيورُ مَحَلَّ الزواحفِ التي سادَتِ الأرض لأكثرَ من 200 مِليون سنة. ومنذُ حوالى 50 مليون سنة، كان ما يُعرَفُ اليومَ بجَنوب إنكلترا يُشاطئُ خَطًّا ساحليًّا أشبَهَ بمُسْتَنْقَعٍ قَراميٍّ (مَنْغروفيّ) مُعاصِر. وسادَت تلكَ البيئةَ أشجارُ النخيل المُخْشوشِب والمَغنولية والغار. وطُمِرَت بُرُورُ تلك النباتات في الطِّين، لكِن لا يزالُ يوجَد بَعْضُها في الصَّلْصالِ حيثُ موقِعُ لَنْدن اليوم. وخِلالَ المليونَي سنَةٍ الأخيرةِ، ظهَر العديدُ من اللَّبُوناتِ الضَّخْمةِ، لكِن حوالى ذُروةِ العَصْرِ الجليديِّ الأخير – منذُ حوالى 000 20 سنَة – راحَ البَشَرُ يُفرِطون في تصيُّدِ تلك اللَّبُوناتِ حتّى انْقَرَضَ بَعْضُها.

رُتبةُ الإنسانِ المُنْتَصب «هوموإركْتَس» ذي الجُمْجُمةِ الأكبر أضحَتْ رتبةَ الرَّئيسات الإفريقيَّة السَّائدة على الأرض منذُ حوالى 1,6 مِليون سَنة.

جُمْجُمةٌ أخفُّ وَزْنًا للأُسْترالُوپيثِكَس أفارَنْسِس، النَّوعُ الذي كانت مِنه العَيِّنةُ الشهيرةُ «لُوسي».

أُنْثى الأُسْترالُوپيثِكَس كانت أقلَّ قُوَّةً، لكن ذاتَ فكَّيْن عَضَليَّيْن مِثلَه وهي كانت عاشِبةً أيضًا.

النُّتوءان العميقانِ فوقَ الحاجبَيْن والفكَّانِ القويَّان مَيَّزَت الأُسْترالُوپيثِكَسَ الذَّكر. وهو كان حَسنَ المُهايأة لِمضغ الخَضْراواتِ الخَشِنة.

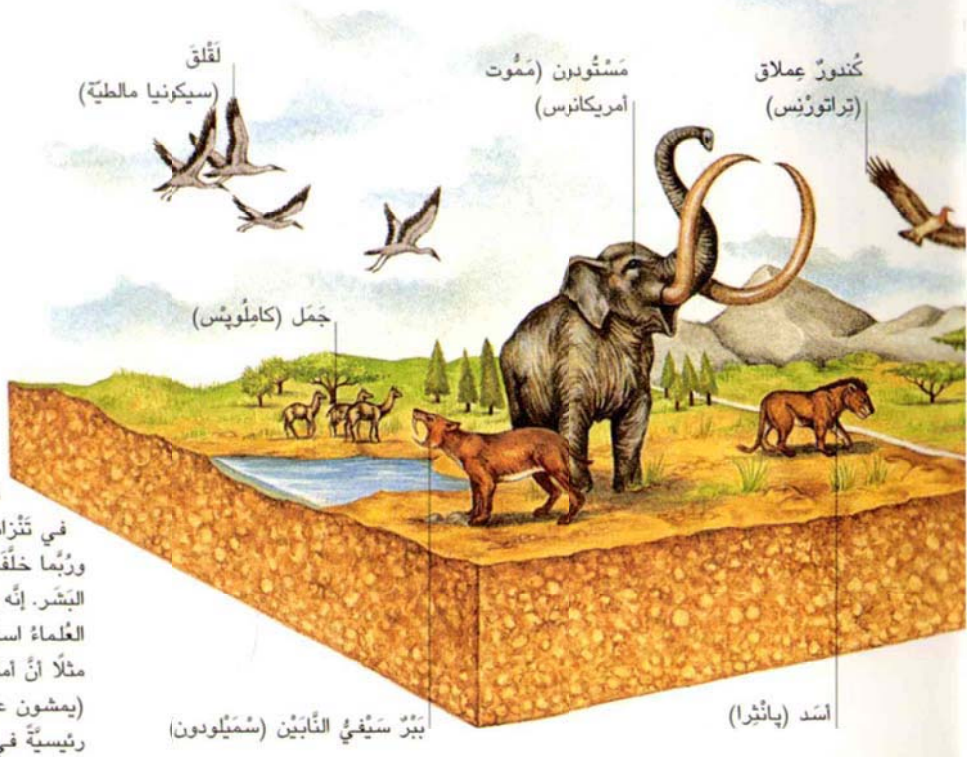
هذه بعضُ الجَماجم لأَسْلافٍ بَشَريَّةٍ أو شِبْهِ بَشَريَّة. وقد اكتُشِفَت أنواعٌ وشِبْهُ أنواعٍ عديدةٌ منها. وفي بعض المَراحِل لا بُدَّ أنَّ أنواعًا مُختلِفةً منها تعايشَت جَنْبًا إلى جَنْب، وربَّما تنافَسَت بَعْضُها مع بعض. لكنَّ التطوُّرَ كان لِمَصْلَحةِ الأنواعِ ذاتِ الأدْمِغةِ الأكبَر. ولاحِقًا انتَهى الوضعُ إلى ظهور نوعِنا المُسَمَّى «هوموسِپيْيان»، الجِنْسِ البَشَريِّ – النوعِ الأقْدرِ على البَقاء في عالَمٍ مُتَغَيِّر.

ظهرَ الإنسانُ المُعاصِرُ الأوَّلُ منذُ 35 000 سَنة. وكان في ذلك الزَّمَن قد حَذَقَ صُنْعَ أدواتٍ عاليةِ الكِفاية. فرؤوسُ السِّهام الصَّوّانيَّةُ الدقيقةُ المُبَيَّنةُ أعلاه تطَلَّبت مَهارةً فائقةً في صُنْعِها، وكانت أدواتٍ مُمْتازةً لاصطيادِ الحيَوانات الكبيرة.

أوروبا الشماليَّة – الغنيَّةِ بحيَوانات الصَّيْد الكبيرة، لكِنْ لا تَزالُ تضطَلِعُ بتأثيراتِ العَصْر الجليديّ. ومن شِبْهِ المؤكَّد أنَّ ذلك الجِنْسَ من الأَسْلاف، المُسَمَّى «هوموسِپيْيان» المُؤهَّلَ بطبيعتِه للتكيُّفِ والمُهايأة، كان قد توصَّل في ذلك الوقت إلى طريقةٍ لإشعالِ النار. ومنذُ حوالى 200 000 سَنة، انتقلَ نُوَيْعٌ (فرعٌ) من هؤلاء الأسلاف يُعرفون بالنيانْدَرثاليِّين، إلى ألمانيا وأوروبا الشَّماليَّة. ثُمَّ، منذُ حوالى 35 000 سَنة، أخذَ يَحُلُّ مَحَلَّهُم بَشَرٌ من أسلافِ الإنسان المُعاصِرِ الحَقيقيِّين.

لقد غَيَّرَ الناسُ وَجْهَ كَوكبِ الأرض. فهُم بأدْمِغَتهم الكبيرةِ تمكَّنوا من تطوير أدواتٍ وآلاتٍ مُخْتَلِفةٍ، ومنَ التَّواصُل باستِخْدامِ وسائلَ لُغَويَّةٍ. كما إنَّ تحكُّمَهم في النار، إشعالًا ومُكافحةً، مُسَجَّلٌ في الرُّسابات المُحيطيَّة – ولعَلَّ من مَعالِمه الحَرْقَ الجُمليَّ لِلسَّفانّا الإفريقيَّة. ومنذُ حوالى 10 000 سَنة، أخذَ العَصْرُ الجليديُّ الأخيرُ يَنْحَسِر، وأظهَرتِ التقَلُّباتُ المُناخيَّةُ عدمَ استِطاعة الناسِ الاستِمْرارَ في الاعتِمادِ على قُطْعانِ الحيَواناتِ البَرِّيَّةِ والسُّهوبِ المُعْشِبة الطبيعيَّة. فبَدأوا يَجْتَثُّون الأشجار ويَسْتَصْلِحُون الأَرْضَ للزِّراعة وتَربيةِ قُطعان المواشي. وكانت تلكَ الفَتْرةُ بِدايةَ التحوُّل إلى الزِّراعة – مِمَّا أمَّنَ مَزيدًا، يُعوَّلُ عليه، من مَصادرِ الغِذاء. وبتحَرُّرِ بعضِ الناسِ من هُمومهم المَعيشيَّةِ انصرفوا إلى إقامةِ المَعابدِ والقُصورِ وتأسيس المُدُنِ الأُولى وتطويرِ الثقافةِ والفُنون وسِواها مِمَّا ندعُوه اليومَ بالحَضارة.

دَوْسَة القَدَم هذه حُفِظَت في رَمادٍ بُركانيّ مُصَلَّد. وقد عُثِرَ على صَفٍّ منها في تَنْزانيا يَعودُ إلى حوالى 3,6 مِليون سنة. وربَّما خلَّفَت تلك الدَّوسات أقدامُ عابرٍ من أسلافِ البَشَر. إنَّه بِفَحْصِ شواهدَ أُحفوريَّةٍ كهذه يستطيعُ العُلماءُ استِنْباطَ سُلوكِ أسْلافنا. فمن الواضح هنا مثلًا أنَّ أمثالَ هذا السَّلَفِ كانوا ثُنائيِّي الأرْجُل (يمشون على قدمَيْن). وهذا يُعْتبَرُ نُقْطةَ تحَوُّلٍ رئيسيَّةً في تاريخ تطَوُّرِ الإنسان.



اُنْظُر أيضًا

الأحافيرُ والأزْمنةُ الجيُولوجيَّة
ص 4 – 5
الحياة: الأُصولُ والتطوُّر
ص 50 – 51

بِنْيةُ الأَرض

كَوكبُ الأَرض ذو بِنْيةٍ طِباقيَّة تتألَّفُ من لُبٍّ مَرْكزيٍّ ودِثارٍ وشاحيٍ وقِشْرةٍ سَطحيَّة. والأرضُ دائمةُ التغيُّر نَتيجةً لِلقُوى الديناميَّة في باطِنها.

هذا الصخرُ الكثيفُ تكوَّنَ أصلًا في طبقة الدِّثار؛ وهو يَحْوي مَعْدِنًا أخضرَ يُعرَفُ بالأُوليفين (الزَّبرجد الزيتوني). وكانَ جُلِبَ إلى السَّطْح خلالَ ثورانٍ بُركانيٍّ في جُزُر الكَناري. فالعمليَّاتُ الجيُولوجيَّةُ، كالثَّورانات البُركانيَّة، غالبًا ما تكشِفُ دَلائلَ حوْلَ البِنْيةِ الباطِنيَّة لِلأرض.

خِلافًا لِصُخور الأرض السَّطحيَّةِ، فإنَّ الصخورَ الجَوفِيَّةَ في أعماقِ مَرْكزِ الأرض مُعَرَّضَةٌ لِضُغوطٍ ودَرجاتِ حرارةٍ هائلة تجعلُها رُغْمَ جِماديَّتِها قابِلةً لِلانْسياب بِبُطءٍ كجَليدِ المَثالج. وبي بِداياتِ تاريخ الأرض ترَسَّبت المادةُ الأكثفُ – المُؤلَّفةُ غالبًا من فِلِزَّي الحديد والنيكل – مُكَوِّنةً لُبَّ الأرض الداخليَّ والخارجيّ. لُبُّ الأرضِ الداخليّ جامِدٌ بِفِعل الضُّغوط الهائلة عليه ويبلغ قُطرُه 2600 كم تقريبًا. أمَّا اللُّبُّ الخارجيُّ فصَهير بفضل درجاتِ الحرارةِ التي تفوق 4000 درجة سلسيوس وسماكته حوالى 2200 كم. وفوقَ اللُّبِّ الخارجيِّ المَصْهور يتواجَدُ الدِّثارُ (الوِشاح) بِعُمق حوالى 3300 كم. وهو يتألَّفُ من صُخورٍ سِليكاتيَّةٍ كثيفةٍ (تحوي السِّليكون والأُكسجين). وتَطْفُو القِشْرةُ المُحيطيَّةُ والقارَّاتُ على هٰذه الطبقات كطبقةٍ رقيقة عمقها 70 كم تحت القارّات وحوالى 6 كم فقط تحت المحيطات.

دراخِلُ اللُّبّ

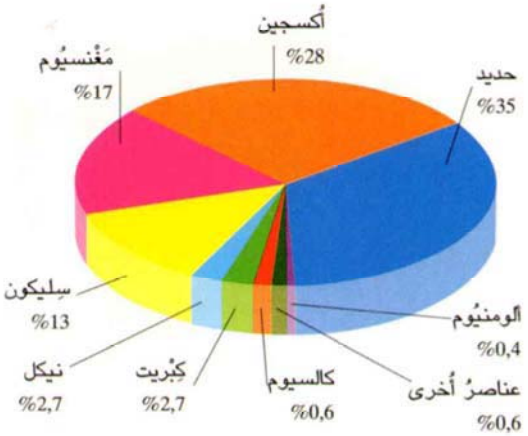
من العَسيرِ جِدًّا تصَوُّرُ الظروفِ في دَواخلِ لُبِّ الأرض بسبَبِ الضُّغوطِ الهائلة ودَرجاتِ الحرارة التي تُقارِبُ 4000°س. ويَسْتطيعُ الجيُولوجيُّون تقديرَ درجاتِ الحرارة في النطاقِ الفاصِلِ بين اللُّبِّ الداخليّ والخرجيّ. يتألَّفُ

مَوجاتٌ مُسْتَعرِضة

مَوجاتٌ أوّليّة

مَوجاتٌ سَطحيّة

مَوجاتٌ زِلْزاليَّةٌ تَصدُر ثُمَّ ترتَدُّ من هَزَّةٍ أرضيَّة في شَرق إفريقية. ويَستطيعُ الجيُولوجيُّونَ اسْتِنباطَ مَعالِم بِنْيةِ كوكَبِ الأرض بتَوقيتِ وُصولِ المَوجاتِ إلى مَحطَّاتٍ مُراقبةٍ حولَ العالَم. مَوجاتُ الضَّغْط الحمراءُ تَستطيعُ عُبورَ اللُّبِّ الخارجيِّ المَصْهور. والمَوْجاتُ المُستَعْرِضةُ الزَّرقاءُ تستطيعُ فقَط عبُورَ طَبَقَتَي الدِّثار والقِشْرةِ الجامدتَيْن.



العُنْصر الأكثرُ بين مُقَوِّماتِ الأرض هو الحديد، الذي يَتركَّزُ غالبًا في نِطاق اللُّبِّ الأرضيّ. وتُشَكِّلُ المُرَكَّباتُ المُسَمَّاةُ سِليكات المَغْنسيُوم – التي تَحْوي المَغْنسيُوم والسِّليكون والأُكسجين – مُجْمَلَ كُتْلةِ الدِّثار. وهذه العناصِرُ في مُعْظمِها كانت قد تكوَّنَت في الفَضاءِ منذُ مَلايين السِّنين.

لُبُّ الأرض من حَديدٍ مَمْزوجٍ بِشَوائبَ مُعَيَّنة. وقد تمكَّنَ العُلماءُ من تقديرِ وتمثيلِ الضُّغوط ضِمْنَ لُبِّ الأرض صُنعيًّا واكتشفوا أنَّ درجةَ الحرارة فيه تُقاربُ 4000°س.

يَسْري الحديدُ المَصْهورُ دوَّارًا في اللُّبِّ الخارجيِّ ببُطءٍ حوْلَ اللُّبِّ الداخليِّ الجامد. والتيَّاراتُ الكهربائيَّةُ ضِمْنَه تَوَلِّدُ مجالَ الأرض المِغْنَطيسيّ. هذا المَجالُ يَمْتَدُّ بعيدًا في الفَضاءِ مُكوِّنًا غِلافًا مِغْنَطيسيًّا حوْلَ سطحِ الكوكب الأرضيِّ حارِفًا الجُسَيْماتِ المَشْحُونةَ كهربائيًّا الواردةَ من الشَّمْس كدِرعٍ يَقينا من الإشعاعاتِ المُؤذية. المَجالُ المِغْنَطيسيُّ المُوَلَّدُ في اللُّبِّ ربّما تَعْتَريه تغَيُّراتٌ هائلةٌ، لكِنَّ معظَم هذه التغَيُّراتِ تتضاءَلُ بفِعل الدِّثار. والمعلومُ أنَّه كُلَّ حوالى 100 000 سنَةٍ تتَزايدُ هذه التغَيُّراتُ وتتعاظَمُ بحيثُ ينعكِسُ معها مَجالُ الأرض المِغْنَطيسيُّ بالكامل.

تَقَصِّي دَواخلِ الكَوكَب

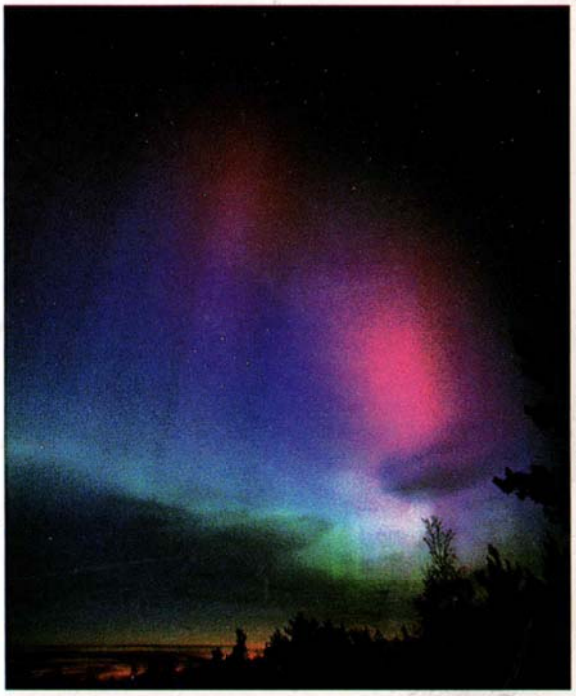
الحرارةُ التي تَوَلَّدت بتكَوُّنِ كوكبِنا لا تزالُ مُسْتَمِرَّةً في البُرود، وهي تُطلَقُ من باطن الأرضِ مع تَجَمُّدِ اللُّبِّ الداخليِّ واضْمِحلالِ العناصر المُشِعَّة. هذه الحرارةُ لا بُدَّ لها من الإفلات – والصخرُ كما هو معروف عازلٌ جيِّدٌ. فلإفلاتِ الحرارة يَنْبغي سَريانُ صخورِ الدِّثار حولَ اللُّبِّ الداخليّ. فبذلك، تُحْمَلُ الحرارةُ صُعُدًا مع صُعودِ صخرِ الدِّثارِ الحارِّ. وهذه الحَركةُ تُسَبِّبُ الزَّلازِلَ (الهَزَّات الأرضيَّة) على السَّطْح حيثُ الصُّخورُ قَصِفةٌ. وباستِخْدام شبكةٍ من مَحطَّاتِ المُراقبة، يَسْتطيعُ خُبراءُ الزَّلازل –

العلماءُ الذين يدرسون الهَزَّاتِ الأرضيَّةَ – توقيتَ وُصولِ المَوجات الزِّلزاليَّة إلى مُختلِف هذه المَحطَّات. ومن هذه المَعْلومات تستطيعُ حواسيبُ قويَّةٌ رَسْمَ صُورةٍ لِباطِن الأرض، تمامًا كالصُّورة (التفريسة) لِطِّبْيَة التي يَرسُمها المِفْراسُ الطِّبِّيُّ لِدواخِل جِسْمِك.

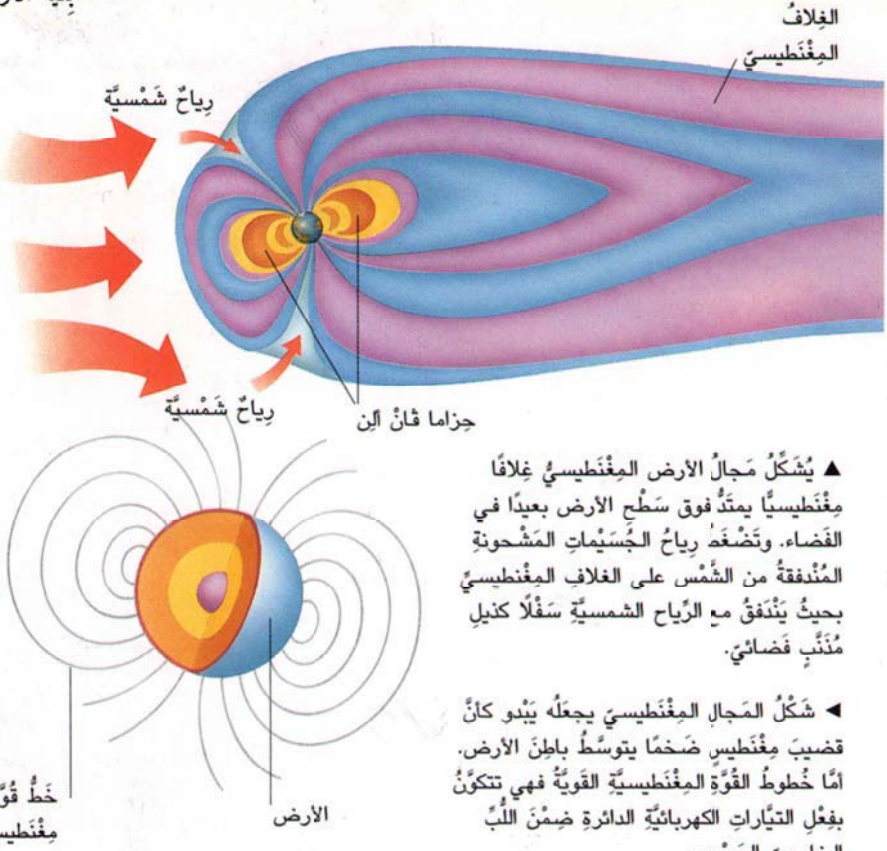
أنشِطةٌ تَفْتعِلُ في باطِن الأَرض

التفريساتُ من باطن الأرض تكشِفُ ذُؤاباتٍ من مادَّةِ الدِّثارِ الحارَّةِ مُتَصاعِدةً نحوَ السَّطح تَفْتَعِلُ في قِمَّتها غالبًا أنشِطةٌ بُركانيَّة. والمعروفُ أنَّ المَوجاتِ الزِّلزاليَّةَ تَعبُرُ هذه المادَّةَ الطَّرِيَّةَ الحارَّةَ بتباطُؤٍ أكثر – بالمقارنةِ مع مادَّةِ الصَّخرِ الصَّلْدِ الباردةِ الهابطةِ في الدِّثار حيثُ تتوارى القِشْرةُ المُحيطيَّةُ الباردةُ تحتَ القارَّات. وبِتَحليلِ المُعطَياتِ الزِّلزاليَّة، اكتشفَ الجيُولوجيُّون حاجِزًا فاصِلًا بِعُمقٍ حوالى 670 كم داخِلَ الدِّثار. ويَبْدو أنَّ الصخورَ الهابطةَ تتجمَّعُ هناك، مِمّا حدا بِبَعضِ الجيولوجيِّين على الاعتِقاد أنَّ اِمْتِزاجَ مادَّةِ الدِّثار بكامِلِها لا يَتِمُّ في دَورانٍ مُفْرَدٍ، بل إنَّ هنالك طبقتَيْن من الدَّورانِ الصَّخْريّ.

ويُشيرُ التحليلُ الحديثُ لِلمُعْطَياتِ الزِّلزاليَّة إلى أنَّ هُناكَ طبقةً رقيقةً أُخرى في قاعدةِ الدِّثار، يَبْلُغُ سُمْكُها بضعَ عَشَراتٍ من الكيلومترات. هذه الطبقةُ ليسَت مُتَواصلةً، بَل هي أشبَهُ كثيرًا بِسِلْسلةٍ من القارَّاتِ العِملاقةِ على الجانبِ السُّفليِّ من الدِّثار. وقد تكون هذه الكُتَلُ الصفائحيَّةُ تكوَّنَت باختِلاطِ صُخورٍ سِليكاتيَّةٍ من الدِّثار مع موادَّ غَنيَّةٍ بالحديد من اللُّبّ. وهناكَ تفسيرٌ آخَرُ يَرتَئي أنَّ هذه المنطقةَ تقَعُ حيثُ اِستقَرَّت المُحيطاتُ العتيقة. فبَعْدَ الهُبوطِ إلى قاعدةِ الدِّثار العُلْويِّ، انضَغطَتِ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ البارِدةُ إلى طبقةٍ صخريَّةٍ بالِغةِ الكثافة. وبذلك أمكَنَ لهذه الطبقةِ اِخْتِراقُ طبقةِ الـ 670 كم والغَوْصُ عميقًا لِتستمِرَّ في الإنْتشارِ في قاعدةِ الدِّثار. ثُمَّ بإحماءِ اللُّبِّ للطبقةِ الصخريَّة الكثيفة ببُطءٍ، فإنَّها ستَصْعدُ مُجَدَّدًا لِتُكَوِّنَ قِشْرةً مُحيطيَّةً جديدة.

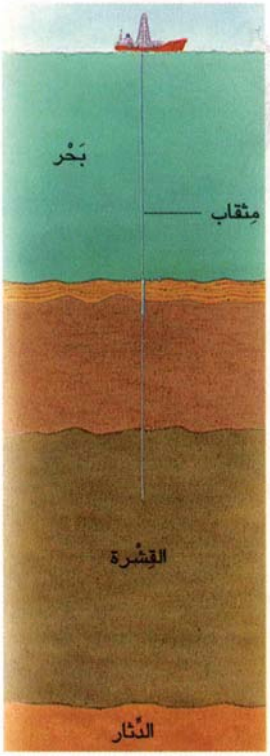


الشَّفَقُ الشَّماليُّ يَملأُ سَماءَ الليلِ فوقَ الدائرةِ القُطْبِيَّةِ الشَّماليَّة. فحَيثُ يَتلاقَى مَجالُ الأرضِ المِغْنَطيسيُّ عندَ القُطْبَيْن، تَصدِمُ الجُسَيْماتُ المَشْحونةُ من الشَّمْس ذرَّاتٍ في الغلافِ لجوِّيِّ مُكَوِّنةً هذا العرضَ الرائع. وبالنِّسقِ نفسِه يَحدثُ الشفقُ الجنوبيُّ في المناطقِ المُحيطةِ بالقُطْبِ الجَنوبيّ.



▲ يُشَكِّلُ مَجالُ الأرض المِغْنَطيسيُّ غِلافًا مِغْنَطيسيًّا يمتَدُّ فوق سَطْحِ الأرض بعيدًا في الفَضاء. وتَضْغَطُ رِياحُ الجُسَيْماتِ المَشْحونةِ المُنْدفقةُ من الشَّمْس على الغلافِ المِغْنطيسيِّ بحيثُ يَنْدَفِقُ مع الرِّياح الشمسيَّةِ سَفْلًا كذيلٍ مُذَنَّبٍ فَضائيّ.

◄ شَكْلُ المَجالِ المِغْنَطيسيِّ يجعَلُه يَبْدو كأنَّ قضيبَ مِغْنَطيسٍ ضَخمًا يتوسَّطُ باطِنَ الأرض. أمّا خُطوطُ القُوَّةِ المِغْنَطيسيَّةِ القَويَّةُ فهي تتكوَّنُ بِفِعْلِ التيَّاراتِ الكهربائيَّةِ الدائرةِ ضِمْنَ اللُّبِّ الخارجيِّ المَصْهور.



يُمكِنُ لِعَيِّناتِ الحَفْر كشفُ الطَّبَقاتِ الصَّخْريَّةِ في قِشْرةِ الأرض. وحتَّى الآن تتوَفَّر إمكاناتُ الحَفْر لِلتَّوصُّلِ إلى الدِّثار.

أُنْظُر أيضًا

جَوُّ الأرض (الغِلافُ الجَوِّيّ للأرض) ص 10 – 11
الزَّلازل ص 20 – 21
الأرضُ والقَمَر ص 400 – 401

اِسْتِنباطُ الدلائل

اليابِسةُ المُنْضَغطةُ بِثِقْلِ جليدِ العَصْرِ الجليديِّ الأخير، بالإضافة إلى قُوَّةِ جَذْبِ القَمَر في المَدِّ والجَزْر، تَعملان على تَبْطئةِ سُرعة كوكبِنا المُدَوِّم تَدْريجيًّا. ونَتيجةً لذلك، فإنَّ أطوالَ النَّهارات واللَّيالي تَتَزايدُ بمَقاديرَ ضئيلةٍ جِدًّا. كذلك فإنَّ هناك تغَيُّراتٍ أُخرى أصغرَ بحُدودِ بضْعةِ أجزاءٍ من البِليون من الثانية. وقد تكونُ هذه التغَيُّراتُ نتيجةً لتأثيرِ الضَّغْطِ الجوِّيِّ على سَلاسِلِ الجِبال. والأهَمُّ من ذلك أنَّ حركةَ الدَّوران في اللُّبِّ الخارجيِّ للأرض تدفَعُ حُيودًا وأَوديَةً في قاعدةِ الدِّثار أشبَه بجِبالٍ مَقْلُوبةٍ رأسًا على عَقِب. والتغَيُّراتُ في طُولِ النَّهاراتِ هي قِياسٌ لِحَركةِ دَورانِ اللُّبِّ، وهي تُوَفِّرُ دَلالةً أُخرى على العمليَّاتِ الجُيولوجيَّةِ الجاريةِ في باطِنِ الأرض.

جَوُّ الأَرض (الغِلافُ الجَوِّيُّ لِلأَرض)

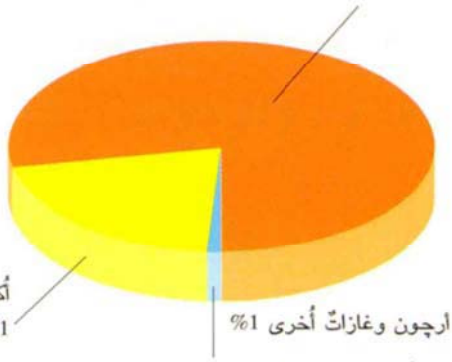
يُحيطُ بالأَرضِ غِلافٌ غازيٌّ يُسمَّى الغِلافَ الجَوِّيّ. هذا الجَوُّ يَقينا من الحدود القُصوى والدُّنيا في الظروفِ الفَضائيَّةِ ويُبْقي على دِفئنا؛ وهوَ سبَبُ مَنظوماتِ الطَّقْسِ التي تَسودُ أقاليمَنا.

طائرةٌ نفّاثةٌ تتسارعُ عَبْرَ الغِلافِ الجَوِّيِّ للأرضِ مُخَلِّفةً وراءَها أثرًا مَرْئيًّا لِمَسارِها كذَيلٍ من سَحاب. هذا الأثَرُ الذيليُّ هو هواءٌ فائقُ البُرودةِ تَكثَّفَ فيه بُخارُ الماءِ من عادِمِ المُحَرِّك كبلّوراتٍ جليديّةٍ دقيقة.

لَولا الغِلافُ الجَوِّيُّ لِلأَرض، ما كانت الكائناتُ الحيَّةُ تَتمكَّنُ من البَقاءِ أمامَ وَبْلِ الإشعاعاتِ الشمسيَّةِ والكَوْنيَّةِ المُستمِرِّ وفي مُجابَهةِ هَيْلِ النَّيازِك والشُّهُبِ والتَعرُّضِ اللَّوريِّ لِحَدَّي درجة الحرارة الأقصى والأدنى. فالغِلافُ الجوِّيُّ يَقي الكائناتِ الحيَّةَ من مِثل هذه التَّهْديدات الكامِنةِ المُهْلِكةِ بِإحاطةِ الأرضِ بطَبَقةٍ، سُمْكُها 300 كم، من الغازاتِ والسَّوائلِ والجُسَيْماتِ الأُخرى. وهذا الغِلافُ لا يَتْرُكُ الأرضَ بِفَضْلِ قُوَّةِ الجاذبيَّة. الغِلافُ الجوّيُّ على مَقْرُبةٍ من سَطْحِ الأرض عالي الإنْضِغاطيَّةِ، وبالتالي عالي الكثافةِ النسبيَّة، لكِنَّه يَغْدو أرَقَّ وأقَلَّ كثافةً بتزايُد الارتفاع. في مُسْتَوياتِ الجَوِّ السُّفْلى تُوَزِّعُ الرِّياحُ والعَواصفُ الحرارةَ من الشَّمْس؛ وفي المُسْتَوياتِ العُلْيا تَتصادَمُ لجُزَيئاتُ التي تُؤلِّفُ الغِلافَ الجوّيَّ مع الشُّهُبِ والإشعاعاتِ الواردةِ من الفَضاء.

تاريخٌ مُوجَز

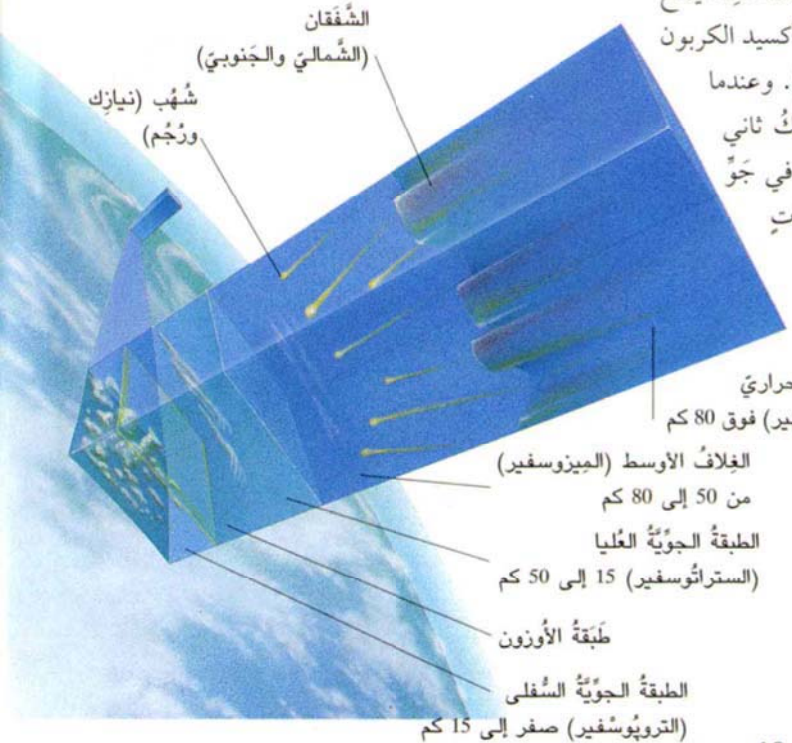
في البِليون سنةٍ الأولى من عُمْرِ الأرض، كانَ الجَوُّ مُخْتلِفًا جِدًا عمَّا هو عليه اليوم. ففي البَدأةِ كانَ الجَوُّ مَزيجًا من النِّتْروجين وثاني أُكسيد الكربون وبُخارِ الماء. والمَعْروفُ أنَّ غازَ ثاني أكسيد الكربون هو من الغازات التي تحتَبِسُ حرارةَ الشَّمْس، لذا يُسمَّى غازَ الدفيئات. فهذا الغازُ يُمِرُّ ضوءَ الشَّمْس الذي يُنيرُ كوكبَ الأرض ويُسَخِّنه لكِنَّه يمنَعُ الحرارةَ من الإفلات. وهكذا، فقد عمِلَ ثاني أكسيد الكربون كطبقةِ حَجْبٍ أبْقَت على دِفْءِ الأرضِ الفِتيَّة. وعندما نَشأتِ الكائناتُ الحيَّةُ الأُولى، أخذَت تَستَهْلِكُ ثاني أكسيد الكربون في الجَوّ وتُطلِقُ غازًا جديدًا في جَوِّ الأرض هو غازُ الأُكسِجين مِمَّا أتاحَ لحيواناتٍ أُخرى البَقاءَ حَيَّةً بتنَفُّسه وإطلاق ثاني أُكسيد الكربون – مُعيدةً التوازُنَ إلى الجَوّ. وقد بدأَ التنَفُّسُ في تلك الحيوانات عَبْرَ الخياشيم ثُمَّ عَبْرَ الرِّئات. هذا ويَعتَقِدُ المختصُّون أنَّ تَرْكيزاتِ الأُكسجين ظَلَّت ثابتةً على مَدى البِليونِ سنةٍ الأخيرة.



هذا المُخَطَّطُ الدائريُّ يُبَيِّنُ تركيبَ جَوِّ الأرض. فالنِّتْروجينُ والأُكسِجينُ يُؤلِّفان مُعظمَ الغِلافِ الجَوّيِّ للأرض. وهنالك غازاتٌ أُخرى تشمَلُ الأرجون وثاني أُكسيد الكربون والميثان. وقد أسهَمتِ الأنشِطةُ البَشريَّةُ في زيادةِ مناسيب هذه الغازات، مِمَّا أدّى إلى حُمُوِّ المُناخِ العالميِّ للأرضِ بِقَدْرٍ مَحْسوس.

طَبَقاتُ الجَوّ

ليسَ للجَوِّ حُدودٌ مُحَدَّدة. فالسَّوائلُ الفَضائيَّةُ تَدورُ على عُلوٍّ أكثرَ من 300 كم فوقَ سَطْحِ الأرض – حيثُ الجَوُّ يكادُ يكونُ خَواءً لِشِدَّةِ رِقَّتِه. هذه المِنْطقةُ تُسَمَّى الثَّرْمُوسْفير حيثُ الذرَّاتُ حارَّةٌ جِدًّا (2000°س تقريبًا)، لكِنَّها قليلةُ الكثافةِ العدديَّة جِدًّا بحيثُ لن تحرِقَك. تَمتَدُّ طَبقةُ الغِلافِ الحراريّ

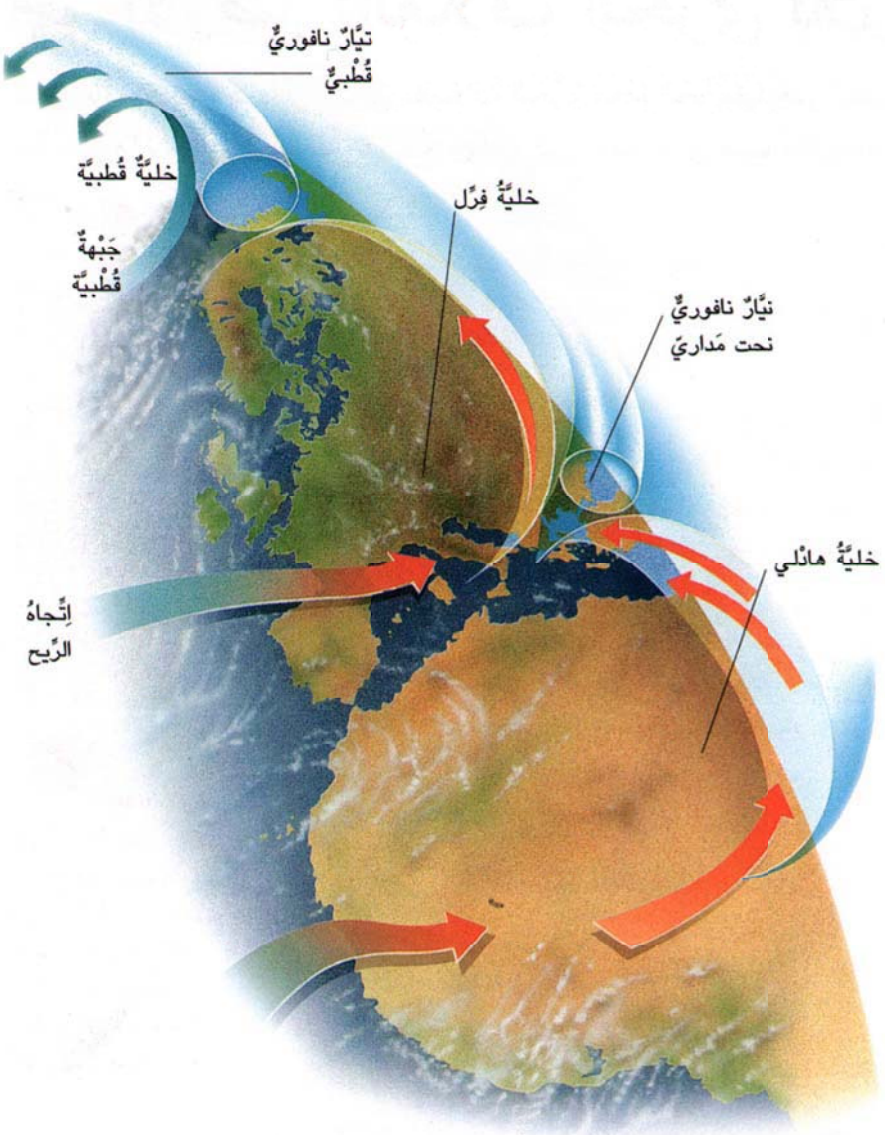


هذا مَقْطَعٌ عَبْرَ الغلافِ الجوّيّ من مُسْتَوى سَطْحِ البَحْر حتَّى بدايات الفَضاءِ الخارجيّ. تُشكِّلُ طبقةُ الغلافِ السُّفليّ المَعْروفةُ بالتروپُوسْفير أوَّلَ 15 كم من الغلافِ الجوّيّ وتَحْوي مَنْظوماتِ الطَّقْس والمَسالكَ الرئيسيَّةَ للطائرات في العالَم. وتتواجَدُ طبقةُ الأُوزونُ الواقيةُ على ارْتفاعِ حوالى 20 كم، ضِمْنَ الستراتُوسْفير – الغلافِ الرقيقِ البارِد. بَالوناتُ رَصْدِ الطَّقْس تَسْتطيعُ الصُّعُودَ عَبْرَ الستراتُوسْفير كما تستطيعُ ذلك أيضًا الطائراتُ فوقَ الصَّوتيَّة وسُحُبُ الرَّمادِ البُركانيّ. ويقَعُ المِيزوسْفير فوقَ الستراتُوسْفير، الذي، يتضمَّنُ الأيُونوسْفير – الطبقةَ الراديويَّةَ العاكِسة. ويَمتَدُّ الغِلافُ الحراريّ (الثَّرمُوسْفير) ارْتفاعًا في الفَضاءِ ويَشْمَلُ الإكسُوسْفير، حيثُ تُفْلِتُ بعضُ جُزَيئاتِ الغازِ إلى الفَضاءِ الخارجيّ. هذا ويَحْدُثُ الشَّفَقان، الشماليُّ والجنوبيّ، في اتِّجاه قاعدةِ الثَّرمُوسْفير في كِلا القُطْبَيْن.

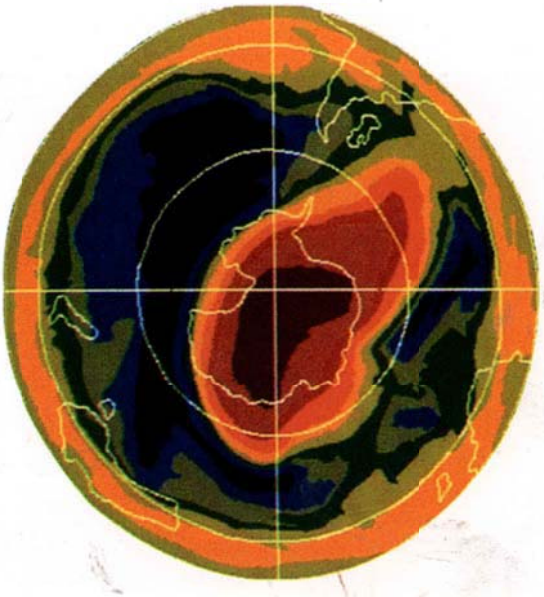
(التِّرمُوسْفير) نُزُولًا حتَّى حوالى 80 كم فوقَ سَطْحِ الأرض. وهنا تبدأُ مِنْطقةُ الميزوسْفير حيثُ الذرّاتُ مُتأيِّنةٌ – أي إنَّها قد خسرَت إلِكْتروناتٍ، وبإمكانِها عَكْسُ المَوجاتِ الرَّاديويَّةِ القَصيرةِ الطُّول المَوجيّ. وتُسَمَّى هذه المِنْطقةُ عادةً الأَيونوسْفير، وهي بالِغةُ الأهمِّيَّة في الإتِّصالاتِ الراديويَّةِ العالميَّة. والطبقةُ التاليةُ هي طبقةُ الستراتُوسْفير التي تَمتَدُّ نُزُولًا حتّى قُرابةِ 15 كم فوقَ سَطْحِ الأرض. هذه الطبقةُ الأبرَدُ تضُمُّ طبقةَ الأوزون؛ وهي حِجابٌ واقٍ يَصُدُّ الأشِعَّةَ فوقَ البنَفْسجيَّة المُؤذيةَ من شَعِّ الشَّمْس – رُغمَ تَضَرُّرِها مؤخّرًا بفِعل الكيماويَّاتِ التي تُطْلِقُها الأَنْشِطةُ البَشَريَّة. هذا وقد تقذِفُ الثَّورانَاتُ البُركانيَّةُ القويَّةُ الغُبارَ والغازاتِ الحامضيَّةَ إلى الستراتُوسْفير. التروبُوسْفير يؤلِّفُ الـ 15كم الأخيرةَ من الغِلافِ الجوّيّ ويَحْوي 80% من كُتْلتِه. وفي هذا الجُزْءِ من الجَوّ، تَجْري عواملُ الطَّقْس العالميَّةُ مَجْراها.

مِيزانٌ دَقيق

الغِلافُ الجَوِّيُّ في توازُنٍ دِينامِيٍّ مُتقَلْقِل. ففي عمليَّةِ التركيب (التخليق) الضوئيّ، تمتَصُّ النَّباتاتُ ثاني أُكسيد الكربون وتُطلِقُ الأُكسجين. الحَيواناتُ، وفي الواقع مُعظمُ الكائناتِ الحيَّة، تَمْتَصُّ الأُكسجينَ في عمليَّةِ التنَفُّس وتُطلِقُ ثاني أُكسيد الكربون وغازاتٍ أُخرى، كالميثان، إلى الجَوّ. الأنشِطةُ البَشَريَّةُ حديثًا تعيدُ الكثيرَ من لكربونِ المُخْتزَنِ في الصُّخور إلى الجَوّ. وهذا يتسَبَّبُ في مُناخٍ عالميٍّ أسخَنَ. كذلك فإنَّ طبقةَ الأوزون في أعالي الجَوّ تَتعَرَّضُ للاستِنْزافِ بِسُرعةٍ نتيجةً للأنشِطةِ البَشَريَّة، مِمّا يُتيحُ للإشعاعاتِ الشمسيَّةِ المُؤذيةِ بُلوغَ سَطْحِ الأرض. وإذا ما استَمَرَّ إحداثُ مثلِ هذا الخَلَل في الغِلافِ الجَوّيّ، فقد لا يَغْدو كوكَبُنا ذلكَ المكانَ الهَنيءَ للعَيش مُسْتَقبلًا.



▲ الدَّورانُ الأجوائيُّ يَنْقُلُ الحرارةَ من خَطِّ الإسْتِواءِ وإليه بواسِطة سِلْسِلةٍ من خلايا الحَمْلِ الحَراريّ. الخَليَّةُ الأُولى – خليَّةُ هادْلي – تَنْقُلُ الهواءَ السَّاخِنَ شمالًا فوقَ المِنْطقةِ المَداريَّة. وتقَعُ المِنْطقةُ المُعتدِلةُ من العُروض الجُغرافيَّة في نِطاقِ تحَكُّم خليَّةِ فِرّل – فيما تُغَطّي خَلِيَّتا القُطبَيْن المِنْطقتَيْن القُطْبيَّتَيْن.



▶ على مَدى أكثرِ من 20 عامًا يَظْهَرُ دَوريًّا في شَهْر تشرين الأوَّل (أكتوبر) من كُلِّ عام ثَقْبٌ في طبقةِ الأُوزون الستراتُوسْفيريَّة فوقَ القارَّةِ القُطْبيَّةِ الجَنوبيَّة. ففي الهواءِ البارِدِ السَّاكِنِ في شِتاءِ هذه القارَّة، تعملُ كيماويَّاتٌ تَحْوي الكلُور، تُسَمَّى مُرَكَّباتِ الكربون الكلورينيَّةَ الفلورينيَّة، على تفكيكِ الأُوزون. هنا يُرْصَدُ الثَّقْبُ حاسُوبيًّا من خِلالِ المُعْطَياتِ التي تَبُثُّها السَّواتلُ الفَضائيَّة.

عالِمٌ يَدْرسُ المُعْطَياتِ الحاسوبيَّةَ المُناخيَّةَ في مَرصَدِ جَبل مُونا لُوَا في هاواي – حيثُ تُسْتَخْدمُ نَبَضاتُ ضوءِ اللَّيْزر لِقياسِ كمِّيَّةِ الغُبار والغازات البُركانيَّةِ والأوزونِ في طَبَقةِ الستراتُوسْفير.

أُنْظُر أيضًا

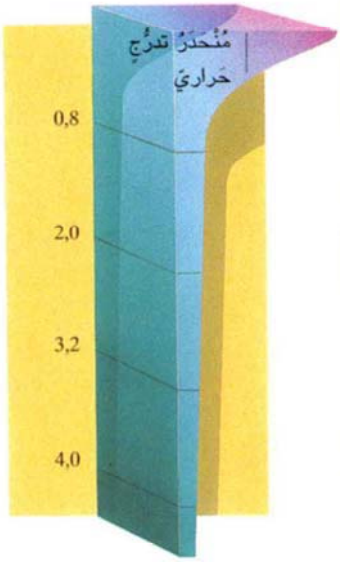
المُناخ ص 36 – 37
النَّبات – عَرْضٌ تشريحيّ ص 56 – 57
تغَيُّرُ المُناخ ص 460

المُحيطات

تُغَطِّي المياهُ ما يَزيدُ على 70% من سَطْح الأرض – حَوالى 2% منها جَليدٌ، وأقلُّ من 1% منها ماءٌ عَذْبٌ وبُخارُ ماء.

مُنْذُ أربعةِ بَلايينَ سنةٍ، كان سَطْحُ الأرض أسخنَ كثيرًا مِمَّا يُمكِنُ لِلماءِ أنْ يتواجَد فيه كَسائل. والماءُ الذي كان يُنْبَعثُ كبُخارٍ في الغازاتِ البُركانيَّة كان ينطلِقُ غازًا يَنْتشِرُ في الفَضاء. ومنذُ حوالى 3,85 بِليون سنة، بردَتِ الأرضُ إلى درجةٍ تسمَحُ بتكَوُّنِ غِلافٍ جَوِّيٍّ من الغازاتِ البُركانيَّة، بما فيها بُخارُ الماء. ثُمَّ مع تزايُدِ بُرودة السَّطْح بدأ بُخارُ الماءِ بالتكاثُفِ مَطَرًا مِدرارًا مُكَوِّنًا المُحيطاتِ في الأماكن المُنْخَفضةِ من سَطْحِ الأرض.

ومُنْذُ تكَوُّنِ المُحيطات، يَستمِرُّ المَطَرُ بالتَّساقُط جارِفًا الأملاحَ والموادَّ الذوَّابةَ الأُخرى من الصُّخور إلى البِحار. لِذا فإنَّ مياهَ البِحار مالِحةٌ. ويُقَدِّرُ الخُبراءُ أنَّ الأملاحَ في المُعَدَّل تُشَكِّلُ حوالى 2,9% من وَزْن مياهِ المُحيطات. بعضُ البِحارِ، كبَحْرِ البَلْطيك، أقَلُّ مُلُوحةً من سِواها بفَضْل وَفرةِ الماءِ العَذْبِ من الأنهارِ التي تَصُبُّ فيها، ولقِلَّةِ التبَخُّر. أمَّا في البَحْر المَيْت، حيثُ التَّبَخُّرُ سَريعٌ جدًّا، فالمُلُوحةُ أكثرُ من المُعَدَّل بستَّةِ أضعاف.



تُسَخِّنُ الشَّمْسُ مياهَ المُحيطِ السَّطحيَّة؛ والأمواجُ تَمْزُجُ المياهَ السَّاخنةَ هذه بمياهٍ أبردَ حتَّى عُمْقِ 100م تقريبًا. ودونَ هذا المُسْتَوى، يكونُ المَزْجُ ضئيلًا وتَهبِطُ درجةُ الحرارة بسُرعة. ويُسَمَّى الحَدُّ بين الطبَقاتِ الساخِنةِ (باللَّوْن الوَرْديّ) والطبقاتِ الباردةِ (باللَّوْن الأزرق) مُنْحَدَرَ التدرُّج الحَراريّ. هذا الحَدُّ يَمْنَعُ المُغَذِّياتِ في مياهِ الأعماق من الانْتِقالِ صُعُدًا.

الأوضاعُ تحتَ السَّطْح

عندما نَتَطَلَّعُ عَبْرَ البَحْر، أو حتَّى عندما نُبْحِرُ أو نَسْبَحُ فيه، فإنَّا لا نُدرِكُ إلّا سَطْحَه. لكِنَّ مُعَدَّلَ عُمْقِ المُحيطاتِ يبلغُ حوالى 5000 مِتْر، وأخاديدُ المُحيطات الأعمقُ تَغُور إلى عُمْق 11 000 مِتْر. وبالمُقارنة فإنَّ جَبلَ إفرِسْت أقصرُ بما يَزيد على كيلومتريْن من عُمْقِ هذه الأخاديد.

وقد تَبْلُغُ درجةُ حرارة بِضْعةِ الأمتارِ العُلْيَا من المُحيطات في المِنْطقة المَداريَّة 26°س. وهي تَخْتَزِنُ الحرارةَ من ضوءِ الشَّمْس نهارًا وتُسَخِّنُ هواء الجَوِّ فوقَها ليلًا. هذه الطبقةُ من مياهِ المُحيطات تَحْوي حرارةً أكثرَ من الغِلافِ الجَوِّيِّ بكامِله. وحيثُ تتواجَدُ مُغَذِّياتٌ في النِّطاق الضوئيّ، الذي تخترقُه أشعَّةُ الشَّمْس، تزدَهِرُ نماءَاتٌ شاسِعةٌ من الطحالبِ البَحْريَّة الدقيقةِ أو العوالِقِ النَّباتيَّة. لكِنَّ المياهَ الدافئةَ تطفُو على السَّطح، وغالبًا ما تكونُ المُغَذِّياتُ نادرةً ما لَم تَنْجَرِفْ نُزولًا مع صَبيب الأنهار أو تُقَلَّبُ صُعُودًا من مياهٍ أعمقَ. وتَحْتَ النِّطاقِ الضوئيّ (الأعمقِ من 200 مِتْر) هناك عالَمٌ مُختلِفٌ تمامًا من المياهِ الباردةِ المُظْلِمة، تَرْتَعُ فيه أنواعٌ عديدةٌ مُختلفة من الكائناتِ الحيَّة. وجديرٌ بالذِّكر أنَّ المُحيطاتِ تُوَفِّرُ الغذاءَ لملايينِ الناس؛ وتَخْتَزِنُ أيضًا قُراراتٍ غنيَّةً من النِّفْطِ والغازِ والمَعادِن.

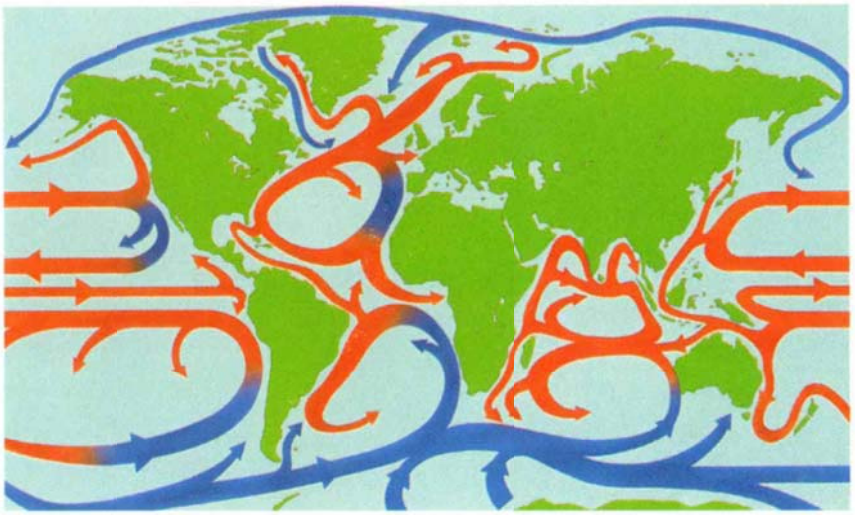
ماءُ البَحْر العاديُّ يَحْوي 96,5% ماء، وحوالى 3% كلوريد الصوديُوم الذي يُكْسِبُ ماءَ البَحْر طعْمَه المالِح. ويَحْوي كذلك مَقاديرَ ضئيلةً من أملاحٍ عديدةٍ أُخرى.

التيَّاراتُ المُحيطيَّة

تدورُ الحرارةُ في المُحيطات في سِلْسلةٍ من التيَّاراتِ الدائريَّةِ أو الدُّوَّاميَّة (الجيُوستروفيَّة) بفِعلِ دَوران الأرض. وحيثُ إنَّها أسيرةُ الرِّياح، فإنَّها تنزعُ إلى الإنْسياب شَزْرًا (باتِّجاه عقارِب السَّاعة) في نِصْفِ الكُرَةِ الشَّماليّ وبَتًّا (ضدَّ اتِّجاه عقارِب السَّاعة) في نِصْفِ الكُرَة الجَنوبيّ. لكِنَّ القارَّاتِ تُشَوِّشُ هذا النَّسَق.

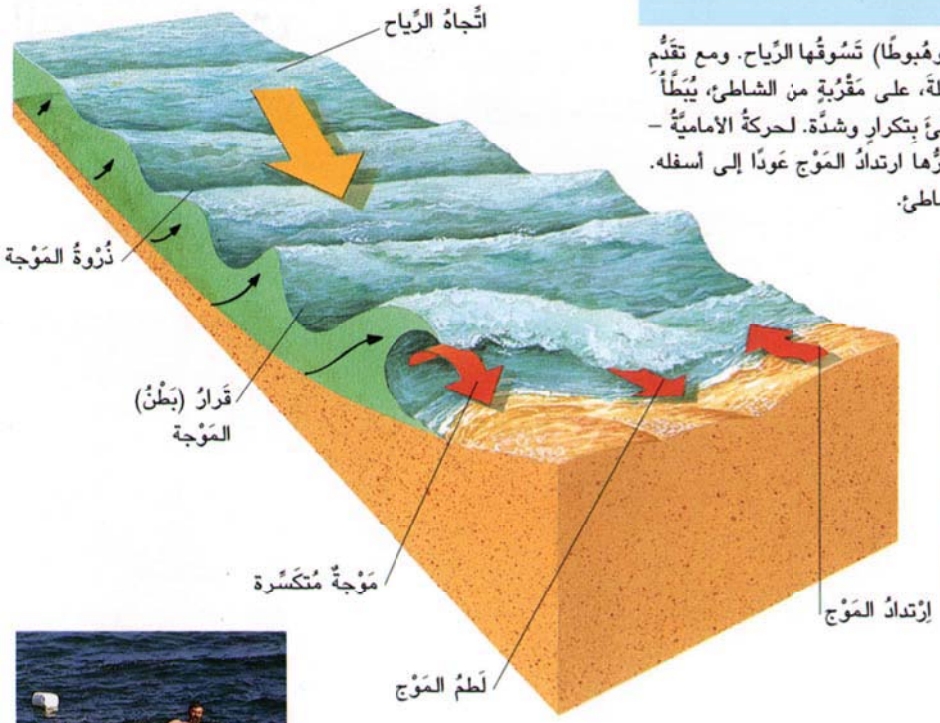
التيَّاراتُ المائيَّةُ على سُطوحِ المُحيطات تَسُوقُها الرِّياحُ السَّائدة. هذه التيَّاراتُ تتحَرَّكُ دُوَّاميًّا (بتأثيرِ تَدويم الأرض). معظمُ التيَّاراتِ الدَّافئة تبدأُ على مَقْرُبةٍ من خَطِّ الاسْتِواء – فيما تبدأُ معظمُ التيَّاراتِ الباردةِ على مَقْرُبةٍ من القُطْبيْن. فتيَّارُ الخليج وتيَّارُ الاِنْسياقِ الأطلسيُّ الشَّماليُّ يَنْقُلان المياهَ الدافئةَ من مضائق فلُوريدا نحو أُوروبا الغربيَّة واسكندِنافية. والتيَّارُ الدُّوَّاميُّ القُطْبيُّ الجنوبيُّ هو تيَّارٌ دائريٌّ من المياهِ الباردة يَنْسابُ شَزْرًا حولَ القُطْبِ الجَنوبيّ.

تيَّاراتٌ باردة
تيَّاراتٌ دافئة



قُدْرةُ المَوْج

تبدأُ الأمواجُ في عُرْضِ المُحيط كذَبْذَباتٍ بَسيطةٍ مُستَعْرِضةٍ (صُعُودًا وهُبوطًا) تَسُوقُها الرِّياح. ومع تقَدُّم المَوْجةِ تَسْري المياهُ بحَرَكةٍ دائريَّة. وعندما تبلغُ المَوْجةُ المياهَ الضَّحْلةَ، على مَقْرُبةٍ من الشاطئ، يُبَطِّأُ الجُزْءُ السُّفْليُّ لِتلك الحركة وتَتكَسَّرُ ذُرَى الأمواج أو تَنْقلِبُ طارِقةً الشاطئَ بتكرارٍ وشدَّة. لحركةُ الأماميَّةُ – أو لَطمُ المَوْج – تجرِفُ الرِّمالَ والحَصَى إلى أعلى الشاطئ – ثُمَّ يَجُرُّها ارتدادُ المَوْج عَودًا إلى أسفله. وحيثما تَلْتقي الأمواجُ بالشاطئ زاويًا فإنَّ الموادَّ ترتكِمُ على طولِ الشاطئ.



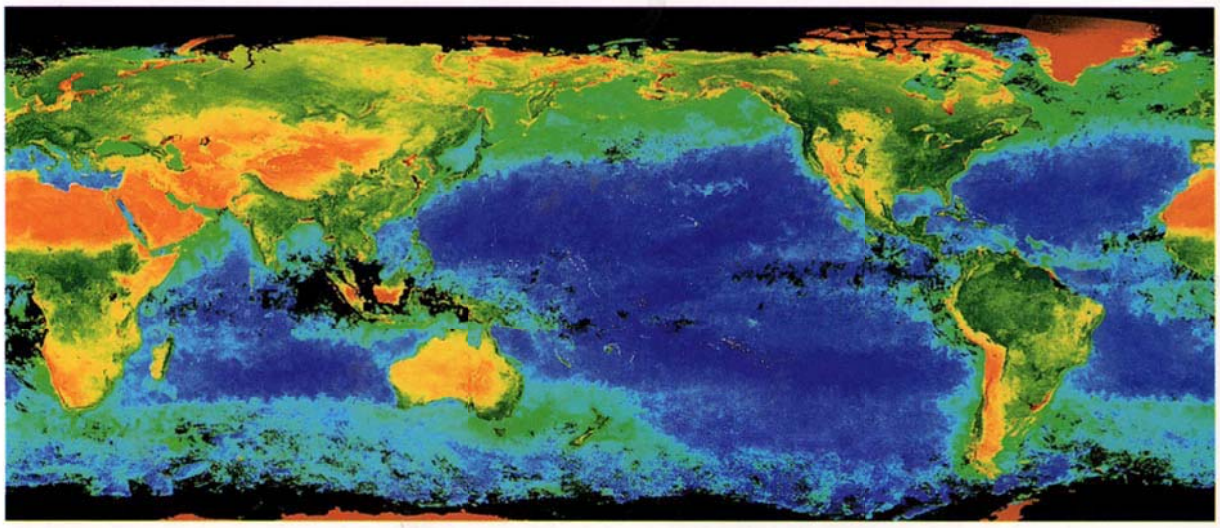
حيثُ تَلْتقي الأمواج العارِمةُ من عُرْضِ المُحيط بالشاطئ، قد ترتكِمُ الموادُّ في مكاسِرِ مَوجٍ رائعةِ المَنْظَر في تحَدٍّ مُثيرٍ، واحيانًا خَطيرٍ، لِراكبي الأَمْواج المتكَسِّرة.

خرائطُ التيَّاراتِ المُحيطيَّةِ السَّطْحيَّةِ الرئيسيَّة لا تُبَيِّنُ الدَّورانَ الذي يَجْري أيضًا في الأعماق. فتيَّارُ الخليج وتيَّارُ الإنْسياق الأطلسيّ الشماليُّ يَجْلِبان مياهًا دافئةً من خليج المكسيك عَبْرَ الأطلسيّ في اتِّجاهٍ شماليٍّ شَرقيّ. وهذا يُبْقي أوروبا الغَرْبيَّةَ والجُزُرَ البريطانيَّةَ دافئةً. ومع مُتابَعة المياهِ الدافئة مسارَها، وتبَخُّرِ بعضٍ منها، تُصبحُ المياهُ تَدْريجيًّا أبردَ وأشدَّ مُلوحةً – وبالتالي أكثفَ. ويَستمِرُّ ذلك حتّى تغدو المياهُ أكثفَ من أنْ تَبْقى على السَّطْح، فتَنُوصُ وتتَّجِهُ جَنوبًا لِتُكْمِلَ دَورانَها كسَيْرِ الناقلة. ولو قُدِّرَ لِسَيْرِ الناقلةِ هذا أنْ يتوَقَّف، لَكانَت فُصولُ الشِّتاءِ في أوروبا الغَرْبيَّةِ باردةً كما الجزءُ الشماليُّ الشرقيُّ من كَنَدا.

اِستِكْشافُ الأعماق

أعماقُ المُحيطاتِ هي أقَلُّ الأنْحاءِ في كوكَبِنا استِقْطابًا لِنَشاط المُستَكْشِفين. فالوُصُولُ إلى تلك الأعماقِ بغَوَّاصةٍ أو حتّى إرسالُ مَرْكبةٍ روبوطيَّةٍ إلى هناك، قد يكونُ أصعبَ وأشدَّ تَعقيدًا من القيامِ بمُهِمَّةٍ فَضائيَّة. فالضغطُ الهاصِرُ في قاعِ المُحيط أعظمُ وأشَدُّ ممَّا تُجابِهُه منهُ أيُّ مركبةٍ فضائيَّة. وقد عُثِرَ في أعماقِ المُحيطات على دِيدانٍ غَريبةٍ وأنواعٍ عمياءَ من القُرَيْدس وحيَّاراتٍ عِملاقةٍ، إضافةً إلى فَجَواتٍ أنبوبيَّةٍ حَرْمائيَّةٍ تَنْقَذِفُ منها مياهٌ تبلغُ درجةُ حرارتها 350°س. ويَرْتئي الخُبراءُ أنَّ البَكتيريا الحيَّةَ التي عُثِرَ عليها في الرُّساباتِ المُحيطيَّةِ العميقة تُلمِحُ إلى أنَّ ما يَزيدُ على العُشْرِ من الأَشكالِ الحياتيَّةِ على الأرض يَقْبَعُ في الطِّينِ والصَّخْرِ تحت القِيعانِ المُحيطيَّة. ويُحْتَمَلُ أنْ تكونَ هذه الأَشكالُ الحياتيَّةُ وثيقةَ الصِّلة بالأنواعِ الأُولى من الكائنات التي استَعْمرَت كوكبَ الأرض.

البَحْرُ المَيْتُ في فَلسطين يتلَقَّى المياهَ بصُورةٍ رئيسيَّةٍ من نَهْر الأُردن. وهذا البَحْرُ مَحْصورٌ لا مَخْرجَ له، فلا يَفقِدُ مياهَه إلّا بالتبَخُّر – وبذلك يَتزايدُ تَرْكيزُ الأَمْلاحِ فيه مِمّا يَجْعَلُ مياهَهُ بيئةً غيرَ مُلائمةٍ لمُختلِف ضُروب الأحياءِ البَحْريَّة. وبسَبب كثرةِ تَرْكيزِ الأملاح في مِياهِ هذا البَحْر تزايَدتْ كثافَتُها بحيثُ يطفُو الجِسْمُ البَشَريُّ على سَطْحها بيُسْرٍ وسُهولة.



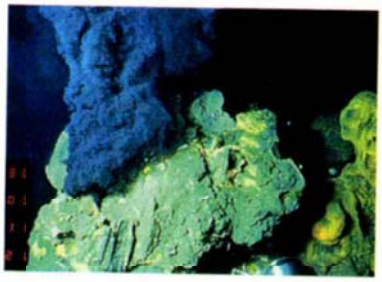
► هذه الصورةُ لِلأرض من ساتلٍ فَضائيّ تُبْرِزُ الخِضْبَ النَّباتيَّ الأخضرَ – اليَخضور «الكلوروفيل» في العوالقِ النَّباتيَّةِ في المُحيطات. ويُلاحَظُ أنَّ تَرْكيزَ هذه العوالقِ (المُبيَّنَ هُنا بالأصْفَر والأخضَر) هو الأعلى حيثُ تَخْتلِطُ المياهُ الدافئةُ والمُغَذِّياتُ الوَفيرةُ مُنْتِجةً ذاكَ الإزدهارَ في نماءِ العوالقِ النَّباتيَّة.

اُنْظُر أيضًا

جَوُّ الأرض (الغِلافُ الجَوِّيّ للأرض) ص 10 – 11
قاعُ المُحيط ص 14 – 15
الحياةُ في المُحيطات ص 440 – 441

قاعُ المُحيط

تتواجَدُ تحتَ سَطحِ البَحْرِ بَراكينُ مُتنوِّعة وحيُودٌ جَبليَّة يبلُغُ طولُها حوالى 70 000 كم، وَوِهادٌ تُقَزِّمُ الجِرانْد كانْيُون (الوادي السَّحيق الذي احتفَره نهر كولورادو في أريزونا، بالولاياتِ المتّحدة الأمريكيَّة). وهذه المَعالمُ كلُّها ظواهِرُ يُستَدلُّ منها على طبيعةِ الأوضاع في باطنِ الأرض.



صورةٌ مُلْتَقطةٌ من غوّاصة تُبيِّنُ نافثةً سوداءَ دخانيَّةَ المَظهَر على عُمْقِ 3100 متر تحت مُستوى سَطح المُحيطِ الأطلسيّ. وتتصاعَدُ من فُتحاتها الصخريَّة مياهٌ غَنيَّةٌ بالمعادن درجةُ حرارتها 350°س، لكِنَّها سُرعان ما تَبْرُدُ مُوَفِّرةً مَثْوًى بيئيًّا للبكتريا البدائيَّة ولأشكالٍ حياتيَّةٍ أُخرى.

مَعالِمُ المُحيطات التي تستوقِفُ الأنظارَ أكثرَ من سواها هي الحُيودُ المُحيطيَّةُ الوسيطة التي تمتدُّ عَبْرَ سطح الأرض كالدَّرْز على سَطح كُرَةِ المَضْرب. وتَنْتَشِرُ على طول هذه الحيُود فُتَحٌ بُركانيَّة تندَلِعُ ببُطءٍ تحت الماء فتَثِرُّ منها الحُمَمُ البُركانيَّةُ (اللّابة) كما يَنْبثِقُ مَعْجونُ الأَسْنان من أُنبوبه. وعندما تُلامِسُ اللّابةُ مياهَ البَحْر الباردةَ، تتصَلَّبُ مُنتِجةً كُتَلًا وِساديَّةَ الشَّكل من البازَلْت الأسودِ الكثيف.

بعضُ هذه الفُتَح يَبْثُقُ كمّيّاتٍ ضخمةً من اللّابة تتراكمُ وترتفِعُ فوقَ سَطحِ البَحْرِ مُكَوِّنةً جُزُرًا بُركانيَّة. وهذا يَحْدُثُ عندما تقَعُ الفُتحَةُ فوقَ ذُؤابةِ صاعدةٍ من المِرادِّ الحارَّة في دِثارِ الأرض. ففي هذه النُّطَقِ تتفتَّحُ الشقوقُ في قاعِ المُحيط وتنتشِرُ طفوحاتُها.

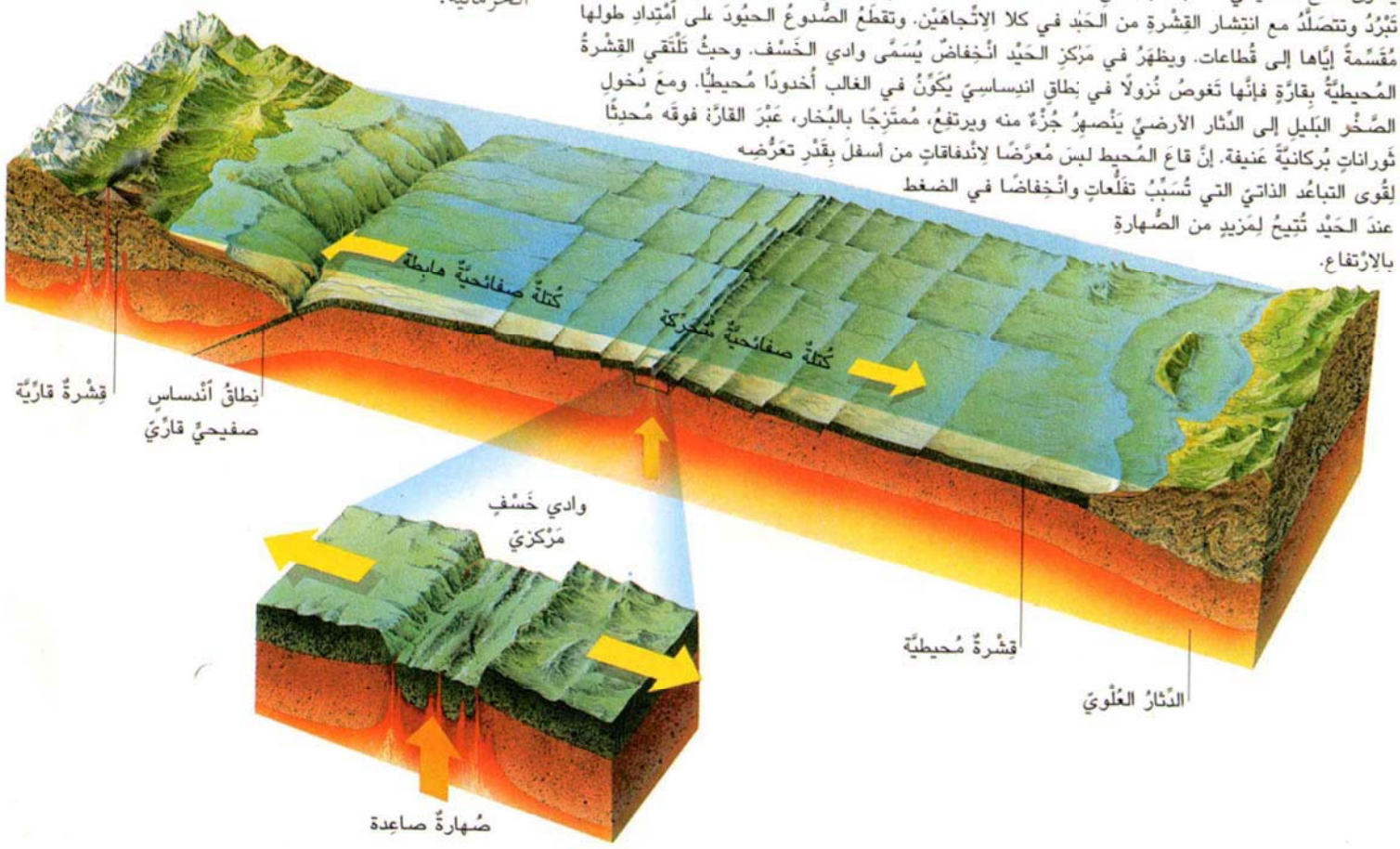
مَنافِثُ حَرْمائيَّة

في المناطقِ التي تَنْتَشِرُ فيها الطُّفوحات البُركانيَّةُ على قاعِ المُحيط يَنِزُّ الماءُ عَبْرَ شُقوقٍ في هذا القاع. وعندما يَمُرُّ فوقَ صَخْرٍ حارٍّ، يَسْخُنُ ويُذيبُ الأَملاحَ والمَعدنيّاتِ الذوّابةَ ثُمَّ يرتفِعُ عَبْرَ شُقوقِ الصخر ويندَفِقُ من المنافِثِ الحَرْمائيَّةِ على درجاتِ حرارةٍ قد تَبلُغُ 350°س. وبفِعْلِ الضغطِ الهائلِ على قاعِ البَحْر فإنَّ الماءَ لا يَغلي على درجةِ الحرارة هذه. ومع تَبَرُّدِ هذا الماءِ تترسَّبُ منه الأملاحُ المُذابةُ فيه كجُسَيْماتٍ دقيقة. وهذا يجعَلُ المياهَ الداكنةَ الغنيَّةَ بالمعادن أشبَهَ بذُؤابةٍ من الدُّخان – لِذا تُسَمَّى هذه المَنافِثُ الحَرْمائيَّةُ أيضًا المَنافِثَ السَّوداء.

المنافِثُ الحَرْمائيَّةُ تُطلِقُ حرارةً ومُركَّباتٍ معدنيَّةً – بخاصَّةٍ كِبْريتيداتِ الفلِزّات. هذه التَّوليفةُ البيئيَّةُ تُوَفِّرُ مَثْوًى مَعاشيًّا لِمُستعمرات البكتيريا والدِّيدانِ الأُنبوبيَّة والقُرَيْدسات العَمْياء والمَحاراتِ العِملاقة. وهذه الكائناتُ هي من بين قِلَّةٍ من المُتعَضِّيات على الأرض التي لا تعتمِدُ على ضوءِ الشَّمْس كمَصدرٍ لِلطاقة. فهي تَسْتَبدِلُ بذلك الطاقةَ التي تَسْتَخلِصُها وتَحْيا بها من المعادنِ الكِبْريتيديَّة من المَنافِثِ الحَرْمائيَّة.

قاعُ المُحيط

يتكَوَّنُ القاعُ المُحيطيُّ المُتَجدِّدُ بارتفاعِ الصُّهارةِ المُسَيَّلةِ من الدِّثارِ الأرضيِّ عند حَيْدٍ مُحيطيٍّ أوسَط. وهي تَبْرُدُ وتتصَلَّدُ مع انتِشارِ القِشْرةِ من الحَيْد في كلا الاتِّجاهَيْن. وتقطَعُ الصُّدوعُ الحيُودَ على امْتِدادِ طولها مُقَسِّمةً إيَّاها إلى قُطاعات. ويظهَرُ في مَرْكزِ الحَيْد انْخِفاضٌ يُسَمَّى وادي الخَسْف. وحيثُ تَلْتَقي القِشْرةُ المُحيطيَّةُ بِقارَّةٍ فإنَّها تَغوصُ نُزولًا في نِطاقِ اندِساسيٍّ يُكَوِّنُ في الغالب أُخدودًا مُحيطيًّا. ومعَ دُخولِ الصَّخْرِ البَليلِ إلى الدِّثارِ الأرضيِّ يَنْصهِرُ جُزْءٌ منه ويرتفِعُ، مُمتَزِجًا بالبُخار، عَبْرَ القارَّة؛ فوقَه مُحدِثًا ثَورانات بُركانيَّةً عَنيفة. إنَّ قاعَ المُحيط لبِسَ مُعرَّضًا لاندفاقاتٍ من أسفلَ بِقَدْرِ تعَرُّضِه لِقُوى التباعُد الذاتيّ التي تُسَبِّبُ تفَلُّعاتٍ وانْخِفاضًا في الضغط عندَ الحَيْد تُتيحُ لِمَزيدٍ من الصُّهارةِ بالارْتفاع.



الطَّرْحُ القارِّيّ

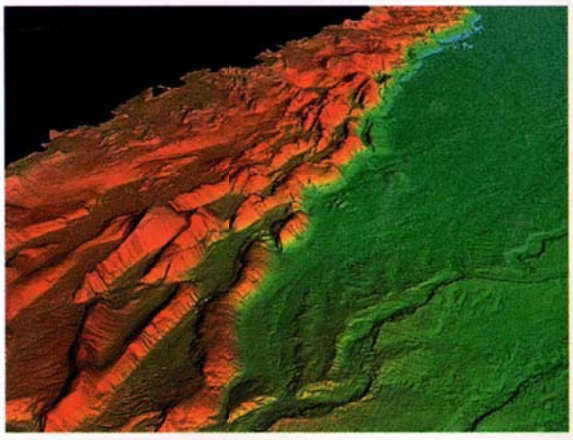
في السِّتينيَّاتِ من القَرْنِ العِشْرين وجدَ العُلماءُ شواهِدَ على انتِشارِ قاعِ البَحْر عندما اكتشفوا أشرِطةَ مغْنَطةٍ في الصُّخورِ على جانبَي الحيُود. هذه الأشرِطةُ تُسجِّلُ انْعِكاساتِ مَجال الأرض المِغْنطيسيّ التي تَحْدُثُ كُلَّ نِصْفِ مِليون سنةٍ تقريبًا. فمَغْنطةُ صَخْرِ القِشرة مُجمَّدةٌ في الاتِّجاه الذي كان يتَّخِذُه مجالُ الأرض المِغْنَطيسيّ عندما برزَ هذا الصَّخْرُ إلى السَّطْح عندَ الحَيْدِ وتَصَلَّب.

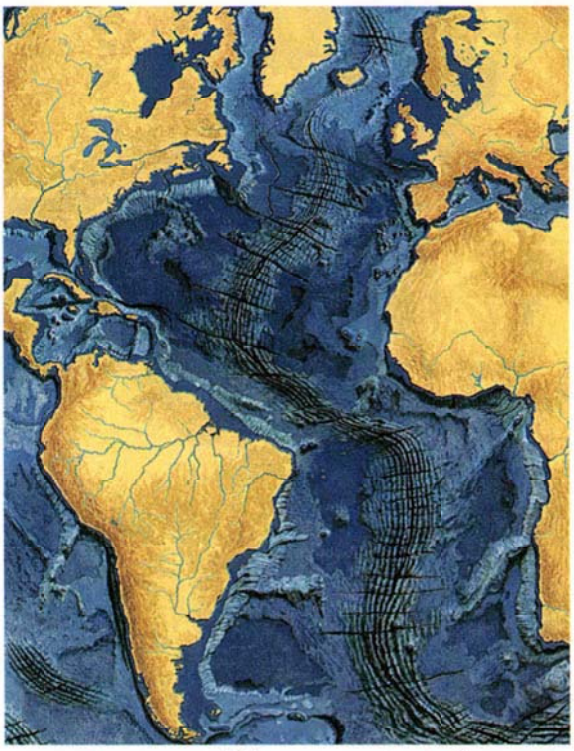
إنَّ عُمْرَ أيِّ قِشْرةٍ مُحيطيَّة يكادُ لا يَزيدُ على مئةِ مِليون سنة، وهو جُزءٌ ضئيلٌ من عُمْرِ الأرض؛ فأينَ تَذْهَبُ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ العَتيقة؟ الجيولوجيُّون يُسَمُّون عمليَّةَ استِهلاكِ القِشْرة المُحيطيَّة الطَّرحَ القارِّيّ. فعندما تصطدِمُ صفيحةٌ من القِشْرةِ المُحيطيَّة بإحدى القارَّات، فإنَّ القِشْرةَ تَنْزلِقُ مُنْدَسَّةً تحت القارَّة. فتكْشَطُ الرُّساباتُ البَحْريَّةُ القاعيَّةُ من سَطح القِشْرة الهابطة وتَتراكَمُ كحيُودٍ من الطَّمْي. وتبدأُ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ بالانْصِهار عندما تدخلُ الدُّثارَ الحارّ؛ فيُكوِّن الماءُ في القِشْرة بُخارًا عاليَ الضغط يُمكِنُه دَفْعُ صُهارةِ الصَّخر الحارَّة صُعُدًا عَبْرَ بَراكينَ إلى السَّطْح. وتُشَكِّلُ هذه الظاهِرةُ نِطاقًا قَوْسيًّا من النَّشاطِ البُركانيِّ يُسَمَّى حَلْقةَ النار حولَ المُحيط الهادي.

الانْجرافُ القارِّيّ

يَزْدادُ تَوسُّعُ المُحيطِ الأطلسيّ بِمُعدَّل 3 إلى 4 سم سَنَويًّا. وَيَنْتَشِرُ القاعُ المُحيطيُّ في بعضِ أجزاءِ المُحيط الهادي قُرابةَ 10 سم في السَّنة. وقد يَبْدو ذلك بطيئًا، لكِنَّه يُمكِنُ أنْ يتسَبَّبَ بانتِشارٍ يَبْلُغُ عِدَّةَ آلافٍ من الكيلومترات على مَدى مِئاتِ ملايينِ السِّنين. فالمُحيطُ الأطلسيُّ، مثلًا، لم يكُنْ مَوْجودًا قَبْلَ 80 مليون سنة. لكِنْ بفعْلِ انتِشار قاعِ البَحْر على مَدى مَلايين السِّنين، فإنَّ مِساحةَ المُحيطِ الأطلسيّ اليومَ تَبْلُغُ حوالى 82 مليون كم^2 في حين تبلغُ مِساحةُ المُحيط الهادي أكثرَ من 180 مليون كم^2.

مُنْذُ حوالى 250 مليون سنة، كانت جميعُ قارَّاتِ الأرض مُنضمَّةً في قارَّةٍ عِملاقةٍ تُسمَّى بانْجيا «أمّ القارَّات». ومنذُ





هذه الخريطةُ لِقاعِ المُحيطِ الأطلسيّ تُبيِّنُ حيدَ وَسَط الأطلسيّ مُتمَعِّجًا من أيسلَنْدا شَمالًا إلى الجُزْءِ الجنوبيّ الأقصى من الأطلسيّ الجَنوبيّ. المُحيطُ الأطلسيُّ تكوَّنَ منذُ حوالى 80 مليون سنةٍ بعْدَ انْفِلاقِ القارَّةِ البملاقة چِنْدوانا (أُمّ القارّات في نِصْفِ الكُرَة الجنوبيّ) وانْفصالِ قارَّةِ أمريكا الجنوبيَّة عن قارَّة إفريقية الذي تَبْدو آثارُه بتَواؤم شَكْلِ السَّاحِل الشرقيّ لأمريكا الجنوبيَّة مع شكل السَّاحِلِ الغربيّ لإفريقيا.

حوالى200 مليون سنة انشَطرت پانْجيا إلى چُنْدوانا جَنوبًا وَلُوراسْيا شَمالًا. ثُمَّ تفلَّقَت هاتانِ القارَّتان مُجدَّدًا وتباعَدت شُدُفُها انسِياقًا بانتشار قاعِ البَحْر في الفَجَواتِ بينهما.

وفيما يُمكِنُ لِلْمُحيطاتِ الانتشارُ من حيُودٍ في وسَطِها، فإنَّها يُمكِنُ أيضًا أنْ تَتلاشَى بتَحَرُّكِ الكُتَلِ الأرضيَّة وتقارُبِها. وبهذه الطريقة أصبحَتِ الهِنْدُ مُتَّصِلةً بآسيا وإفريقية، واتَّصلَت إيطاليا بأوروبا. كذلك فإنَّ الرُّساباتِ التي كانت سالفًا تُغَطِّي قاعَ المُحيط تراكمَت لِتكوِّنَ هضبةَ التِّبت وجبالَ الجُورا بين سويسرا وفرنسا. وقد غاصَتِ الكُتلةُ الصفيحيَّة البازلتيَّة لِقاعِ المُحيط عائدةً نُزولًا إلى الدِّثارِ الأرضيّ.

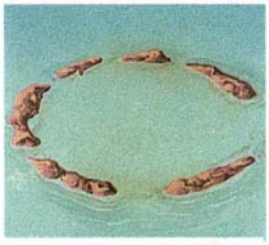
رُسِمَت هذه الصورةُ لِقاع المُحيط الهادي باستِخْدام نَبَضاتِ السُّونار (السَّبْر بالصَّدى تحتَ الماء). وهي تُظهِرُ الرَّفَّ القارِّيَّ على مَبْعَدةٍ من ساحلِ أوريغون، بالولايات المتَّحدة الأمريكيَّة. والتلوينُ الصُّنْعيُّ يُبَيِّنُ عُمْقَ المُحيط: من الأبيض لِمُسْتوى سَطح البَحْر، إلى البُرتقاليّ لِعُمْق 1000 م، إلى الأصفر لِعُمْق 2000 م^2 إلى الأزرق لِعُمْق 3000 م. أمّا الحيُودُ الطويلةُ فهيَ رُساباتُ قاعِ البَحْر التي تراكَمَت حيثُ انْزلقَتِ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ تحتَ حافَّةِ القارَّةِ الأمريكيَّةِ الشَّماليَّة.

انْظُر أيضًا

بِنْيةُ الأرض ص 8 – 9
المُحيطات ص 12 – 13
الانْجرافُ القارِّيّ ص 16 – 17

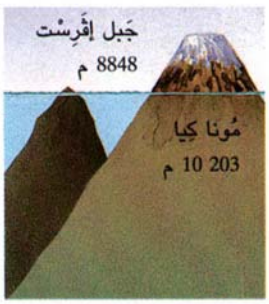
بُرْكانٌ يرتفِعُ عَبْرَ سَطح البَحْر

نِطاقٌ مَرجانيّ يَتنامَى معَ انْسحات البُركان



بقاءُ النِّطاقِ الحَلقيِّ المَرْجانيّ بعدَ زَوالِ البُركان

▲ تَتشَكَّلُ سِلْسِلةٌ من الجُزُرِ البُركانيَّة حيثُ تَغوصُ صفيحةٌ من القاع المُحيطيّ لِتَنْدَسَّ تحتَ أُخرى. ففي المياه المَداريَّة، تتكوَّنُ شِعَابٌ مَرْجانيَّةٌ حولَ الجُزُر. ومع مُرورِ الزَّمَن، يَنسَحِتُ الصَّخْرُ البُركانيُّ الليِّنُ مُخَلِّفًا رِيفًا مَرْجانيًّا حَلْقيًّا يُسَمَّى أتولًا.



يرتفِعُ جبلُ مُونا كِيا في هاواي 10 203 م من قاعِ المُحيطِ الهادي. وبالمُقارنة فإنَّ جَبلَ افَرِسْت أخفَضُ منه بحوالى 1350 م.

الإنْجرافُ القارِّيّ

كُتَلُ اليابِسة تتحَرَّكُ حولَ سَطحِ الأرض. وهي على مَدى ملايينِ السِّنين، انفصلَت وتفرَّقت وتضامَّت معًا لِتُشَكِّلَ القارَّاتِ الحاليَّة.

يتألَّفُ سَطحُ الأرض اليابِسُ من صفائحِ القِشْرة المُحيطيَّة والقِشرة القارِّيَّة. وتَطفو كِلا النِشرتَيْن فوقَ طبقة الصَّخْرِ الأكثفِ للدِّثار الأرضيّ. رُغْمَ أنَّ الصَّخرَ الدِّثاريَّ جامدٌ، فإنَّ الضغطَ الهائلَ ودَرجةَ الحرارةِ في طبقة الدِّثار تَجعلانِه يَنْسابُ كمَعجونٍ غليظِ القَوام.

إنَّ انْتِقالَ الحرارة من اللُّبِّ الأرضيّ يجعَلُ صَخْرَ الدِّثار يرتفِعُ من اللُّبِّ نحوَ السَّطح ثُمَّ يَغوصُ عائدًا إلى اللُّبِّ، تمامًا كما يُدَوِّمُ الماءُ حولَ قِدْرٍ فوق مَوْقِدٍ حارٍّ في عمليَّة الحَمْلِ الحراريّ. ونتيجةً لِتحَرُّكِ سَطحِ الصَّخْرِ الدِّثاريِّ تَنْجَرِفُ القارَّاتُ ببُطءٍ حولَ قِشْرةِ الأرض.

▲ قبْلَ 200 مِليون سنَة، لم يكُنْ هناك سِوى بانْجيا «أُمِّ القارَّات» – القارَّة العِملاقة (1). وقبْلَ 100 مليون سنة، كانت أمريكا الشَّماليَّةُ تَنْفَصِلُ بعيدًا عن أوروبا (2). ثُمَّ مُنْذُ حوالى 80 مليون سنة، كانت إفريقية على وَشك التَّصادُم مع أوروبا، وكانت الهِنْدُ تَتَّصِلُ بآسيا (3). وبَعد حوالى 50 مليون سنة من الآن، يُحتمَلُ أنْ تكونَ إفريقية قد اتَّصلت بأوروبا، وأنَّ أمريكا الشماليَّة ستكونُ قد انفصلَت عن أمريكا الجنوبيَّة واتَّصلت بآسيا (4).

القِشْرةُ القارِّيَّة

القِشْرةُ المُحيطيَّةُ طبقةٌ من البازَلْت الكَثيف لا يَزيدُ سُمْكُها على سِتَّةِ أو سَبْعةِ كيلومترات، ورُبَّما مع رُسابات فوقَها. والقِشْرةُ القارِّيَّةُ أسمَكُ بكثير – إذ يَبلغُ سُمْكُها في المُعدَّل 30 كيلومترًا، ويزدادُ إلى 60 كيلومترًا في سَلاسِلِ الجِبال. لكِنَّها أقلُّ – كونَها في مُعْظمِها غرانيتيَّةً غنيَّةً بالسِّليكا والرُّسابات – كثافةً من القِشْرةِ المُحيطيَّة فتطفُو كالجُفاءِ على سَطحِ الأرض. وكجَبَلِ الجليدِ الطافي في الماء، فإنَّه كُلَّما ازدادَ ارتفاعُ الجبال يزدادُ عُمْقُ جُذورِ القارَّة في طبقةِ الدِّثار.

النِشرةُ المُحيطيَّةُ مُستَمِرَّةُ التكَوُّنِ والتَّدْمير؛ وهكذا فإنَّ رُسابَها جديدةٌ نِسبيًّا. لكِنَّ المادَّةَ القارِّيَّةَ لا تزالُ تَتراكَمُ منذُ نَصَّلُبِ سَطحِ الأرض. ويَبْلُغُ عُمْرُ المادَّةِ في مَرْكز بعض القارَّات، كأُستراليا وأمريكا الشماليَّة، حوالى أربعةِ

أُخِذَ هذا المَنْظَرُ لِجبال الأنْديز من على مَكُّوكٍ فضائيٍّ تابعٍ لِوَكالةِ الفَضاءِ والطيران الأمريكيَّة (ناسا). تمتَدُّ سِلْسِلةُ الجبال هذه مسافة 8900 كيلومتر على طُولِ السَّاحلِ الغربيّ لأمريكا الجَنوبيَّة. وهي قد تكوَّنت باحديدابِ حافَّةِ الصَّفيحةِ القارِّيَّةِ تحت ضغطِ الصَّفيحةِ الپاسيفيكيَّة الواقعةِ غَرْبَها.

بَلايين سَنة. وتَزْدادُ القارَّةُ سُمْكًا نتيجةً لِتراكُمِ الرُّساباتِ حوْلَ حَوافِّها، وقَذْفِ البراكينِ صُخورًا جديدةً فوقَ سَطحِها، وحَقْنِ الصُّخورِ المَصْهورةِ في قاعدتها.

وحيثُ تَنْدفِعُ القاعدةُ سَفْلًا إلى الحَدِّ الأقصى في طبقةِ الدِّثار، فإن سُخونَتَها تَتزايدُ؛ وقد تبدأُ بالإنصِهار، الذي من نتائجِهِ تكَوُّنُ الجِرانيت. وقد تتصاعدُ كُتَلٌ جِرانيتيَّةٌ ضخْمةٌ عَبْرَ القارَّةِ كفقاقيعَ عِملاقةٍ في سائلٍ بفَضْلِ تَزْليقِها بِرُطوبةِ الصُّخور التي كَوَّنَتْها. وأثناءَ تصَلُّبِ الجِرانيت يَشوي الصُّخورَ حولَه مُكوِّنًا منها كُتلًا ضَخمةً من الصُّخورِ البِلَّوريَّة. وحيثُ تتعرَّضُ هذه الصُّخورُ لِلْحَتِّ السَّطْحيِّ، فإنَّها تكَوِّنُ بَراحاتٍ جِرانيتيَّةً قَفْراءَ كبِطاح دارتْمور الخلَنْجيَّة في إنكلترا.

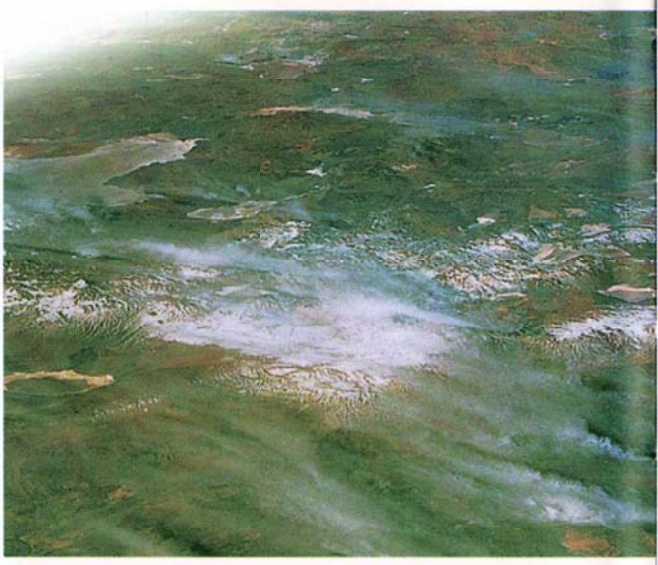
الصَّفائحُ التكتُونيَّةُ (البِنْيويَّة) لِلقِشْرة الأرضيَّة مُبَيَّنَةٌ هنا بألوانٍ مُختلِفةٍ. الأسهُم الحمراءُ على الخريطة تُبَيِّن اتِّجاهَ تَحرُّكِ كُلِّ صَفيحة. بعضُ هذه الصفائحِ تَنْجرِفُ مُتَباعدةً وبعضُها تتحَرَّك معًا وبعضها تتَحاكُّ واحدتها عَبْرَ الأُخرى. والمَعروف أنَّ مُعظمَ البراكينِ والزَّلازل تَحْدثُ في حَوافِّ هذه الصفائحِ التكتُونيَّة.

اتِّجاه تحَرُّكِ الصفائح القارِّيَّة

حَدٌّ مُتَباعِدٌ

حَدٌّ مُتَقارِب

صَدْعُ تَحْويل

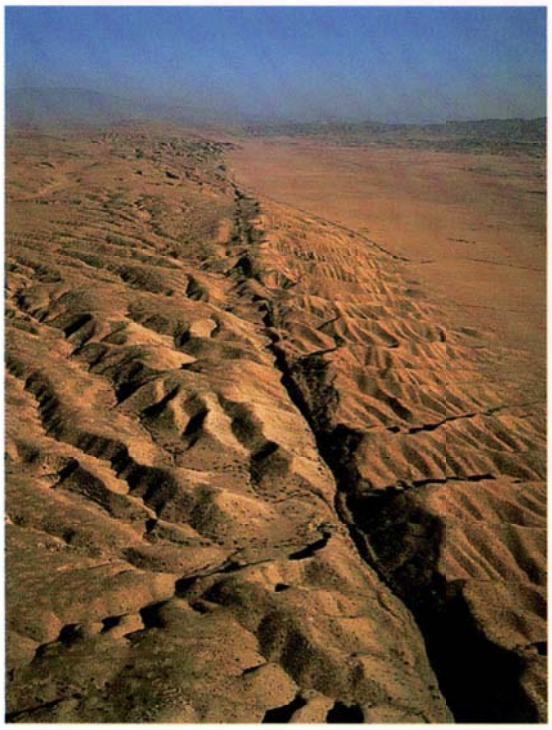


تِكْتُونِيَّاتُ (بِنْيَوِيَّات) الصَّفائح

الكُتَلُ اللوحيَّةُ لِلقِشْرَتَيْن القارِّيَّةِ والمُحيطيَّة التي تَنْجرِفُ مُنساقةً حولَ سَطحِ الأرض تُسَمّى الصَّفائحَ. ونَظَرِيَّةُ التكتُونيَّاتِ (البِنيَوِيَّات الصفائحيّة) تَسْتَعرِضُ كيفيَّةَ انْشِطارِ هذه الصفائحِ وتَحرُّكاتِها وتصادُمِها لِتُكَوِّنَ سَطْحَ الأرضِ كما هو عليه اليومَ.

الصفائحُ التكتُونيَّةُ لا تَتحرَّكُ بِجُسُوءَةٍ عَبْرَ سَطحِ الأرض. فالقارَّاتُ قد تَتَمَدَّدُ أثناءَ تحرُّكِها؛ وبذلك التمدُّدِ، تَغْدو القِشْرةُ أرَقَّ ويهبِطُ مُسْتَوى السَّطح. فقد تَشكَّلَ وادي الخَسْفِ العَظيم، الذي يَمتَدُّ من سُوريا إلى مُوزَمْبيق، حِينَ تَمَدَّدتِ القارَّةُ الإفريقيَّةُ عِند نُقْطةٍ ضَعيفة؛ كما تَشكَّلَ بَحْرُ الشَّمال عندما تَمَدَّدَتِ القارَّةُ الاوروبيَّةُ. وإذا تَمَدَّدَتِ الصَّفيحةُ القارِّيَّةُ بِمِقدارٍ كبير، فإنَّها قد تَتَشَقَّقُ وتَتشَكَّلُ مِنْ ثَمَّ قِشْرةٌ مُحيطيَّةٌ جديدةٌ بين الشُّقَف.

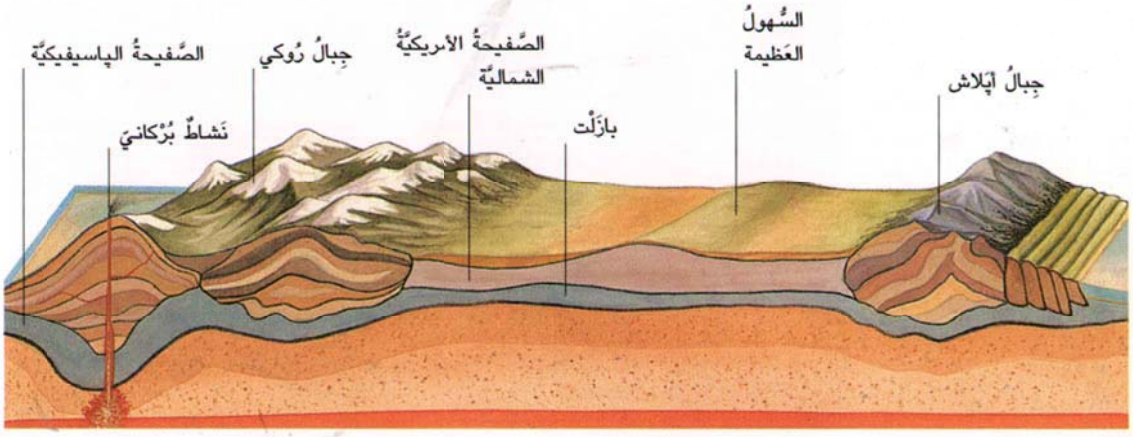
عندما تتصادَمُ الصفائحُ القارِّيَّةُ تَتحَدَّبُ عِند الحَوافِّ وتُكَوِّنُ سَلاسِلَ جَبليَّة. فجِبالُ الأَلْب تَشكَّلَت عندما تصادمَت إفريقية مع أوروبا. أمّا جبالُ الهِمالايا فقد تَشكَّلَت عندما ارتطمَتِ الهِنْدُ بالقارَّةِ الآسيويَّة بشِدَّة، وهي لا تزالُ ترتفِعُ بِفِعْلِ دَفْعِ الصَّفيحتَيْن القارِّيَّتَيْن مَعًا.



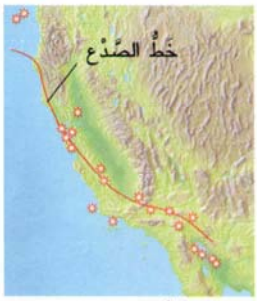
خُطوطُ الصَّدْع

الحَدُّ الفاصِلُ بين صفيحَتَيْن تِكْتُونيَّتَيْن يُسَمَّى صَدْعًا. فعندما تَتحرَّكُ صَفيحتانِ مُتَجاوِرَتان باتِّجاهَيْن مُخْتَلِفَيْن، فإنَّهما تتحاكّان واحدتُهما بالأُخرى. ومِثْلُ هذا يَحْدُثُ في صَدْعِ سانْ أنْدرياس على مَقْرُبةٍ من ساحلِ كاليفورنيا. وإذا ما استَمَرَّ التَّحاكُّ عندَ الصَّدْع على مَدَى شُهورٍ أو سِنين، فإنَّ إجهادًا هائلًا قد يَتَنامَى في الصُّخور المُحيطيَّة حتّى يَنْطاعَ الصَّدْعُ مُنْهَفِتًا لِتحرير الإجهاد - فتكونُ النتيجةُ زِلْزالًا.

ورُغْمَ نَّ القارَّاتِ لا تَنْجرِفُ إلَّا بِضْعَ سَنْتيمتراتٍ في السَّنة، فإنَّه يُمكِنُ اقْتِفاؤها بِدِقَّة بواسِطةِ اللَّيزار أو بِرَقابةِ السواتل التي تَقيسُ التحَرُّكَ عندَ خُطوطِ الصَّدْع. كذلك يستطيعُ الجيولوجيُّون اقْتِفاءَ تاريخِ الإنْجِرافِ القارِّيِّ بتَقَصِّي مِغْنَطيسيَّةِ لصُّخورِ البُركانيَّةِ التي تُسَجِّلُ المَجالَ المِغْنَطيسيَّ في مكانٍ وزَمانٍ تصَلُّبِ تلك الصُّخور.



► تُطِلُّ هذه الصُّورة في اتِّجاهٍ جنوبيٍّ شرقيّ على امْتِدادِ صَدْع سانْ أنْدرياس في كاليفورنيا، بالولايات المتّحدة الأمريكيَّة. ويُقَرِّرُ الجيولوجيُّون أنَّ الصفيحةَ الپاسيفيكيَّة (إلى اليَمين) تتحَرَّكُ في اتِّجاهٍ شماليٍّ غربيٍّ بالنِّسبة إلى الصَّفيحةِ الأمريكيَّة الشَّماليَّة.



▲ تُبَيِّنُ النُّجَيْماتُ على هذه الخريطة المَراكِزَ السَّطحيَّةَ لِزَلازِلَ أرضيَّةٍ سالِفةٍ على امْتِدادِ صَدْعِ سانْ أنْدرياس. والواقِعُ أنَّه من العَسير التَنَبُّؤُ بمَكانِ وزَمانِ حُدوثِ الزِّلْزالِ الأرضيَّةِ التالية.

هذه الصورةُ تُبَيِّنُ رُكْمَةً من كُتَل الجرانيت على نَشَزٍ (بقايا تَلٍّ مَخْروطيّ) في دارتْمُور، بإنكلترا. لقد تصَلَّب الجرانيتُ من صُهارةِ الصَّخْرِ التي انبَثَقَت فقاقيعَ من طبقةِ الدِّثار. ومع مُرورِ الزَّمَن، انمَحَتِ التَّلَّةُ وتآكَلَت بتَجْوِيةِ الرِّياحِ والأمطار مُخَلِّفةً الجرانيتَ الصَّلْدَ مَكْشوفًا.

► الصَّفيحةُ القارِّيَّةُ الأمريكيَّةُ الشَّماليَّة. لقد حَدَّبَ ضغطُ الصفائحِ المُجاورةِ حوافَّ القارَّةِ مُشَكِّلًا سَلاسِلَ جَبليَّةً شاسِعةً كالروكي غربًا والأپَلاش شَرقًا. وهنالك براكينُ في الغَرْب، حيثُ تَغُوصُ الصَّفيحةُ الپاسيفيكيَّةُ تحتَ الصَّفيحةِ القارِّيَّة.

اُنْظُر أيضًا

بِنْيةُ الأرض ص 8 - 9
الزَّلازل ص 20 - 21
تشَكُّلُ الجِبال ص 22 - 23

البَراكين

البُركانُ فُتحةٌ في قِشْرةِ الأرض تتفجَّرُ وتَثُورُ عَبْرَها حُمَمُ اللَّابةِ المَصْهورةِ والشَّظايا الصَّخْريَّةُ والرَّمادُ والغازات. وفي حالاتٍ كثيرةٍ، تُشَكِّلُ الحُمَمُ اللَّابيَّةُ وشظايا الصَّخرِ والرَّمادُ جَبلًا حولَ الفُتْحة.

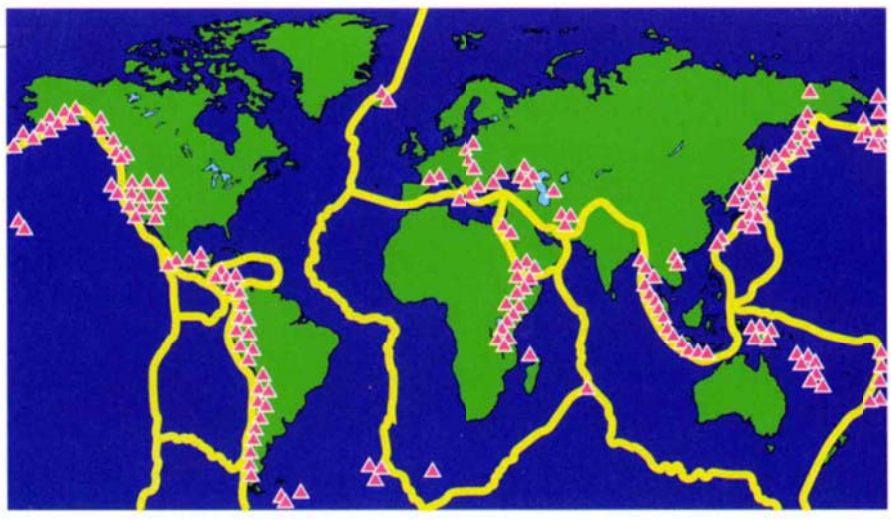
تُظْهِرُ هذه الصُّورةُ جبلَ إتْنا في صقلِّية ثائرًا في دُجَى الليل. الإنْدِفاقاتُ الغازيَّةُ تَرُدُّ كُتَلًا من الصُّهارةِ عَبْرَ قصَبة البركان إلى فوهةٍ رئيسيَّةٍ، مُحْدِثةً نافورةً ناريَّةً رائعةَ المَنْظَر.

سلِفًا كان يَسودُ الاعتِقادُ أنَّ البَراكينَ تُسَرِّبُ صَهيرَ الصَّخر والغازاتِ من لُبِّ الأرض مُباشَرةً. والواقِعُ هو غيرُ ذلك. فمعَ تَصاعُدِ الصَّخْرِ الجامدِ الحارِّ في طبقةِ الدِّثار، يَنْخَفِضُ الضغطُ عليه ويأخذُ جُزْءٌ ضَئيلٌ منه بالإنْصِهار. صُهارةُ الصَّخْرِ هذه أقلُّ كثافةً من الصَّخْر الجامد - فتَنْدحِسُ عَبْرَ فَجَواتِه كالماءِ من الإسْفَنج. وتُحدِثُ الصُّهارةُ الصاعدةُ قَنَواتٍ واسِعةً في القِشْرةِ خِلالَ انْدِفاعِها نحوَ السَّطح. وعندَ أنْبِاقِها إلى السَّطْح يهبِطُ الضَّغْطُ الواقِعُ عليها فتَدْفعُها الغازاتُ المُذابةُ فيها دافِقةً إيّاها عَبْرَ الفُتْحةِ كحُمَمٍ لابيَّةٍ ثائرة.

أنماطُ البَراكين

يعتَمِدُ سُلوكُ البُركانِ على نَمَطِ الصُّهارةِ التي تُوَقِّدُه. فالبراكينُ، كتِلْكَ الواقِعةِ على مَقْرُبةٍ من هاواي وأيْسلَنْدا، هي براكينُ جاثِمةٌ فوقَ قِمَّةٍ ذُؤابةٍ صاعِدةٍ من صُخورِ الدِّثار الحارَّة تُسَمَّى نُقطةَ حارَّة. واللَّابةُ، التي تَتَفَجَّرُ من هذه البراكينِ مَصْدرُها أعماقٌ سَحيقةٌ قد تَبْلغُ أحيانًا أكثرَ من 150 كم داخِلَ طَبَقةِ الدِّثار. ويَختلِفُ تركيبُ هذه اللَّابةِ عن تركيبِ الدِّثار حيثُ إنَّ جُزْءًا ضئيلًا فقَط من صَخْرِ الدِّثارِ يَنْصهِر. هذه اللَّابةُ سَيَّالةٌ وهيَ مَصْهورةٌ وتتصلَّبُ كبازَلْتِ كثيفٍ أسود. وبسَبب سُيولَتِها السيَّالة فإنَّ بمَقْدورها الإنْصِبابَ عَبْرَ الشُّقوقِ بسُرعاتٍ فائقة، والاسِيابَ عَبْرَ البِطاحِ بسُرعاتٍ تَصِلُ إلى 50 كم في السَّاعة. وحيثُ يتفَجَّرُ هذا النمطُ مِن البَراكين تحتَ الماء، تَبْرُدُ اللَّابةُ بسُرعةٍ فتَبْني بتَصلُّبِها جُزُرًا بُركانيَّةً. وحيثُ تَنْطَلِقُ فقاقيعُ الغاز عَبْرَها، فإنَّ اللَّابةَ السيَّالةَ تندلِعُ في نوافيرَ رائعةِ المَنْظَر. ولِكَونِ هذا النَّوعِ، من اللَّابة يَنْسابُ بحُريَّةٍ، فإنَّ الثَّوَراناتِ تكُونُ سَلِسةً أكثَرَ منها تَفَجُّريَّة.

وهنالك نَمَطٌ مُختلِفٌ من البَراكين يتَواجدُ حيثُ تغوصُ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ تحتَ حافَّةٍ قارِّيَّة - إذْ تَنْصهِرُ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ جُزْئيًّا مُكوِّنةً لابَةً دَبِقةً غنيَّةً بالسِّليكا وتَحْوي بعضَ الماء. وخِلالَ ثَوَرانٍ بُركانيٍّ، فإنَّ الهبُوطَ المُفاجئَ في الضَّغْطِ يتَسبَّبُ بتحَوُّلِ ماءِ اللَّابةِ إلى بُخار مُنْتِجًا تَفَجُّرًا من الرَّمادِ والغازاتِ الحارَّة، ويَنْسابُ ذاك المَزيجُ اللاهِبُ نُزُولًا على جوانبِ البُركان بسُرعةِ 200 كم في السَّاعة كهَيارٍ مُتأجِّجٍ يُسَمِّيه الفرنسيُّونَ ما ترجمته سَحابةً بُركانيَّةً مُتَوهِّجة.



► تُمَثِّلُ هذه الخَريطةُ مواقِعَ البَراكين الناشِطةِ كمُثَلَّثاتٍ حمراء. ويُلاحَظُ أنَّ مُعظمَ البراكينِ يَقَعُ على مَقْرُبةٍ من حُدودِ الصَّفائحِ القارِّيَّة (بالأصْفر). وبَعْضُها يَقَعُ فوقَ نِقاطٍ حارَّةٍ في دِثارِ الأرض.

البَراكينُ الصَّدْعيَّةُ تندَلِعُ عَبْرَ شُقوقٍ ضَيِّقة.

البراكينُ الدِّرْعيَّةُ تَبُزُّ طُفوحاتٍ لابيَّةً سَيَّالةً تَنْسابُ من عِدَّةِ فُتحات وتنتشِرُ فوقَ مساحاتٍ شاسِعة.

البراكينُ القُبَّيَّةُ تتشكَّلُ من اللَّابة الدَّبِقة.

البراكينُ المَخْروطيَّةُ تتشَكَّلُ من الرَّمادِ البُركانيّ.

البراكينُ المُرَكَّبةُ قد تكونُ ذاتَ فُتَحٍ جانبيَّةٍ مُتعَدِّدة.

القُوَّهاتُ البُركانيَّةُ الضَّخْمةُ (الكَلْديرات) تتشَكَّلُ بالثَّوَراناتِ المُتفَجِّرة.

▲ يعتَمِدُ شَكْلُ البُركانِ على نَمَطِ اللَّابة التي يَقْذِفُها وكيفيَّةِ ثَوَرانها. فالبَراكينُ المَخروطيَّةُ تتَشكَّلُ من طَبَقات من الرَّمادِ والحُمَم البُركانيَّةِ المُرتَذَّة من فُوهةٍ أو وَهْدةٍ مَرْكزيَّة. الكَلْديراتُ (القُوَّهاتُ الضَّخمةُ) تتَشكَّلُ عندما يَتَنفَّخُ البُركانُ أوَّلًا ثُمَّ يَثورُ بانفِجارٍ عَنيف.

► يَتميَّزُ البُركانُ النَّموذجيُّ بفُوَّهةٍ مَرْكزيَّةٍ وجَبلٍ مَخْروطيّ من الرَّماد المُتَصلِّب. امَّا قَلْبُ البُركان فهو قَصبةٌ مِدْخَنيَّةٌ الشَّكلِ تَنْدلِعُ عَبْرَها مُعظمُ الموادِّ البُركانيَّة. وعميقًا تحتَ القَصبةِ تتواجَدُ حُجْرةٌ صُهاريَّةٌ من الصَّخْر المَصْهور الحاوي غازاتٍ مُذابةً تحتَ ضَغطٍ عالٍ. وقد تقَعُ الحُجْرةُ الصُّهاريَّةُ للبُركان على عُمق عِدَّةِ كيلومتراتٍ تحتَ السَّطْح.

التعايُشُ معَ البَراكين

تُعتَبرُ الثَّورانات البُركانيَّةُ، بِحُمَمِها اللَّابيَّةِ اللاهِبةِ المُتأجِّجة والرَّمادِ الخانق والغازاتِ السَّامَّةِ التي تُرافِقُها، من أشدِّ الظواهِرِ الطبيعيَّة المُدَمِّرة. ورُغْمَ هذه الأخطارِ فإنَّ الناسَ يَسْتمِرُّون بالإقامةِ في المناطق البُركانيَّة. ويَعودُ ذلك إلى أنَّ التُّرْبةَ البُركانيَّةَ وافرةُ الخُصوبة غالِبًا والثَّورانات قد تكونُ نادرةً ومُتَباعِدةً جِدًّا مِمَّا يُشيعُ شُعورًا خاطئًا بالأمانِ يَحْمِلُ في طَيَّاتِه نتائجَ مأساويَّة. ففي العام 1902، عندما ثارَ جَبَلُ پيليه على جزيرةِ مارْتينيك الكَريبيَّة، اندَفقَ هَيارٌ بُركانيٌّ متأجِّجٌ على سُفوحِ الجَبلِ غَمَرَ مَرْفأَ سانْ پيير، وأَودى بحياةِ أكثرَ من 000 29 شَخص. وكان الناجيَ الوحيدَ سَجينٌ في زَنْزانةٍ تحتَ الأرض. وفي عام 79 للمِيلاد، غَشَّى ثَوَرانٌ شَبيهٌ من جَبل ڤيزوف المُدُنَ الرُّومانيَّةَ بوسْكوريال وهِركولانيُوم وپومپي وستابيا بطبقةٍ سميكةٍ من الطِّين والرَّماد.

حتَّى الآن لا يُمكِنُ التنبُّؤُ بمُعظمِ الثَّورانات البُركانيَّة، لكنْ يُمكِنُ التنَبُّؤُ ببَعْضِ الثَّورانات بمُراقبةِ الغازاتِ البُركانيَّةِ وقياسِ التغَيُّراتِ في الجاذبيَّةِ مع تَصاعُدِ الصُّهارةِ اللَّابيَّةِ داخِلَ البُركان. وأحيانًا يَتنفَّخُ الجبَلُ بكامله؛ فعندما بدأَ جبَلُ القدِّيسةِ هيلانة، بولاية واشِنطن، في الولاياتِ المتَّحدة الأمريكيَّة، بالتَّمدُّد عامَ 1980، أُجْليَ مُعظمُ السُّكانِ عن المِنطقةِ قبْلَ تفَجُّرِ الجبَل وانتِسافِ قِمَّتِه وانهيال جُزْءٍ من البُركان في هَيارٍ أرضيٍّ ضَخْمٍ، كاشِفًا صُهارةَ اللَّابةِ المَضْغوطةَ لِتَتفَجَّرَ جانِبيًّا وصُعُدًا. وقد قَذَفَ الإنْفِجارُ قُرابةَ كيلومترٍ مُكَعَّبٍ من الصُّخور في الهواء وسَوَّى الأشجارَ بسَطْحِ الأرض على مَدى 30 كم من الجبَل.

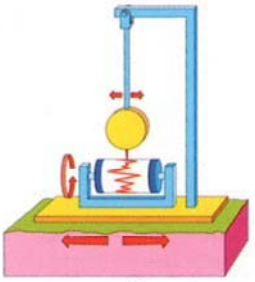
في 18 أيَّار (مايو) عامَ 1980، ثارَ جبَلُ القدِّيسةِ هيلانة في ولاية واشنطن بِقُوَّةٍ هائلة. وقد دَمَّر التفَجُّرُ العاصِفُ بالغُبارِ والغازاتِ الحارَّةِ المعالِمَ الطبيعيَّةَ للمِنطقة مُتْلِفًا كافَّةَ أشكالِ الحياة ومُقَصِّفًا اشجارَ الصَّنَوبر الكبيرةَ كَعِيدانِ الثِّقاب.

تُبَيِّنُ هاتانِ الصورتان جبَلَ القدِّيسةِ هيلانة قبْلَ أسابيعَ من ثَوَرانِ عام 1980 (إلى أقصى اليَمين) وخِلالَ الثَّوَران (إلى اليَمين). وقد قذَفَ التفَجُّرُ في الهواء بِحَوالى كيلومترٍ مُكَعَّبٍ من سَحيقِ الصُّخور وغُبارِها.

أنْظُر أيضًا
بِنْيةُ الأرض ص 8 – 9
قاعُ المُحيط ص 14 – 15
تشكُّلُ الجِبال ص 22 – 23

الزَّلازِل

تَحدُثُ الزَّلازِلُ (الهَزّاتُ الأرضيَّة) نَتيجَةً لِتَحريرِ مُفاجئ للإجهاد بإطلاق كمّيّاتٍ هائلةٍ من الطاقة في صُخورٍ غَوريَّةٍ تحتَ سَطْحِ الأرض. وهذا يَحدُثُ غالبًا عندَ الحُدودِ الفاصِلةِ بينَ الصفائحِ التَّكْتُونيَّة.



في مِقياسِ الزِّلْزلة (المِرْجاف أو السِّيزْمُومِتر) البَسيط، تَدورُ لِفافةٌ من الورق ببُطءٍ تحتَ بَنْدول (رَقّاص). فإذا اهتَزَّتِ الارضُ يُسَجِّلُ قلَمٌ مُتَّصِلٌ بالبَنْدول شِدَّةَ الحَرَكة.

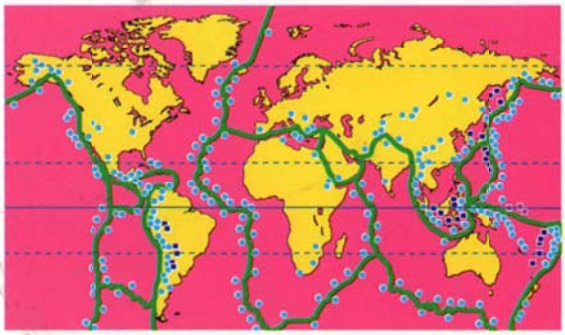
صَدْعُ سانْ أندرياس في كاليفورنيا نِطاقٌ زَلْزَليٌّ نَمُوذَجيٌّ، إذْ يقَعُ عندَ ٱلْتِقاءِ القِشْرةِ الپاسيفيكيَّةِ مع الصَّفيحةِ القاريَّةِ الأمريكيَّة الشماليَّة. القِشْرةُ الپاسيفيكيَّةُ تتحَرَّكُ شمالًا بِمُعدَّل 34 ملم في السَّنة. لكِنَّ الحركةَ عِنْدَ صَدْعِ سان أنْدرياس تُعْوِزُها السَّلاسةُ، فقد تَصلُبُ القِشْرةُ فلا تتحَرَّكُ على مَدى شُهورٍ أو سَنَوات. وعِنْدَ حُدوثِ ذلك، تَتنامى الإجهاداتُ على طُولِ الصَّدْع. وكُلَّما طالَ التَّعَوُّقُ يَتعاظَمُ الإجهاد. وعندما يَنطاعُ الصَّدْعُ بشِدَّةِ الإجهاد، تَنْزاحُ الأرضُ على جانِبَيْه بما قد يَبْلُغ 12 مِترًا في وقتٍ قَصير، وهذا يُحْدِثُ مَوْجاتٍ صَدْميَّةً عَبْرَ الأرضِ المُحيطة.

المَوْجاتُ الصدميَّةُ لِلزِّلْزلة قد تَهُزُّ المبانيَ حتَّى الإنهيار. وقد تُدَمِّرُ التحرُّكاتُ الأرضيَّةُ الطُّرُقَ وخُطوطَ السِّكك الحديديَّةِ والأنابيبَ تحتَ الأرض. ويُضيفُ الغازُ والمياهُ المُنْسَرِبةُ من هذه الأنابيب خطرَ الحرائق والفَيَضاناتِ إلى مَخاطِرِ الزِّلْزال الجانبيَّة.

وعندَ حُدوثِ الزِّلْزلةِ في البَحْر، فإنَّ تحوُّلَ مُسْتَوى المياهِ السَّريعَ يتسبَّبُ بنُشوءِ أمواجٍ مَدِّيَّةٍ سَنامِيَّةٍ تَنْساقُ بسُرعةِ مَسافاتٍ شاسِعة. وعندما تَبْلُغ مياهَ الشاطئِ الضَّحْلةَ تُبَطَّأُ هذه الأمواجُ قليلًا فتَرتفِعُ إلى عُلُوِّ عشَرةِ أمتارٍ أو أكثرَ فوقَ المُسْتَوى العاديِّ لِسَطحِ البَحْر وتطغى فوقَ المناطقِ السَّاحليَّة. المَوْجةُ السَّنامِيَّةُ (التسُونامي) قد تُدَمِّرُ المبانيَ وتقتلِعُ الأشجارَ في مَسارِها وتَتسبَّبُ بفَيَضاناتٍ رَهيبة.

زَلازِلُ كُبْرى

الموقع	السَّنة	الدَّرجة	عددُ الضَّحايا
تايوان	1999	7,7	2400
تركيا	1999	7,8	17 118
أفغانِسْتان	1998	6,1	4000
شمال إيران	1997	7,1	1560
روسيا	1995	7,5	2000
اليابان (كوبي)	1995	7,2	6310
جنوب الهند	1993	6,4	9748
الفيليپين	1990	7,7	1653
شمال غرب إيران	1990	7,5	36 000
سان فرنسِيسْكو	1989	7,1	275
أرمينيا	1988	7,0	25 000
مدينة مَكسيكو	1985	8,1	7200
شمال اليَمَن	1982	6,0	2800
جنوب إيطاليا	1980	7,2	4500
شمال شرق إيران	1978	7,7	25 000
تانْجِشان، الصِّين	1976	8,2	242 000
مدينة غواتِمالا	1976	7,5	22 778
البيرو	1970	7,7	66 000
شمال شرق إيران	1968	7,4	11 600
نانْشان، الصِّين	1927	8,3	200 000
اليابان	1923	8,3	143 000
جانْسو، الصِّين	1920	8,6	180 000



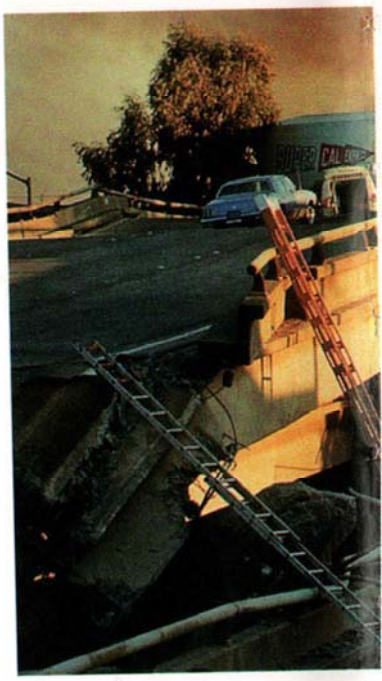
النِّقاطُ الزَّرقاءُ تُبيِّنُ مواقِعَ زَلازِلَ غابِرة. مُعظمُ الزِّلازِلِ يَحْدُثُ على طُولِ خُطوطِ الصَّدْع عندَ الحُدودِ بينَ الصفائحِ التَّكْتُونيَّةِ المُبَيَّنةِ هُنا كخُطوطٍ خَضْراء.

الاستِعْدادُ لِمُواجَهةِ الزَّلازل

التغَيُّراتُ الضئيلةُ في خُشونةِ الصَّدْع أو تواجُدُ مياهٍ مُزَلِّقةٍ هي عوامِلُ كافِيةٌ لاستِثارةِ زَلْزال. والمَعروفُ أنَّه يَسْتَحيلُ التنَبُّؤُ الوَثيقُ بزَمان ومكانِ حُدوث زَلْزالٍ كبير، لكنَّ القَوْلَ بالاحْتِماليَّاتِ أمرٌ مُمْكِنٌ. المَناطِقُ الأكثرُ تعَرُّضًا لِخَطَرِ الزَّلازل في العالَم تَتمركَزُ في نُطُقٍ ضَيِّقةٍ على ٱمتدادِ الصُّدوع الرئيسيَّةِ بينَ الصفائحِ التَّكْتُونيَّةِ لِقِشْرةِ الأرض. ففي هذه النُّطُق، يَسْتطيعُ عُلَماءُ الزَّلازل التنَبُّؤَ بشِبْه اليَقينِ أنَّ زَلْزالًا كبيرًا سيَحْدُثُ في وَقتٍ مّا في المُستَقْبل.

في المَناطقِ المَعْروفةِ بتَعَرُّضِها لِخَطَرِ الزَّلازل، يُمكِنُ إقامةُ مَلاجِئَ تَقي مِن هذا الخَطَر. ويُمكِنُ تَصْميمُ المَباني بحَيْثُ تَميلُ مُتمايلةً مع المَوْجاتِ الزِّلْزليَّةِ بدَلَ التَّشَقُّقِ والإنهيار. كما إنَّ الأَساساتِ المَطّاطيَّةَ يُمكِنُها ٱمْتِصاصُ وإخمادُ بعضِ قُوَّةِ الزَّلْزال، لكِنَّ أمثالَ هذه الإحْتِياطاتِ باهِظةُ التكلِفة، ومُعْظمُ المَباني – بخاصَّةٍ في البلاد النامية (الفقيرة) تُشادُ بِدُونها. لِذا، فإنَّا نَرى الزَّلازلَ من الدرجةِ نَفْسِها تُودِي بحَياة آلافِ الأشخاصِ في جُزْءٍ من العالَم، في حين لا يبلُغُ ضحاياها سِوى قِلَّةٍ قليلةٍ في جُزْءٍ آخر.

أمَّا الوَسيلةُ الوَحيدةُ الأسلَمُ لِتَجَنُّبِ خَطَرِ المَوْت من زَلْزالٍ، فهي الجَلاءُ عن المِنْطقةِ قبْلَ حُدوثِه. غيرَ أنَّ إزعاجاتِ الجَلاءِ السَّريع وتكاليفَه، بخاصَّةٍ عن المُدُن، باهِظَةٌ مُرهِقة. لِذا فإنَّ العُلماءَ يَبْحثون دَومًا عن وسائلَ ناجِعةٍ لِلتَّنَبُّؤِ بحُدوثِ الزَّلازلِ قبْلَ وُقوعِها بِوَقْتٍ كافٍ. حاليًّا يُمكِنُ أحيانًا وليسَ دائمًا – الاستِدْلالُ من رَجَفاتِ الأرضِ الطفيفةِ على أنَّ زَلْزالًا كبيرًا آتٍ قريبًا. وتَجْري مُحاولاتٌ لِتَقَصّي تَحْذيراتٍ أُخرى بِقُرْب حُدوثِ الزَّلازل كتغَيُّرِ مُستوياتِ



◄ مِقياسا ريخْتَر ومِرْكالي يُسَجِّلان العزمَ الزِّلْزاليَّ بالدَّرَجات. فيَقيسُ مِقياسُ ريخْتَر طاقةَ الزِّلْزال، ويُسَجِّلُ مِقياسُ مِرْكالي مَعْلوماتٍ عن آثارِه التدميريَّة.

► دَمارٌ خَلَّفَهُ زَلْزالُ عام 1989 في لُوما پْرِيتا قُرْبَ سانْ فرنسِيسْكو، بكاليفورنيا. وتُبَيِّنُ الصورةُ انهيارَ طريق نيمتْز العامِّ المُزْدوجِ الطَّوابِق على الجانبِ الشرقيِّ من خليج سانْ فرنسِيسْكو. وقد بَلَغَ مُجمَلُ مَنْ نَضَوا نَحْبَهُم في هذا الزِّلْزال 275 شخصًا. وبالمُقارنة فإنَّ حوالى 25 000 شخصٍ لاقَوا حَتْفَهم عامَ 1988، في زَلْزالٍ من دَرجةٍ مَثيلةٍ في أرمينيا، حيثُ لمَباني ركيكةُ الإنشاء.

أقلُّ من 3 درجاتٍ على مِقياس ريخْتَر؛ دَرَجةٌ واحدة على مقياس مِرْكالي: يُسْتَبانُ الزلزالُ بآلاتٍ سيزْموغرافيَّة، لكِنَّه أضعَفُ من أنْ يَشْعُرَ به الناس.

3 إلى 3,4 دَرجات على مقياس ريخْتَر؛ دَرَجتان على مقياس مِرْكالي: يُسْتَبانُ الزلزالُ بالآلات ويَشعرُ به قِلَّةٌ من الناس. وقد تَهْتَزُّ بتأثيرِه الأجسامُ الخفيفة.

3,5 إلى 4 دَرجات على مقياس ريخْتَر؛ 3 إلى 4 دَرجات على مقياس مِرْكالي: اهتزازاتٌ واضحةٌ يُشْعَرُ بها داخِلَ المنازل. تتشقَّقُ الجُدرانُ، والأجسامُ المُعَلَّقةُ تترَجَّحُ.

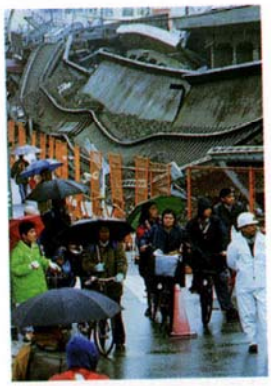
4,1 إلى 4,8 دَرجات على مقياس ريخْتَر؛ 5 دَرجات على مقياس مِرْكالي: يَشْعُر بالزِّلْزلةِ مُعظمُ الناس. بعضُ النوافذ قد تَتَشقَّق، والأجسامُ السَّائبةُ تَنْقَلِبُ.

4,9 إلى 6 دَرجات على مقياس ريخْتَر؛ 6 إلى 7 دَرجات على مقياس مِرْكالي: يَشعُر جميعُ الناس بالزلزال. قِطَعُ الأثاثِ تتحَرَّكُ والمداخِنُ تَنْقلِبُ.

6,1 إلى 7 دَرَجات على مقياس ريخْتَر؛ 7 إلى 9 دَرجات على مقياس مِرْكالي: تَنْهارُ بعضُ المنازل وتَتشقَّقُ الطُّرُقُ وتتمَزَّقُ الأنابيب.

7,1 إلى 8,1 دَرجات على مقياس ريخْتَر؛ 10 إلى 11 درجة على مقياس مِرْكالي: تَحدُثُ شُقوقٌ ضخمةٌ في الأرض؛ وتَبْقى قِلَّةٌ من المباني صامِدةً.

أكثرُ من 8,1 دَرجات على مِقياس ريخْتَر؛ 12 دَرجة على مقياس مِرْكالي: دَمارٌ شامِل. تَتَمَوَّجُ الأرضُ صُعُودًا وهبُوطًا.



في كانون الثاني (يناير) عامَ 1995، قَضَى أكثرُ من 6000 شخصٍ في زلْزالٍ مدينة كوبي، باليابان، وفي الحرائق التي نتجَت عنه. إنَّ سوءَ تَطْبيقِ أنظمةِ البِناء، والإنشاءاتِ الخَرَسانيَّة الرديئةَ النوعيَّة كانت مَسؤولةً إلى حَدٍّ كبيرٍ عن ذلك العددِ الكَبير من الوَفَيات.

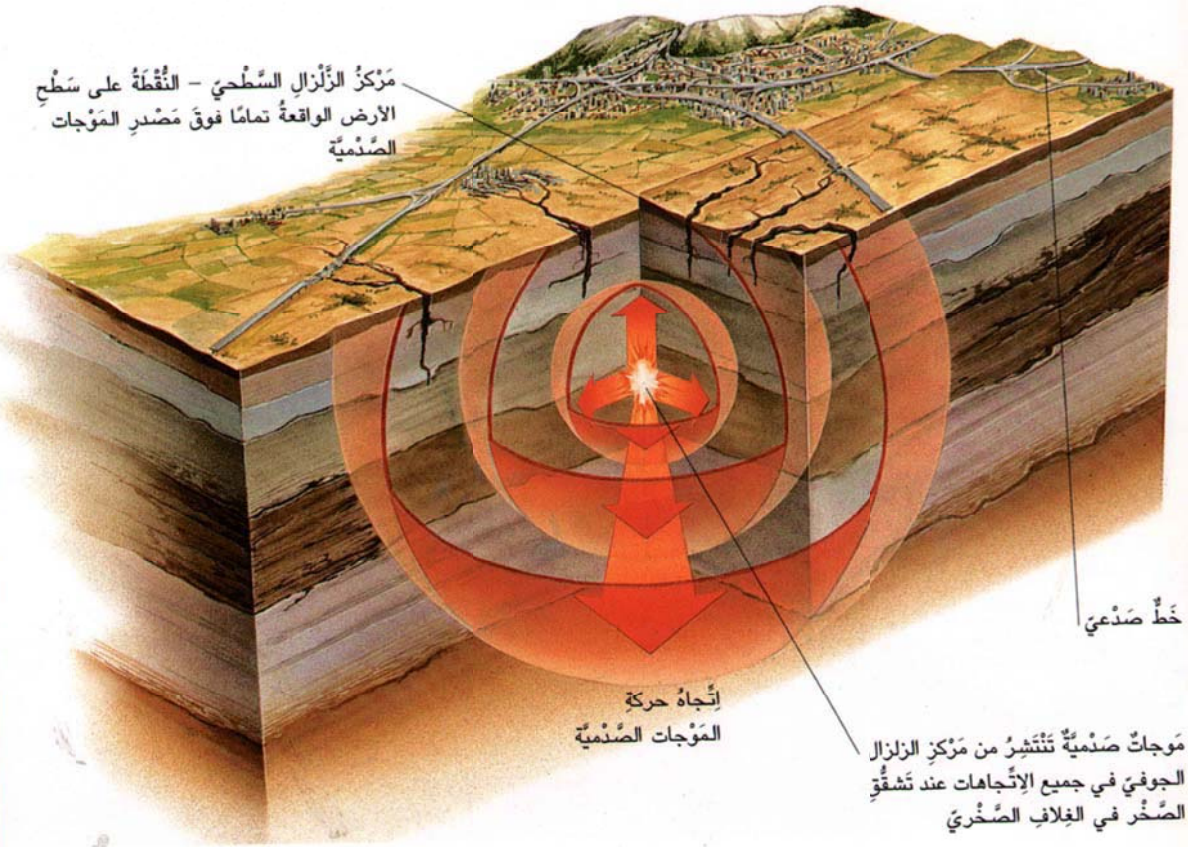
► عندما يَضْرِبُ الزِّلْزالُ، تَنْتَشِرُ المَوْجاتُ الصَّدْميَّةُ من نُقْطةٍ تحتَ سَطْحِ الأرض تُسَمَّى مَرْكزَ الزِّلْزال الجَوْفيَّ. والنُّقْطَةُ على سَطْحِ الأرض الواقعةُ مُباشَرةً فوقَ هذه النُّقْطةِ تُسَمَّى مَرْكزَ الزِّلْزال السَّطْحيَّ. وقد يَنْتَشِرُ كلا نَوْعيَ المَوْجاتِ الضَّغْطيَّةِ والصَّدْميَّةِ من مَرْكزِ الزِّلْزالِ الجَوْفيِّ مُحْدِثَيْنِ تَشَقُّقاتٍ في سَطْحِ الأرضِ ودَمارًا في المَباني.

أنْظُر أيضًا

بِنْيةُ الأرض ص 8 – 9
قاعُ المُحيط ص 14 – 15
الإنْجِرافُ القارِّيّ ص 16 – 17

المياهِ في الآبار وانطِلاقاتِ الغازِ وسُلوكِ بعضِ الحيَوانات. ففي عام 1975، أُخليَت مدينةُ هايْتشِنْغ، في الصِّين، استِنادًا إلى تَحْذيراتٍ مُشابِهة، قَبْلَ حُدوث زَلْزالٍ مُدَمِّر بِساعات. لكِنْ بعدَ سَنةٍ من ذلك قَضَى 240 000 شخص في زلزالٍ ضَربَ مدينةَ تانْجِشان دُونَ إنذارٍ مُسْبَق.

يُمكِنُ، اليومَ، إصدارُ تَحْذيراتٍ قَبْلَ بضعِ عَشَراتِ الثواني من وُقوعِ الزلزال. إنَّ مكاشيفَ الزَّلازِلِ على امتدادِ النُّطُقِ الصَّدْعيَّةِ يُمكِنُها استِشْعارُ بِدايةِ زَلْزالٍ كبير وإرسالُ تَحْذيراتٍ لاسِلكيًّا (بالرَّاديو) إلى مَركزِ التحَكُّمِ في المُدُنِ المُجاوزة. إنَّ مُهْلةَ التَّحْذير ليسَت كافِيَةً لإخلاءِ مدينةٍ من سُكَّانِها، لكِنَّ إنذارًا مُهْلَتُه 30 ثانيةً قد يُتيحُ مَجالًا لِلحواسيب كي تُنْقِذَ مُعْطَياتِها، وللمَصاعدِ كي تفتَحَ أبوابَها لِيَخْرُجَ النَّاسُ منها، ولِسيَّاراتِ إطفاءِ الحرائق لِلِانْتِقالِ إلى مكانٍ مكشوفٍ حتَّى لا تَتضَرَّر. كذلك تُساعِدُ هذه المُهلةُ العامِلِين على جَعْلِ عمليَّاتِهم الصِّناعيَّةِ آمِنةً قَبْلَ ضَرْبِ الرَّجْفة.



تَشَكُّلُ الجِبال

على مَدى تاريخِ الأرض تتشَكَّلُ سَلاسِلُ الجبالِ وتتلاشَى بفِعل أنشِطةِ البراكين والزَّلازلِ والتَّصادُماتِ القارِّيَّة وعواملِ الطَّقْس.

عالِمُ الجيُولوجية الإسكُتلَنْدي، جيمْس هَتّون (1726 – 1797)، كان يعتقدُ أنَّ نشوءَ الجبالِ تَمَّ بِانْدِفاع الصَّخر الحارّ من البَراكين. وفاتَه إدراكُ تأثيراتِ الانجِرافِ القارِّيّ في هذا التكوُّن.

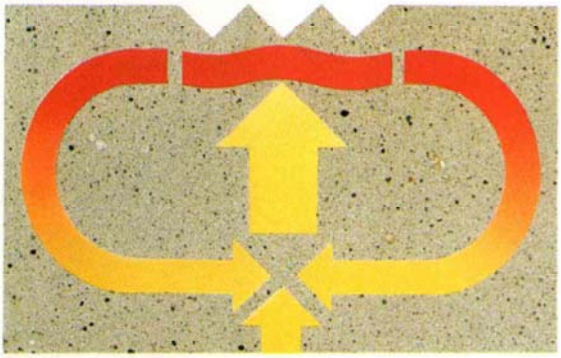
هذه الصُّخورُ في ثَقْبِ سُتير في دورسِتْ، بإنكلترا، يَرْجِعُ تاريخُها إلى العَصْر الجُوراسيّ، منذُ حَوالى 180 مليون سنة. وقد حدثَت الطيَّةُ نتيجةً لِتَصادُم إفريقية مع أوروبا.

▼ عندما تُضْغَطُ الصُّخورُ الطَّرِيَّةُ أو السَّهلةُ التصدُّع أفقيًّا، فإنَّها سَتَتثَنَّى أو تَتطَوَّى. أمّا الصخورُ الأصلدُ الصامِدةُ (العَصيَّةُ على الطَّيّ) فإنَّها تَتصدَّعُ أو تَتشقَّق. وحيثُ يكونُ الصَّخْرُ تحتَ توتُّرٍ إجهاديٍّ فإنَّ أوديةً خَسْفٍ ستَتشَكَّلُ. وبفِعلِ شِدَّةِ الانْضِغاطِ فإنَّ هِضابًا انْدِفاعيَّة ستَرْتفِع.

القارَّاتُ دائمةُ التَّصادُم. وعندما تَنْدَسُّ قارَّةٌ تحتَ قارَّةٍ مُتاخِمة، فإنَّ منطقةَ الارتطام تَستمِرُّ في التَّحَدُّب والارتفاع في عمليَّةٍ مُتَواصلةٍ تَسْتَغرِقُ مَلايين السِّنين. القِشْرةُ القارِّيَّةُ تتألَّفُ من صخرٍ صَلْدٍ لكنَّ قُوَّةَ الجاذبيَّةِ الدائمةَ التأثير وضَغْطَ الصُّخورِ من فوق إضافةً إلى حرارةِ باطنِ الأرض تجعَلُ القشرةَ ألْينَ. ونتيجةً لذلك يتطوَّى الصخرُ صُعودًا، ثمَّ تغوصُ الطيَّاتُ نُزولًا مُتراكمةً كبَطّانيَّةٍ مُجَعَّدة. والسِّلْسلةُ الجبَليَّةُ الناتِجَةُ تتألَّفُ من تَوالٍ من الطيَّاتِ المُتكَرِّرةِ، مُتَراكِمةً واحِدَتُها فوقَ قِمَّةِ الأُخرى.

عمليَّةٌ مُتَواصِلة

السَّلاسِلُ الجبليَّةُ الأحدثُ لا تَزالُ تَرْتَفِع. فحيثُ ارتطمَت إفريقيةُ بأوروبا نشأت جبالُ الأَلْب. كما قامت جبالُ الهِملايا نتيجةً لِتَصادُم أوراسيا (التي هي اليوم أوروبا وآسيا) مع شِبْه القارَّة الهِنْديَّة. وقد بدأَت هذه العمليَّةُ منذُ 65 مِليون سنة، مَصْحوبَةً بالثورانات البُركانيَّةِ الهائلة التي فصَلت الهِنْدَ بعيدًا عن القارَّاتِ الجنوبيَّةِ الأخرى. فاتَّجَهَت الهِنْدُ شَمالًا دافِعةً المُحيطَ العظيمَ تِتيس أمامَها. واندَسَّتِ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ الكثيفةُ تحتَ آسيا، لكِنَّ الرُّسابات في قاع المُحيط لم تكُنْ عاليةَ الكثافة؛ فغُرِفَت صُعُدًا وضُغِطَت بينَ القارَّتَين لِتُشَكِّلَ «كَعْكةً» طِباقيَّةً. وقد استمرَّت آسيا حَوالى 45 مليون سَنة في تَبطئةِ تقَدُّمِ الهِنْد – رافِعةً الهَضَبةَ التِّبتيَّةَ أثناءَ هذه العمليَّة ومُحْدِثةً شُقوقًا على بُعد آلافِ الكيلومترات شَمالًا. وأحدُ هذه الشُّقوقِ خَسْفٌ شاسِعٌ بعُمْقٍ يَزيدُ على 9000 مِتْر تَشْغَلُه حاليًّا بُحَيْرةُ بَيكال. والمعروفُ أنَّ أجزاءً من جبالِ الهِمالايا لا تَزالُ ترتفِع. فنَجِدُ نانْجاپاربات في الشَّمال الغربيّ من پكستان يرتفِع بمِقدار 5 ملم سنويًّا. ومع ارتفاعِه لا يَعودُ الصخرُ قادرًا على دَعْمِ وَزْنِه الخاصّ فتتعرَّضُ المِنْطقةُ لِانْزِلاقاتٍ أرضيَّةٍ مُدَمِّرة.



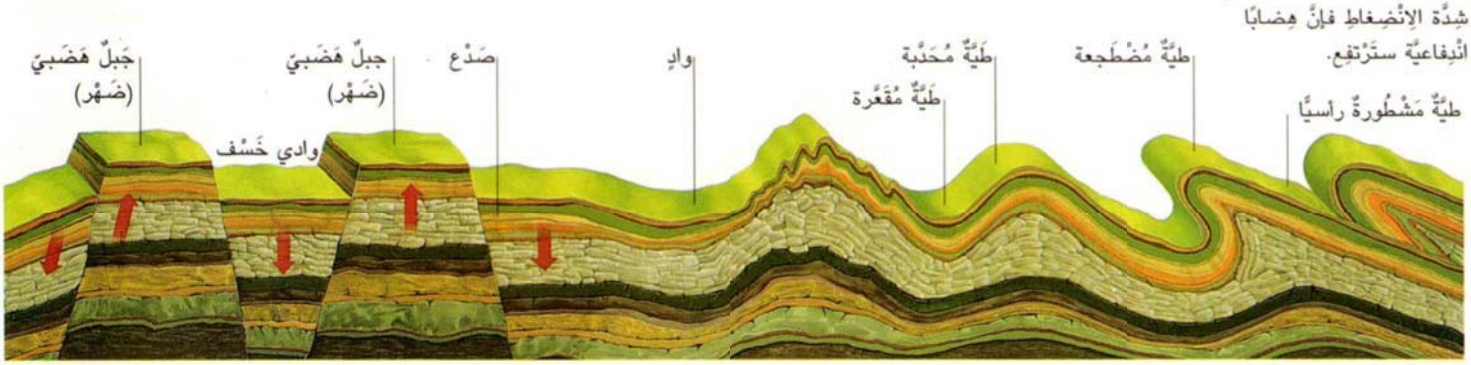
في عمليَّةٍ تُسَمَّى الدَّوْرةَ الصخْريَّةَ، يُقْذَفُ الصخرُ أو يندفِعُ صُهارةً من باطنِ الأرض مُكَوِّنًا جِبالًا، ثمَّ يَتَحاتُّ ويَنْجرِفُ ليُشكِّلَ صخورًا جديدةً في البَحْر. هذه الصخورُ الجديدةُ تُغْرَفُ مُجَدَّدًا صُعُدًا وتتكرَّرُ الدَّوْرة.

الجِبالُ عَبْرَ التاريخ

أَبهى قِمَمِ الجبال رَوْعةً وأعلى السَّلاسِلِ الجَبليَّةِ في العالَم كانت نتيجةً لأنشِطةٍ تَنشُؤ الجبالِ الأكثرِ حَداثةً. لكنْ تتوفَّرُ أيضًا شواهِدُ كثيرةٌ على تصادُماتٍ قارِّيَّةٍ أكثرَ قِدَمًا. فسِلْسلةُ جبال الأپلاش، التي تمتَدُّ على طُولِ كاملِ السَّاحلِ الشرقيِّ لأمريكا الشماليَّة، والمُرْتفَعاتُ الإسكَنْدِناڤيَّة الشماليَّة، وغرينلَنْد الشرقيَّة، وأجزاءٌ من اسكتلَنْدا يَبْلُغُ عُمْرُها جميعًا حوالى 250 مليون سَنة. وفي عهودٍ سالِفة، قبْلَ انفِساحِ المُحيطِ الأَطْلسيّ، كانت تلك السَّلاسِلُ والمُرْتَفعاتُ مُتَّصِلةً معًا في سِلْسلةٍ جَبَليَّةٍ عظيمةٍ نَتيجةً لِتَصادُمٍ قارِّيٍّ أقدَمَ عَهدًا. حتَّى في أقدمِ الصُّخورِ على الأرض، في كَنَدا، وغرينلَنْد، وإفريقية الجَنوبيَّة، وأُستراليا، هنالك شواهِدُ على تواجُد سلاسِلَ جبليَّةٍ يَعودُ تاريخُها إلى زَمَنِ تكوُّنِ القارَّاتِ الأُولى على الأرض.

دَوْرةٌ مُتَواصِلة

تُسَجِّلُ قِشْرةُ الأرض تاريخَ عِراكٍ مُتَواصلٍ بينَ أنْتِبارِ الجبال وقُوى الجَاذبيَّةِ والتَّحاتّ. فحَيْثُ ترتَفِعُ جبالٌ مُسَنَّنَةُ النواشِزِ حادَّةُ الانحدار فإنَّها تتأكَّلُ بِسُرعةٍ أوَّلًا، مُخَلِّفةً جُرُفًا وأوديةً تقطَعُ عَبْرَ التكْويناتِ الجيُولوجيَّة. ومعَ استِمْرارِ عمليَّات التأكُّلِ والتَّحاتّ، تَتَّسِعُ الأوديةُ وتَمْلُسُ التِّلالُ وتَظْهَرُ طَبَقاتُ



أعلى الجبال في العالَم	
آسيا	
جَبَلُ إفَرِسْت	8848 م
جَبَلُ ك2	8611 م
جَبَلُ كانشِنْجونغا	8597 م
جَبَلُ ماكالو	8480 م
امريكا الجَنوبيّة	
جَبَلُ أكُنكاغُوا	6960 م
امريكا الشماليّة	
جَبَلُ مَكِنْلي	6194 م
إفريقية	
جَبَلُ كِلِمَنْجارو	5895 م
أوروبا	
جَبَلُ إلبروس	5633 م
القارَّةُ القُطبيَّةُ الجَنوبيّة	
جَبَلُ فِنْسون ماسِّيف	5139 م
أوقيانوسية	
جَبَل وِلْهلم	4509 م

الصَّخرِ الصَّلْدِ المَنيع.

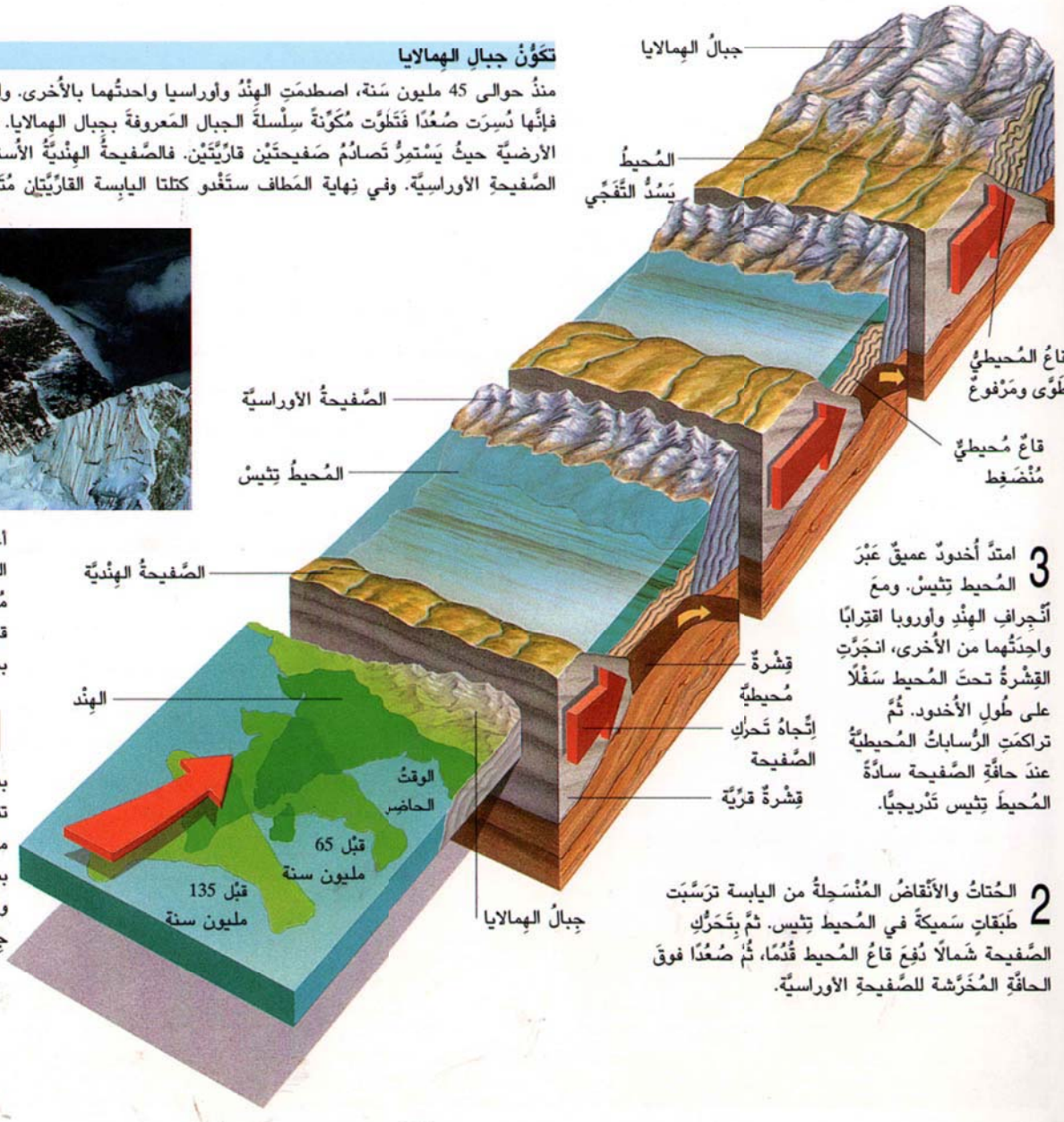
وسُرعانَ ما تَتَّخِذُ بَسْطةُ الأرض نَسْجَةً وتَخْرُجُ الطبقاتِ الجيولوجيَّة تحتَها – مع حيُودٍ مُتَوازِيةٍ تُبرِزُ خُطوطَ الطيَّاتِ والطبقاتِ الأصْلَدَ من الصَّخْر. وأحيانًا ترتفِعُ كُتْلَةُ القارَّةِ بكابلِها مُشَكِّلةً هَضْبةً عالِيةً – بدَلَ أنْ تَتحدَّبَ طيَّاتٍ وجِبالًا. ومع مُرورِ الزَّمَن، تأخذُ الأنهارُ بِشَقِّ أفاجيجَ وأوديةٍ في تلك الهَضْبة، كالإفجيج العظيم (الجْراند كانْيون) في أريزونا، مُخَلِّفةً مُنْبَسطاتٍ أرضيَّةً في ما بَيْنها. وأخيرًا مع اتِّساعِ الأوديةِ، تَتموَّجُ الأرضُ حتَّى تَسْتَقِرَّ بِمُستوًى جديدٍ أخفضَ، رُبَّما مع بضْعِ حيُودٍ مَعْزولةٍ من الصَّخْرِ الأصْلَد.

والمَعلومُ أنَّه كُلَّما ازدادَ ارتِفاعُ الجبلِ وتَزايدَت حِدَّةُ سُفوحِه فإنَّ تعَرُّضَه للإنْزِلاقاتِ الأرضيَّةِ والتَّحاتِّ يزدادُ أيضًا. أمَّا القِمَمُ المُعَمَّمةُ بالثّلج فإنَّها تَتشَظَّى بتَمَدُّد أسافينِ المياهِ المُتَجمِّدة داخِلَ شُقوقِ الصُّخور. وتَقومُ الأنهارُ والمَثالِجُ بِجَرْفِ الأنقاضِ نُزولًا نحوَ البَحْر والأنهارُ التي تُصَرِّفُ المياه من أيِّ مِنْطقةٍ جَبليَّةٍ تَتدَفَّقُ حَمْراءَ بالرُّساباتِ المُعَلَّقةِ وتحمِلُها بعيدًا في المُحيط. وهناك تستَقِرُّ على قاعِ المُحيط، حتَّى تُغْرَفَ صُعُدًا مُجَدَّدًا، بَعْدَ عدَّةِ مئاتِ الملايين من السِّنين، لِتُشَكِّلَ سِلْسلةً جَبليَّةً جديدة. وهكذا تَتواصَلُ دَوْرةُ الصُّخور.

تكَوُّنُ جبالِ الهِمالايا

منذُ حوالى 45 مليون سَنة، اصطدمَتِ الهِنْدُ وأوراسيا واحدتُهما بالأُخرى. ولِكَون القِشْرةِ القارِّيَّةِ خَفيفةً نِسْبيًّا، فإنَّها دُسِرَت صُعُدًا فَتَطَوَّت مُكَوِّنةً سِلْسلةَ الجبال المَعروفةَ بجبال الهِمالايا. هذه الجبالُ تُمَيِّزُ نِطاقًا من القِشْرة الأرضيَّة حيثُ يَسْتمِرُّ تَصادُمُ صَفيحتَيْن قارِّيَّتَيْن. فالصَّفيحةُ الهِنْديَّةُ الأُستراليَّةُ لا تزالُ تندفِعُ شَمالًا داخلَ الصَّفيحةِ الأوراسِيَّة. وفي نِهايةِ المَطاف ستَغْدو كتلتا اليابسة القارِّيَّتانِ مُتَلاحِمَتَيْن.

أعلى جَبلٍ في العالَم هو جَبلُ إفَرِسْت الذي يبلُغُ ارْتفاعُه 8848 م فوق مُسْتَوى سَطْح البَحْر. وقد احتُسِبَت قياساتُ ارْتِفاعه مُؤخَّرًا بدِقَّةٍ بمُساعدةِ مُعْطَياتِ السَّواتِل الأرضيَّة.



1 بعْدَ تفلُّقِ پانْجيا «أُمِّ القارَّات»، منذُ حوالى 200 مليون سنة، بدأَتِ الصَّفيحةُ الهِنْديَّةُ الأُستراليَّة تتحَرَّكُ شَمالًا. ومنذُ حوالى 45 مليون سنة، ارتطمَت هذه الصفيحةُ بشِدَّةٍ بالصفيحةِ الأوراسيَّة الأكبَرِ والأثْقَلِ فاندفعَ الصخرُ صُعُدًا مُكَوِّنًا جِبالَ الهِمالايا.

2 الحُتاتُ والأنْقاضُ المُنْسَحِلةُ من اليابسة تَرَسَّبَت طَبَقاتٍ سَميكةً في المُحيط تِثيس. ثمَّ بِتَحَرُّكِ الصَّفيحة شَمالًا دُفِعَ قاعُ المُحيط قُدُمًا، ثُمَّ صُعُدًا فوقَ الحافَّةِ المُخَرَّشة للصَّفيحةِ الأوراسيَّة.

3 امتدَّ أُخدودٌ عميقٌ عَبْرَ المُحيط تِثيس. ومعَ انْجِرافِ الهِنْدِ وأوروبا اقتِرابًا واحِدَتُهما من الأُخرى، انجَرَّتِ القِشْرةُ تحتَ المُحيط سَفْلًا على طُولِ الأُخدود. ثُمَّ تراكمَتِ الرُّساباتُ المُحيطيَّةُ عندَ حافَّةِ الصَّفيحة سادَّةً المُحيطَ تِثيس تَدْريجيًّا.

أُنْظُر أيضًا

بِنْيةُ الأرض ص 8 – 9
الإنْجِرافُ القارِّيّ ص 16 – 17
تَشَكُّلُ الصُّخور ص 24 – 25

تَشَكُّلُ الصُّخور

الصُّخورُ كُتَلٌ طبيعيَّةٌ من موادَّ مَعْدِنيَّة. وهي تَتَراوحُ صَلادةً من الجِرانَيْت الأَصْلَد إلى الصَّلْصال الأَلين. ويَتضَمَّنُ كُلُّ صَخْرٍ دلائلَ تُنْبي عن مَراحِلِ تكَوُّنِه.

هذه الصورةُ تُبَيِّنُ بلَّوراتِ نَمَطٍ من الفِلْدسبار الأورْثُوكلازيّ المَعروف بالمكروكْلاين – الذي رَقْمُ صلادَته 6 على مِقياس مُوهْز. وهو يتألَّفُ من سِليكات البوتاسيوم والألومنيُوم، ويُشَكِّلُ بلَّوراتٍ ثلاثيَّةَ المَيْل.

تتواجَدُ الصُّخورُ في ثلاثةِ أنماطٍ أساسيَّة: الصُّخورُ البُرْكانيَّةُ (الناريّة) تتكَوَّنُ من الصُّهارةِ المُتصَلِّبة التي تَرْتَفِعُ من أَعماقِ قِشْرة الأرض؛ والصخورُ الرُّسُوبيَّةُ هي موادُّ ترسَّبَت على قِيعانِ البِحار أو الأنهار وتَصلَّبَت صَخْرًا مع مُرورِ الزَّمَن؛ والصُّخورُ المُتحَوِّلةُ قد تَبْدأُ كأحدِ النَّمطَيْن السالِفَيْن، لكِنَّها تتحَوَّلُ لاحقًا إلى ما هي عليه بفِعلِ الحرارةِ والضَّغْطِ في باطِنِ الأرض.

دِراسةُ الصُّخور

تتألَّفُ الصُّخورُ من مُرَكَّباتٍ كيماويَّةٍ تُسَمَّى مَعادنَ، يُمكِنُها أنْ تُشَكِّلَ داخلَ الصخْرِ حُبَيْباتٍ دَقيقةً أو بلَّوراتٍ ضَخْمة. هناك جُمْلةٌ مُتكامِلةٌ من التِّقانيَّاتِ في تصَرُّفِ عُلَماءِ الصُّخور تُمَكِّنُهم من تعَرُّفِ المعادنِ بمُجرَّدِ النَّظَرِ إليها. كما تُستَخْدمُ أيضًا الأدواتُ ميدانيًّا في موقِعِ التَّنْقيبِ أو في المُخْتَبَر. عِلْمُ البلّوريَّات يَشْمَلُ دراسةَ البلَّورات – من حيثُ أشكالُها وتركيبُها وخصائصُها. فالكثير من المعادن البلّوريَّة تَنْشَقُّ بيُسْرٍ في اتِّجاهٍ معيَّن، يُسَمَّى مُسْتَوى الإنْشِقاق، أكثَرَ منه في اتِّجاهٍ آخَر. أمَّا الصُّخورُ اللاانْشِقاقيَّةُ فقد تَتصَدَّع. وهذا التَّصَدُّع قد يَكونُ مَحاريَّ الشَّكْل أو مُشَظًّى أو مِنْشاريَّ التَّسْنين. وفي تقَصّي الخصائصِ البَصَريَّةِ للصُّخور تؤخَذُ بالاعْتِبار ألْوانُها وشَفافيَّتُها (مِقْدارُ الضوء الذي تَسْمحُ بمُروره) ومُعامِلُ انْكِسارها (مِقدارُ حَنْيها للضَّوء) وبَريقُها (الطريقةُ التي ينعكِسُ فيها الضوءُ من سُطوحِها) ولَونُ خَزِّها على آجُرَّةٍ غيرِ مُزَجَّجة. كما تُسَجَّلُ كَثافةُ الصَّخر، أو وَزْنُه النوعيُّ، ورَقْمُ صَلادته. وغالِبًا ما تُفْحَصُ شرائحُ رقيقةٌ من المَعْدِن تحتَ مِجْهرٍ ضوئيّ إذ إنَّ الضوءَ المُستَقْطَبَ يُساعِدُ في كَشْفِ الخصائص البَصَريَّة للمَعْدن. وبإمكان المَجاهرِ الإلكترونيَّةِ إجراءُ تحاليلَ كيماويَّةٍ مِجْهريَّةٍ على كُلِّ حُبَيْبة. أمَّا الأداةُ الأفعَلُ في هذه الدراسة فهي المِطيافُ الكُتْليُّ الذي يَزِنُ بالفِعل ذرَّاتٍ فَرْديَّةً في العَيِّنةِ ويُقارِنُ النِّسَبَ بين مُختلِفِ الأَشْكالِ أو النظائر من العناصِر نَفْسِها. وهذا مفيدٌ بخاصَّةٍ في تَحْديدِ عُمْرِ الصَّخر بتحديد عُمْرِ العناصِرِ المُشِعَّةِ فيه التي تَضْمَحِلُّ بسُرعةٍ مَعْروفة. وبهذه الطرائق، يُمكِنُ أحيانًا وَضْعُ تاريخٍ مُفَصَّلٍ للحُبَيْبةِ المَعْدِنيَّةِ طَبَقةً طَبَقةً خِلالَ مَراحِلِ تكَوُّنِها.

تَشكيلاتُ الصُّخور

يدرُس عُلماءُ الصُّخورِ أيضًا الظروفَ التي تَشَكَّلَتْ فيها الصُّخور. فمَثَلًا، الصخورُ البُرْكانيَّةُ تَبْرُدُ بسُرعاتٍ مُخْتلِفة.

فالثَّوَرانُ البُركانيُّ تحت البَحْر تُطْفِئه المياهُ الباردة بسُرعةٍ. ونَتيجةً لذلك، تتصَلَّبُ الحُمَمُ اللّابيَّةُ قبْلَ أنْ تتنامَى أيُّ بلَّوراتٍ كبيرة. أمَّا الكُتلةُ الكبيرةُ من الجِرانيت المَحْقونةُ في باطِنِ القارَّةِ فتَسْتَغرِقُ وقتًا أطولَ بكثيرٍ لكَي تَبْرُدَ – لِذا،

◄ الجِرانَيْت هو المَثَلُ الأَشْهَرُ على صَخْرٍ بُرْكانيٍّ انْدِساسيّ. هذه القِطْعةُ من جِرانيت شابٍ تَحْوي بلَّوراتٍ وَرْديَّةً كبيرةً من الفِلْدسبار الأورثُوكلازيّ، والبلجيُوكْلاز والفِلْدسبار الأورثُوكلازيّ الأَبيضَيْن، ومَيكا البَيُوتَيْت السوداء، والمَرْوَ (الكوارتز) الزُّجاجيّ.

الطَّلْق (التَّلْك) 1

الجِبْس 2

الكَلْسَيْت 3

الفلورَيْت 4

الأباتَيْت 5

فِلْدسبار الأورثُوكلاز 6

الكوارتْز 7

التُّوپاز 8

الكُورَنْدُم 9

ألماس 10

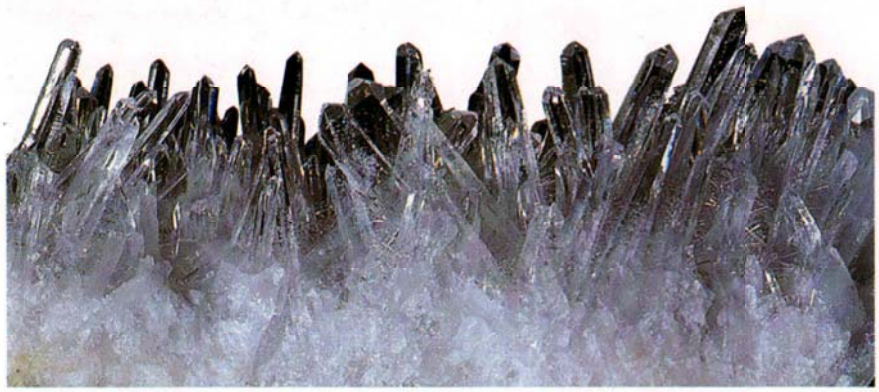
► في العام 1822، وضَع عالِمُ المَعادن الألمانيّ، فرِدْريخ مُوهْز (1773 – 1839) قائمةً من عَشَرةِ معادنَ تُستَخْدمُ أساسًا لِمُقارنةِ صَلادةِ الموادِّ المُختلِفة – بدءًا بواحد (1) للمَعْدِنِ الأَلْيَن، و10 للمَعْدِنِ الأصْلَد. وبالمُقارنة، فإنَّ صلادةَ ظُفْرِ الإصْبَع 2,5، والقِطْعةِ النَّقْديَّة النُّحاسيَّة، 3,5، والسِّكِّينِ الفولاذيّ 5,5، والزُّجاجِ 6.

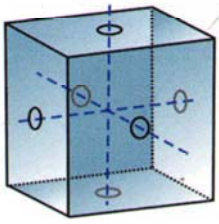
المَنْظُوماتُ البِلَّوريَّة

الأرضُ تَحْوي عشراتِ الأُلوفِ من المعادِن المُتمَيِّزة – لِكُلٍّ منها تركيبٌ كيماويٌّ مُحَدَّدٌ دقيق. والمعادنُ إذا تكَوَّنت بِبُطءٍ – مُتَرَسِّبةً من مَحْلول، أو بَرَدَتْ بِبُطْءٍ من صَخْرٍ مَصْهور – فإنَّها تَتنامَى عادةً بأشكالٍ بِلَّوريَّةٍ جميلة.

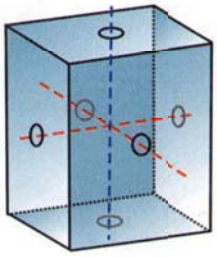
▼ المَنْظوماتُ (أو الأنظمةُ) البِلَّوريَّةُ الأساسيَّةُ مُبَيَّنةٌ في الشَّكْل أدناه. وهي: النِّظامُ التكعيبيُّ والرُّباعيُّ والسُّداسيُّ والمُعَيْنيُّ القائم والأُحاديُّ المَيْل والثُّلاثيُّ المَيْل.

◄ لكوارتْز، أو البِلَّورُ الصَّخْريّ، هو أحدُ المعادِنِ الأكثَرِ شُيوعًا وهو غالبًا ما يُشَكِّلُ بِلَّوراتٍ سُداسيَّةً جميلةً في فَجَواتِ الصُّخور. هذه العَيِّنةُ وُجِدَتْ في سويسرا.

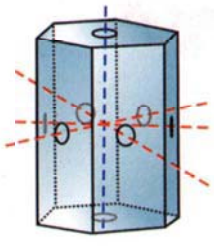




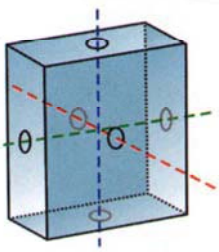
النِّظامُ التكعيبيّ: 3 مَحاورَ مُتَساويةُ الأطوال ومُتعامِدة. أمثلة: مِلح الطعام، والپيْرايت، والچالينا



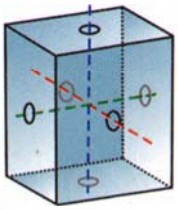
النِّظامُ الرُّباعيُّ الوُجوه: 3 مَحاورَ مُتعامِدة، أحدُها مُختلِفُ الطول. مثال: الكَسبتيرايْت



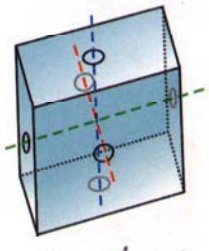
النِّظامُ السُّداسيّ: 3 مَحاورَ مُتساويةٌ في مستوًى أُفقيّ يتباعَدُ كُلُّ مِحْورَيْن بزاوية 120°، ومِحْورٌ رابعٌ مُتعامِدٌ مع مُستواها. مثال: الكوارتْز



النِّظامُ المُعَيَّنيُّ القائم: 3 مَحاورَ مُتعامِدةٌ غيرُ متساوية الأطوال. أمثال: الأُولِڤين والپيْريتات



النِّظامُ الأُحاديُّ المَيْل: 3 مَحاورَ غيرُ مُتساوية، 2 منها مُتعامِدان وواحدٌ (1) متعامدٌ مع مُستواهما. مثال: البَيْروكسين



النِّظامُ الثُّلاثيُّ المَيْل: 3 مَحاورَ غيرُ مُتَساوية وغيرُ مُتعامدة. مثال: البلاجيُوكلاز

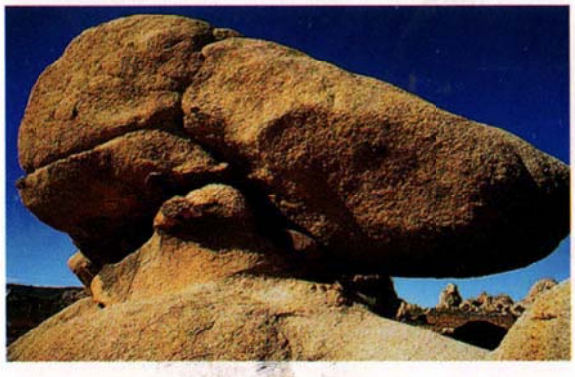
يمكِنُها تَنْمِيةُ بِلَّوراتٍ يَبْلُغُ طولُها عِدَّةَ سنتيمترات. حتَّى حُبَيْبةُ الرَّمْل لها قِصَّةٌ تُروى. فالرَّمْلُ يتألَّفُ عادةً من الكوارتْز أو السِّليكا. وحُبَيْباتُ الرَّمْل مثلًا كُلٌّ بِمُفْرَدِها قد تكونُ مُدَوَّرةَ الحوافِّ بفِعْل ارتطام هذه الحُبَيْبات واحدتِها بالأُخَر بِسَفْيِ الرِّياح. والحُبَيْباتُ الأدقُّ تَرْتَحِلُ أبعدَ بفِعْل الرِّياح والمياه، وبذلك تُصَنِّفُ الرِّمالُ نفسَها ذاتِيًّا. كذلك فإنَّ القُراراتِ المُحيطيَّةَ من حوافِّ القارَّات تتواجَدُ أحيانًا مُصنَّفةً بالرَّمْلِ الخَشِنِ في القاع والأدقِّ الأنعمِ أبعدَ فوقَها. وغالبًا ما يكونُ ذلك نتيجةً للإنْزِلاقاتِ الأرضيَّة تحت الماء التي ترسَّبَت منها الموادُّ الخَشِنةُ أوَّلًا.

فَصائلُ الصُّخور

مُعْظَمُ الصُّخورِ المُتواجدةِ في قِشْرةِ الأرض تتألَّفُ من مُرَكَّباتٍ كيمياويَّةٍ سِليكاتيَّة. ويَنْتمي هَمُّها إلى بضْع فصائلَ بَسيطة.

فالكوارتْز سِلْسلةٌ مُلَولبةٌ سليكاتيَّةٌ (SiO_4، س أ$_4$) من رُباعيَّاتِ الأوجُهِ المُثلَّثيَّة. وهو المَعدِنُ الأكثَرُ تواجُدًا في سَطْح الأرض.

المُونْزُونَيْت الكوارتْزيُّ صَخْرٌ بُركانيٌّ خَشِنُ الحُبَيْبات يَحْوي نِسْبةً عاليةً من الفِلْدسبار. وقُوى التحاتِّ تنتِجُ منه بِبُطْءٍ جلاميدَ مُدَوَّرةً كبيرةً تُشْبِه هذا الجُلْمود في مُتَنَزَّهِ شَجرة جوشوا القوميّ بكاليفورنيا.



وتتألَّفُ الفِلْدسبارات من هَيكلٍ من السِّليكات الأَلومنيُومِيَّة الرُّباعيَّةِ السُّطح مع كمِّيَّاتٍ مُتفاوِتةٍ من البوتاسيوم والصوديُوم والكالسيوم. وهي تُؤلِّفُ ما بين 50 إلى 60 بالمئة من كُتْلةِ مُجْمَل الصُّخور البُركانيَّة. الأُولِڤين يتألَّفُ من سِليكاتٍ كثيفةِ التراصِّ رُباعيَّةِ الأوجُه المُثلَّثيَّة مع المَغْنسيُوم والحديد. والأُولِڤيناتُ عامَّةُ التواجُد في الدِّثارِ الأرضيِّ وفي الصُّخورِ البُركانيَّة. البَيْروكْسيناتُ فَصيلةٌ من السِّليكات السِّلْسليَّة تَحْوي المَغْنسيوم (إنستاتَيْت) أو الكالسيُوم والمَغْنسيُوم (دايُوپسَيْد) أو الحديد والألومنيُوم (أُوجَيْت). الأَمْفيبُولات هي بَيْروكْسينات مُزْدَوجةُ السِّلْسلة من سليكات الحديد والكالسيُوم والمَغْنسيُوم وسواها.

والمَيْكا هي سِليكاتٌ طِباقيَّةٌ تنْفَلِقُ بِسُهولة إلى قُشاراتٍ أو لُوَيحات. وهي تَشْمَلُ المَسْكوفَيْت (المَيْكا البَيْضاء) والبَيُوتَيْت (المَيْكا الداكِنة).

مَقْطَعٌ رَقيقٌ من البازَلْت الأُولِڤينيّ يُبَيِّنُ بِنْيتَه مُكَبَّرةً 25 مَرَّة. البِلَّوراتُ المُتطاولة هي فِلْدسبار پلاجيُوكلازيّ. ويَظهَرُ الأُولِڤين كبِلَّوراتٍ مُدَوَّرةٍ ورْديَّةٍ أو بُرْتُقاليَّة.

هذه البِلَّورةُ من المَيْكا المَسْكوفيتيَّة تنْفَلِقُ بسُهولةٍ إلى طَبَقاتٍ رَقيقة. وحيثُ إنَّ المَعْدِنَ صامِدٌ للحرارة، فإنَّه يُستَخْدَمُ عادةً في صُنْعِ نوافذِ الأفران.

أُنْظُر أيضًا

بِنْيةُ الأرض ص 8 – 9
خصائصُ الجَوامِد ص 194 – 195
الإنكِسار ص 264 – 265

الخاماتُ والأَحْجارُ الكَريمة

كثيرٌ من العناصِرِ نادِرُ التواجُد في بِنْية الأرض، لكِنَّ العَمليَّاتِ الطبيعيَّةَ ركَّزتْها في مَواقِعَ حيث في مَقدورنا تَعْدينُها كخاماتٍ قَيِّمةٍ أو كجواهِرَ نفيسة.

فلِزَّاتُ الحَديدِ والنُّحاس والذَّهَب وسائرُ الفلِزَّاتِ الأُخرى ذاتُ القيمة لَدى الناس مُتواجدةٌ بكمِّيَّاتٍ نَزْرةٍ في جميعِ أنحاءِ العالَم. لكِنَّ العَمليَّاتِ الطبيعيَّةَ قامَت وتقومُ بتركيز خاماتِ هذه الفلِزَّات في مواقعَ حيث يُمكِنُ للناس تَعْدينُها واستِخْدامُها.

البُوكسَيْت – خامُ الألومنيُوم الرئيسيّ – يتألَّفُ من خَليطٍ من أكاسيد الألومنيُوم المُمَيَّأة.

مَصادِرُ المَعادِن

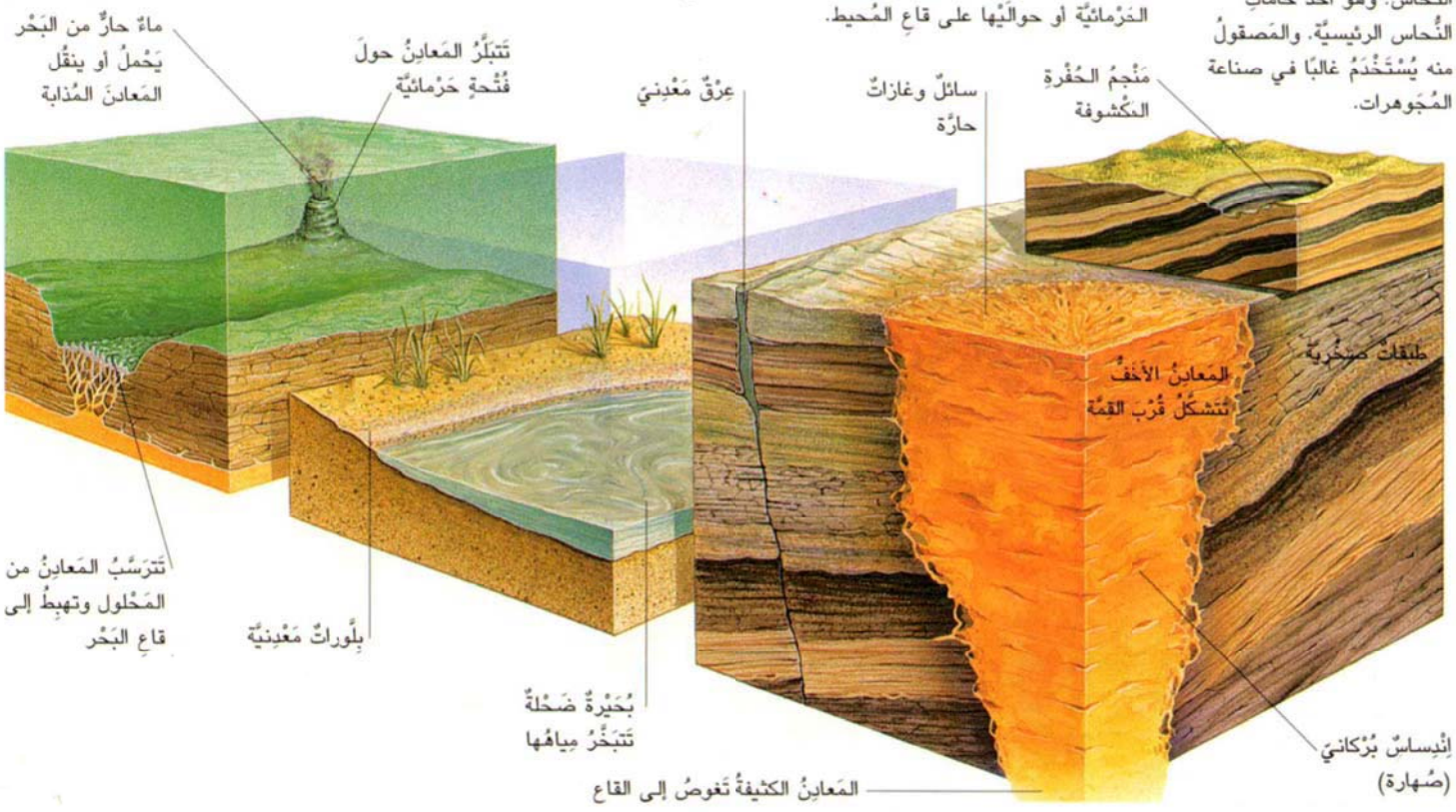
يحدثُ تَرْكيزُ المَعادن في الطبيعة بعِدَّة طُرق. ففي الصَّخْر المَصْهور، يَبْدأُ تشَكُّلُ البِلَّورات، وتَغوصُ الأكثَرُ كَثافةً منها إلى القاع. وقد أدَّت هذه العمليَّةُ إلى تكْوين القَلْبِ الحديديِّ المَصْهور للأرض. وهي تحدثُ على نِطاقٍ أضيَقَ في الكُتَلِ المُنْدَسَّةِ من الصَّخْرِ المَصْهور، كالجرانيت. وإضافةً إلى تَرْكيزِ المعادِن ضِمْنها، فإنَّ كتلةَ الصَّخْرِ المَصْهورِ الصاعدةَ عَبْرَ الصُّخورِ الأخرى تَدْفَعُ البُخارَ والماءَ المُفْرِطَ الإحماءِ أمامَها. وبإمكانِ هذه النَّوى، تحتَ الضَّغْطِ الهائلِ، تَذْويبُ الكثيرِ من المَعادن في الصَّخْرِ ودَفْعُها عبْرَ الشُّقوقِ والصُّدوع، حيثُ تَترسَّبُ كعُروقٍ مَعْدِنيَّة. وتتركَّزُ مَعادِنُ أُخرى على مَنْأىً من سَطْح

يتألَّفُ المَلَكَيْتُ من كربونات النُّحاس؛ وهو أحدُ خاماتِ النُّحاس الرئيسيَّة. والمَصقولُ منه يُسْتَخْدَمُ غالبًا في صناعة المُجَوهرات.

قد تَتشكَّلُ المَعادِنُ القَيِّمةُ في الإندِساساتِ البُركانيَّة الحارَّة أو حوالَيْها، بالتبَخُّرِ أو التَّجْويةِ على مَقْرُبةٍ من السَّطْح، وفي الفُتحات الحَرْمائيَّة أو حوالَيْها على قاعِ المُحيط.

السِتِبْنَيْت هو الخامُ الرئيسيُّ لِعُنْصرِ الأنتيمون. وهو مَعدنٌ كِبْريتيديٌّ يُشكِّلُ غالبًا بلَّوراتٍ مُتطاوِلة. يَتكَوَّنُ السِتِبْنَيْت حَوْلَ الفُتَّحات الحَرْمائيَّة في المُحيطات – حالًّا في الغالِب محَلَّ الصُّخورِ الأُخرى التي انحَلَّت وذابَت.

الأرض عندما يَتبَخَّرُ الماءُ أو عندما تَنْحَتُّ مُقَوِّماتٌ أُخرى من مادَّةِ الصَّخْر. وفي أعماقِ المُحيطات هنالك ثُقوبٌ، تُسَمَّى فُتحاتٍ حَرْمائيَّة، تَدْفُقُ مياهًا غَنِيَّةً بالمعادِنِ التي تَتبَلَّرُ حولَ تلكَ الفُتحات أو تَترسَّبُ في أرجاءِ المُحيط حوالَيْها. وهنالك مِساحاتٌ شاسِعةٌ من قاعِ أعماقِ المُحيط مَكْسُوَّةٌ بعُجَيْراتٍ مَنْغَنزيَّةٍ مُبعثرةٍ غَنِيَّةٍ بفلِزَّاتٍ قَيِّمةٍ أُخرى، كالكُوبَلْت. ولعَلَّ المناجِمَ سَتكونُ يومًا ليْسَ على الأرض بلْ في الفَضاء. وإذا ما استَطَعْنا أسْرَ كُوَيْكبٍ سيَّارٍ غَنِيٍّ بالفلِزَّات وتَعْدينَهُ، فقد نحصُلُ منه على كمِّيَّاتٍ من



البلاتين والفلِزَّاتِ ذاتِ العلاقة ما يُساوي ترِلْيُوناتِ الدولارات.

مُعالَجةُ الخامات

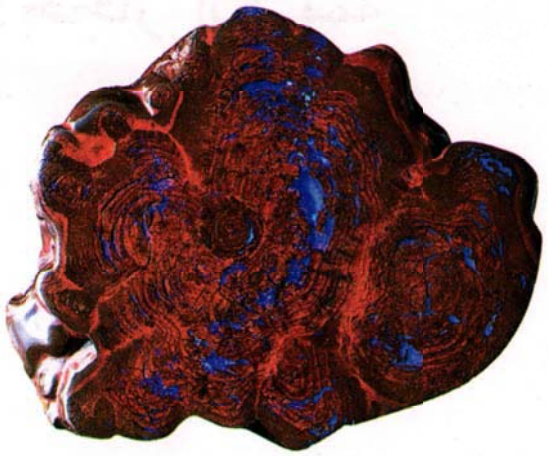
تعتَمدُ تِقانيَّاتُ التَّعْدينِ على مُسْتَوى تَرْكيزِ الخام وعُمْقِه وعلى قِيمَتِه عندَ الناس. وحيثُ يوجَدُ الخامُ في عِرْقٍ سَميكٍ تحتَ الأرض، فبالإمكان الوُصولُ إليه بحَفْرِ مَهاوٍ بئريَّةٍ، وأحيانًا تكونُ الطبيعةُ قد قامت هي بعمليَّةِ الحَفْر. كَثيرًا ما تتواجَدُ قُراراتٌ ضَخْمةٌ من الخام الأقلِّ تركيزًا على مَقْرُبةٍ من السَّطْح تَسْتَحِقُّ الاستِخْراجَ بتِقانيَّاتِ التَّعْدينِ المَكْشوف. فحُبَيباتُ الذهب الدقيقةُ وشَذَراتُه، مثلًا، يُمكِنُ العثورُ عليها مُرَكَّزةً في التجمُّعاتِ الحَصباويَّةِ في قِيعان الأنهار.

مُعظمُ المَعادنِ الفلِزِّيَّةِ هي مُرَكَّباتٌ كيماويَّةٌ ذاتُ خصائصَ مُختلِفةٍ جِدًّا عن خصائص الفلِزَّات التي تَحْتويها. فتُسْتَخدمُ طريقةُ الصَّهْرِ لاسْتِخلاصِ الفلِزِّ من خاماته. وتُسْتَخْدمُ الحرارةُ وعاملٌ مُخْتَزِلٌ، كالكربون، لفَصْلِ مُرافِقات الفلِزِّ الكيماويَّةِ عنه.

الأَحْجارُ الكَريمة (الجَواهِر)

بعضُ المَعادنِ تُقَيَّمُ غالبًا لجَمالِها الطبيعيِّ – وليسَ على أساسِ أيِّ استِخْدامٍ عَمليّ. فأيُّ مَعدنٍ يُتَّخَذ حِلْيَةً يُمكِنُ اعتِبارُه من الجَواهر. بعضُ المعادن عُضْويُّ الأَصْل يَحْوي الكَهْرمانَ الأصفر (الراتينَجُ الشجريُّ الأُحفوريّ) أو السَّبَجَ (الكَهْرمان الأسود الصَّلْد). والكثيرُ من الأَحْجار النفيسةِ الأُخرى هي ضُروبٌ من المعادن السِّليكاتيَّة كالمَرْو (الكوارتْز) والجَمَشْت واليَشْم والبَجادي (العَقيق الأحمر) والتوپاز (الياقوت الأصفر). والأَحْجارُ الأنفَسُ قِيمةً والأغلَى ثمَنًا هي الأَعزُّ نُدْرَةً والأكثرُ ديمومةً. وهي تشمَلُ الياقوتَ الشفّاف المُشْرَب بالحُمْرة والصَّفِّيرَ (الياقوت الأزرق) والزُّمُرُّدَ (الزَّبَرْجَد الأخضر) والماسَ. وهذه يتكوَّنُ مُعظمُها على درجاتِ حرارةٍ وضَغْطٍ عاليةٍ في باطِن الأرض.

ومع أنَّ الماسَ هو أصلَدُ المَعادنِ المَعْروفة، فإنَّه، كالفَحْم النباتيِّ، مُؤلَّفٌ من كرْبونٍ نَقِيّ. لكِنَّه، خِلافًا للفَحْم النباتيِّ، تكَوَّنَ من كربونٍ تحتَ ضَغْطٍ هائلٍ على عُمْق حوالى 600 كيلومتر تحتَ سَطْح الأرض. أمّا مناجِمُ الماسِ الشهيرةُ في إفريقية الجَنوبيَّة، فمَصْدَرُها صَخْرٌ بُركانيّ، يُسَمَّى الكِمْبَرلَيْت، تَنَجَّرَ بِعُنْفٍ هائلٍ يَفوقُ الوَصف منذُ أكثرَ من بِليونِ سَنة. بِلَّوراتُ الماسِ الطبيعيِّ ذاتُ 8 أوجُه، لكِنَّها في الحُلِيِّ، تُقَصُّ فَنِّيًّا وبعِنايةٍ فائقة إلى وُجَيْهاتٍ كثيرة – عددُها المُفَضَّل 58. والماسُ هو أصلَدُ المعادنِ المَعْروفة (صلادتُه 10 في مِقياس مُوهْز – أُنظُر ص 24) – لِذا فهو يُسْتَخْدمُ في إعداد المَثاقيبِ والمَناشيرِ الصِّناعيَّة.



◄ مَقْطَعٌ عَبْرَ جِذْعٍ شجريٍّ أُحفوريّ مُتَحَجِّرٍ يُبَيِّنُ بِنْيةَ الشَّجرة ومَعْدِنَ الأُوپال. والأُوپالُ هو شكلٌ لابلَّوريٌّ من ثاني أكسيد السِّليكون – ألوانُه الكثيرةُ تجعَلُ مِنه حجرًا كريمًا ثمينًا.

الچالينا – كِبْريتيد الرَّصاص هو خامُ الرَّصاص الرئيسيّ. وهو يُشكِّلُ بلَّوراتٍ فلِزِّيَّةً رَماديَّةً تكعيبيَّة. وغالبًا ما يَحْوي عُنْصُرَ الفِضَّة – الذي يُعْتَبَرُ مُنْتَجًا ثانويًّا قَيِّمًا في صِناعةِ تَعْدين الرَّصاص.

يتألَّفُ التوپازُ من سِليكات الألومنيُوم والفلُور. وهو يتواجَدُ في عِدَّةِ ألوانٍ مُختلِفةٍ – تشمَلُ الأصفرَ والأزرقَ والأخضرَ والبنَفْسجيَّ والبُنِّيَّ المُحْمَرّ. هذه بلَّورةُ توپاز مُنْجَزةُ القَطْعِ والصَّقْل.

▼ الزُّمُرُّد (الزَّبَرْجدُ الأخضرُ) شكْلٌ نادِرٌ من البَريل (سِليكات البريليُوم والألومنيُوم) يكتَسِبُ لونَه الأخضَرَ من مَقاديرِ الكروم الضئيلةِ النِّزْرةِ التي يحتويها.

► عامِلُ مَناجمَ يتقَصَّى عِرْقًا مَعْدِنيًّا في مَنْجمٍ لاستِخْراج الزُّمُرُّد. مُعظَمُ أنواعِ الزُّمُرُّد تتكوَّنُ عندما تتفاعَلُ مَوائعُ سافِعةُ الحرارةِ تحوي البريليُوم والكرُوم مع أكسيد الألومنيُوم حوْلَ الإنبِساساتِ الچرانيتيَّة.

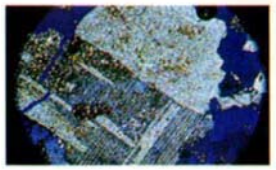
أُنْظُر أيضًا

بِنْيةُ الأرض ص 8 – 9
المُرَكَّباتُ الكيماويَّة ص 164 – 165
الفلِزَّاتُ الثمينة ص 201
الفَحْمُ الحَجَريّ ص 213

الصُّخورُ النَّاريَّةُ (البُرْكانيَّة)

الصُّخورُ الناريَّةُ بمُختلِف أشكالها تتولَّدُ بفِعْل الحرارةِ الشديدة (800° – 1300°س)؛ ومُعْظمُها يتكوَّنُ من صُهاراتٍ تحت ضغطٍ هائلٍ عميقًا في باطنِ الأرض. وتَتصاعَدُ هذه الصُّخورُ ببُطءٍ نحوَ السَّطح مَصْهورةً و شِبْهَ مَصْهورة.

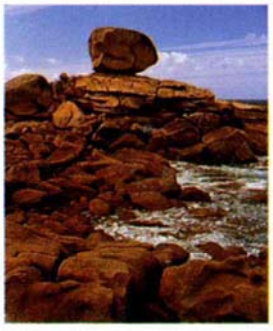
هذا الوَجْهُ الجُرْفيُّ يَحْوي طَبَقاتٍ من الخفَّافِ (النَّسَفَة) والسَّبَج (الأوبْسيديان)، وكلاهُما صَخْرٌ ناريٌّ نابِط.



المِجْهَرُ يكشِفُ بلَّوراتٍ مَعْدِنيَّةً في هذا المَقْطعِ الرَّقيقِ المُكَبَّرِ من الجرانيت البُورْفيريّ.

زُجاجٌ سَبَجِيٌّ أسودُ ناريُّ الأصْل مُغَطًّى بِنُدَفٍ بيضاءَ أشبَه «بالكِسَفِ الثلجيَّة».

◄ هذا مَقْطَعٌ عَبْرَ أنْدِساسٍ من الجرانيت يُبَيِّنُ باثُوليثًا ذا جُدَّاتٍ قاطعةٍ وجُدَّاتٍ مُوازيةٍ حَوْلَه. أحيانًا يَتَّخِذُ الإنْدِساسُ شَكْلَ قُبَّةٍ وتُكَوِّنُ الصخورُ الرُّسوبيَّةُ المُحيطةُ لاكوليثًا – وهو كُتْلةٌ صخريَّةٌ انْدِساسيَّةٌ مُتوافقة تُشبِه الخَزّانَ المَقْلوب. وبِتحاتُ الصُّخورِ يُنْكَشِفُ الجرانيت.



▲ شَعُّ الشَّمْسِ والصَّقيعُ يُسَبِّبانِ تمَدُّدَ طبقاتِ الجرانيت الخارجيَّةِ وتقَلُّصَها حتَّى تُصْبِحَ جَلاميدَ مُدَوَّرة.

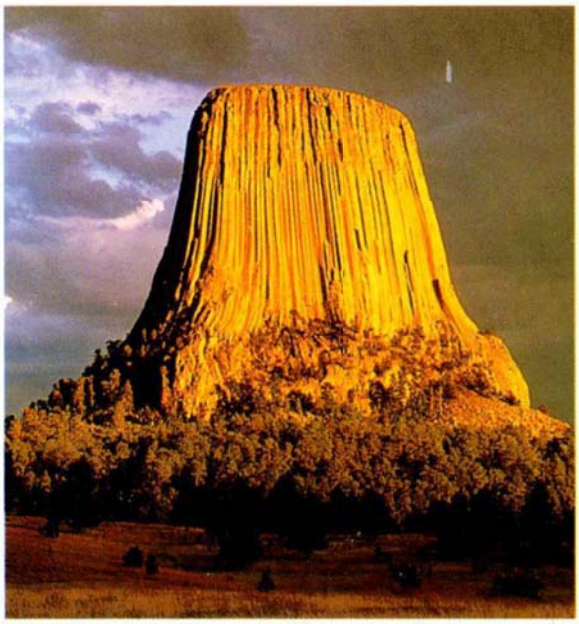
صُخورٌ ناريَّةٌ مُخْتلِفة

الصُّخورُ الناريَّةُ إمَّا مُنْدَسَّةٌ أو نابِطة. فالصُّخورُ المُنْدَسَّةُ تُدْفَعُ صُعُدًا تحت صُخورٍ فوقَها ككُتَلٍ ضَخْمةٍ مُكْتَبِلةِ التَّصَلُّب. والصُّخورُ النابِطةُ تَتفَجَّرُ من بَراكينَ أو تَنْقَذِفُ في جُدَّاتٍ قاطِعةٍ وجُدَّاتٍ مُوازِيةٍ مُقْتَرِنةٍ بها.

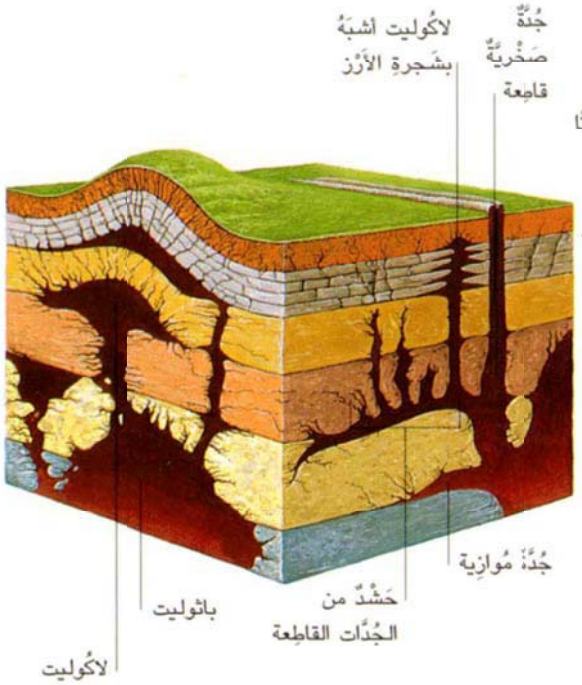
وتعتَمِدُ نَسْجَةُ الصُّخورِ البُرْكانيَّةِ على سُرعةِ تَبَرُّدِها. فإذا بردَت ببُطْءٍ في أنْدِساساتٍ ضَخْمةٍ، فقد تَتنامى فيها بلَّوراتٌ كبيرة. وأحيانًا تترَسَّبُ هذه البلَّوراتُ لِتُشَكِّلَ إبْجماتيت الخَشِنَ النَّسْجةِ البلَّوريَّة، أو تُؤسَرُ كبلَّوراتٍ بارزةٍ كبيرةٍ في وَسَطٍ ذي حُبَيْباتٍ أدَقّ. أمّا إذا بَردَتِ الصُّهارةُ بِسُرعةٍ، فستَكُونُ الحُبَيْباتُ دَقيقةً أو حتَّى زُجاجيَّة. وقد تَحْتَجِزُ فقاقيعَ من الغاز أو حتَّى شَقَفًا كبيرةً من الصَّخْر المُكْتَنِف (كصُخورٍ دَخيلة).

الصُّخورُ الناريَّةُ القاعديَّةُ قد تتكوَّنُ بالإنْصِهارِ الكُلِّيِّ أو الجُزْئيِّ لِطبقة الدِّثارِ العُلْيا، بخاصَّةٍ حيثُ ترتَفِعُ ذُؤابةٌ دِثاريَّةٌ تحتَ نُقْطةٍ حارَّة. فعندما تَنْقَذِفُ الصُّهارةُ هذه من بُركانٍ وتَبْرُدُ بِسُرعةٍ، فإنَّها تُكَوِّنُ نوعًا من البازَلْتِ دقيقِ الحُبَيْبات قاتِمِ اللَّون جِدًّا يَحْوي الفِلْدسبار والمَيكا والهورنْبِلِنْد. وإذا ما حُقِنَ الخَليطُ نَفْسُه بينَ طبقاتٍ صخريَّةٍ تحتَ الأرض، فإنَّه يَبْرُدُ ببُطْءٍ أكثر، مُشَكِّلًا بلَّوراتٍ أكبرَ تُسَمَّى دولِرَيْت. وهو بالتبريدِ الأبْطأ، على مَدَى ملايين السِّنين وفي أغوارٍ أعمقَ، يُكَوِّنُ صُخورًا أخشَنَ نَسْجَةً تُسَمَّى جابْرو، بالتركيبِ الإجماليِّ نفسِه.

عندما تَغوصُ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ تحت قارَّةٍ فإنَّ أجزاءً من كِلتَيْهما تَنْصَهِرُ مُكَوِّنةً صُهارةً أكثرَ حامِضيَّةً وأغْنى سِليكاتيًّا. الماءُ وثاني أكسيد الكربون يَجْعلان الصُّهارةَ تَنْسابُ بِسُهولةٍ أكثر، لكِنَّ السِّليكا تُغَلِّظُ قَوامَها. الإنْبثاقاتُ من هذه المادَّة تُكَوِّنُ الأنْدِسَيْت – وهو شكلٌ من البازَلْت أبْهَتُ لونًا وأغنَى بالسِّليكا. وبعدَ ملايينِ السِّنين، عندما تَتَشَخَّنُ القارَّةُ بالقُوَرانات البُرْكانيَّة، قد تَبْدأُ قاعدةُ القارَّةِ بالإنْصِهار. وهذا يُحْدِثُ انْدِساساتٍ من الجرانيت الغَنِيِّ بالسِّليكا.



بُرْجُ الشيطان في وِلايةِ وَيُومِنْغ، بالولاياتِ المتَّحدة الأمريكيَّة، هو سِطامُ أو فُتْحَةُ بُرْكانٍ بازَلْتيّ ضَخْم.



أُنْظُر أيضًا

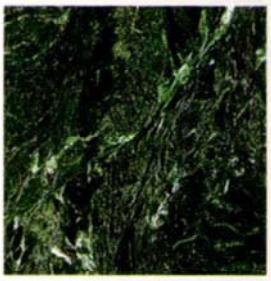
بِنْيةُ الأرض ص 8 – 9
البَراكين ص 18 – 19
تَشَكُّلُ الصُّخور ص 24 – 25

الصُّخورُ المُتَحَوِّلة

تتكوَّنُ الصُّخورُ المُتَحَوِّلةُ من صُخورٍ أُخرى بفِعْلِ الضُّغوطِ ودَرجاتِ الحرارة الهائلةِ على عُمْقِ آلافِ الأَمتار تحتَ سَطْحِ الأرض.

الأردُوازُ شكلٌ مُتَحَوِّلٌ من الطَّفْل بفِعْل الضَّغْطِ غالبًا. والحُبَيْباتُ المعدنيَّةُ في الأردُواز مُتَراصِفةٌ صُفوفًا بحيثُ تجعَلُه قابلًا للتَّفَلُّقِ شرائحَ رَقيقةً. هذا المَحْجَرُ في سنُودونْيا، بويلْز، كان يُسْتَخْدَمُ سالفًا في إنتاج ألواحِ الأردُواز المُسْتَخْدمةِ في صِناعةِ التَّسْقيف.

عندَ تعَرُّضِ الصُّخورِ البُرْكانيَّةِ والرُّسُوبيَّةِ إلى ضُغوطٍ هائلةٍ ودَرَجاتِ حرارةٍ عالية، فإنَّ بِنْيَتَها وأحيانًا تَرْكيبَها الكيماويّ، قد يَتَغَيَّران. فالموائعُ الحارَّةُ التي تَتَغَلْغَلُ فيها قد تُضيفُ إليها أو تُزيلُ منها معادنَ مُخْتلِفةً. ويُمكِنُ لهٰذه الظُّروف أنْ تَجْعَلَ المَعادنَ المَوجودةَ تَتَّخِذُ أشكالًا مُخْتلِفةً. القُوَى التحويليَّةُ هذه قد تَفوقُ الـ 100 ضَغْطٍ جَوِّيٍّ وَالـ 400°س. وتحتَ هذه الظُّروفِ قد تَغْدو المعادِنُ الطِّباقيَّةُ مُشَوَّهةً أو مُمْتَطّةً أو مُدَمَّرةً. لذلك فإنَّ الصُّخورَ المُتَحَوِّلةَ تُصَنَّفُ حَسَبَ نَسْجَتِها وتَرْكيبِها ومَصْدَرِها.



الرُّخامُ صَخْرٌ جيريٌّ (كِلْسيٌّ) مُتَحَوِّل. وهو يُشَكِّلُ حَجَرَ بِناءٍ زُخْرُفيًّا مُحَبَّبًا. هذه اللوحةُ تُؤلِّفُ جُزْءًا من الواجِهة الخارجيَّةِ لِمَبْنَى البُورصة في لَنْدن.

تَصْنيفُ الصُّخور المُتَحَوِّلة

هنالكَ نَوعانِ من التَّحَوُّل: أوَّلُهما التحَوُّلُ التَّماسيُّ، حيثُ تَشْوي أنْدِساساتٌ حارَّةٌ من الصخْرِ الناريِّ الصُّخورَ المُحيطةَ المُكْتَنِفة. وثانيهُما التَّحَوُّلُ المِنْطَقيّ حيثُ تُكبَسُ وتُدفَنُ وتُحْمَى حُجومٌ من الصَّخْر أضخَمُ كثيرًا - كما في نُطُقِ التصادُمِ القارِّيَّةِ مثلًا.

لتَّحَوُّلُ يربُطُ حُبَيْباتِ الحجَرِ الرَّمْليِّ معًا مُكَوِّنًا الكوارتْزَيْت؛ كما يُحَوِّل الحجَرَ الجيريَّ إلى رُخام. ومع عَودةِ تبَلُّرِ كربونات الكالسيوم في الرُّخام، تَجْنَحُ بعضُ الشوائبِ إلى مُغادرةِ البلَّورات قَسْرًا. وغالبًا ما يُشَكِّلُ هذا أزْيانًا مُغايِرَةً تُكْسِبُ الرُّخامَ زخْرَفَةً جَماليَّةً عالية. إنَّ بعضَ أشهرِ التماثيل في العالَم قد نُحِتَت من رُخامٍ كارَّارا الشهيرِ الأبيضِ المُقْتَطَع من محاجِر إيطاليا.

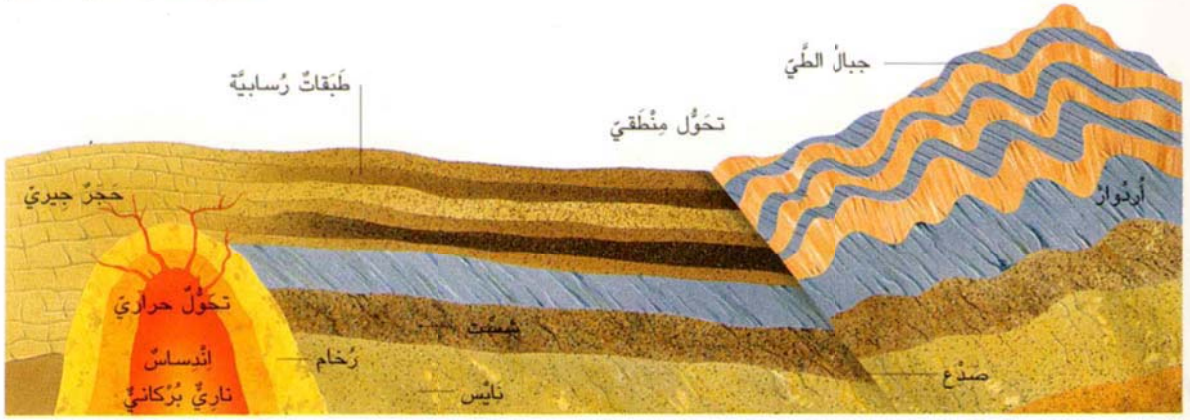
لتَّحَوُّلُ المِنْطَقيُّ قَد يُمِرُّ صَخْرًا رُسُوبيًّا، كالطَّفْل، عَبْرَ سِلْسلةٍ من التغَيُّرات. فيُعيدُ تشكيلَ العَديدِ من المَعادنِ الطِّفاليَّةِ (الصَّلْصاليَّة) إلى حُبَيْباتٍ رقيقةٍ مُسَطَّحةٍ من المَيكا بالإضْغاطِ المِنْطَقيّ. وهذه تَنْزعُ إلى التراصُفِ مُتَعامِدةً مع اتِّجاهِ الإنْضِغاط.

هذه العَيِّنةُ من صَخْرِ النَّايْس تَحْوي بلَّوراتٍ خَشِنةً وتَبْدو شَبيهةً بالجِرانيت. لكِنَّ نَسْجةَ هذه العَيِّنة سببُها تَراصُفُ الحُبَيْباتِ صُفوفًا تحتَ الضَّغْط.

يَتَكَوَّنُ الشِّسْتُ بالتحَوُّلِ المِنْطَقيّ. بلَّوراتُ المَيكا تراصَفَت بفِعْلِ الضَّغْطِ العالي. بعضُ المَيكا في قِطْعةِ الشِّسْت هذه، التي مَصْدَرُها جبالُ الألْب النِّمْساويَّة، قد تَحَوَّل إلى بَجاديّ (عَقيق أحمر).

هذه العمليَّةُ قَد تُشَكِّلُ صخرَ الأُردُواز الذي يُمكِنُ فَلْقُه شرائحَ مُسَطَّحةً على امْتِدادِ التَّجَزُّع في اتِّجاهٍ قد لا يُمتُّ بِصِلةٍ إلى الطَّباقيَّةِ الرُّسُوبيَّةِ الأصليَّة. وإذا استَمَرَّ الإنْضِغاطُ، فإنَّ الأُردُوازَ يتحَوَّلُ إلى فِلِّيت - مع مَزيدٍ من أنواع الميكا ومَعادن الضغط الأعلى كالبَجادي (العَقيق الأحمر). وبتَزايدِ الضغطِ ودَرجةِ الحرارة تَتَشَوَّه الطبقةُ المعدنيَّةُ أكثرَ فأكثرَ مُكَوِّنةً شِسْتًا رقائقيًّا. وبارْتفاعِ دَرجةِ الحرارة أكثر تتَخَشَّنُ حُبَيْباتُ المعادن مُنْتِجةً النَّايْس. وقد يكونُ النَّايْسُ هو الصَّخْرُ الذي يَنْصَهِرُ عندَ قاعدةِ القارَّاتِ، ثُمَّ يَصْعَدُ مُنْتِجًا الجرانيت مُكْمِلًا بذلك الدَّوْرةَ الصَّخْريَّة.

هذا المُخَطَّطُ يُبَيِّنُ شَكْلَي التَّحَوُّل المُخْتلِفَيْن. فجبالُ الطَّيّ، إلى يَمين الصَّدْع، قد رُكِمَت طبقةً سَميكةً من الصخر، كابسةً إيّاها بحيثُ أعادَت حُبَيْباتُها المَعْدنيَّةُ تراصُفَها فتحَوَّلَ الطَّفْلُ إلى أُردُواز. أمَّا طَبَقاتُ الطَّفْلِ والأُردُواز الأكثرُ عُمْقًا والأشَدُّ سُخونةً فقد تحوَّلَت إلى شِسْت ونايْس. وإلى يسار المُخَطَّط، يَبْدو اندِساسٌ بُركانيٌّ يشْوي الصُّخورَ المُحيطةَ مُحْدِثًا تحَوُّلًا تماسيًّا، ومُحَوِّلًا الحجَرَ الجيريَّ إلى رُخام.

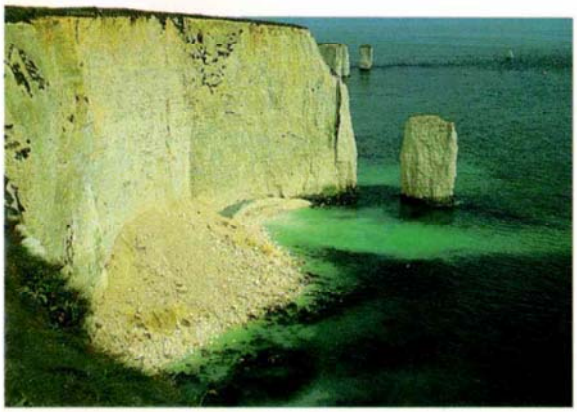


اُنْظُر أيضًا

بِنْيةُ الأرض ص 8 - 9
تَشَكُّلُ الصُّخور ص 24 - 25
الصُّخورُ النَّاريَّة (البُرْكانيّة) ص 28
الصُّخورُ الرُّسُوبيَّة (الطِّباقيَّة) ص 30 - 31

الصُّخورُ الرُّسُوبيَّة (الطِّباقيَّة)

الأرضُ مُفْتَرشةٌ بِطَبَقاتٍ من الصُّخورِ الرُّسُوبيَّة (الطِّباقيَّة). وتتألَّفُ هذه الصُّخورُ من رُساباتٍ كيماويَّةٍ وأحيائيَّة (بيُولوجيَّة)، وأحافيرَ وشقَفٍ مُجوَّاةٍ من صُخورٍ أُخرى.



الجُرُفُ الجيريُّ الطَّباشيريُّ في مُرتَفعات دوڤر جَنوب إنكلترا هي ترَسُّباتٌ من الحجَرِ الجيريِّ الدقيقِ الحُبَيْبات تكوَّنَت من مَحارِ المُتعَضِّياتِ البَحْريَّة الدقيقةِ التي عاشَت هناك منذُ حوالى 70 مليون سَنة.

الحَجَرُ الجيريُّ (الكِلْسيُّ) قد يتكَوَّنُ من التَّرسُّبِ الكيماويِّ لِكَرْبوناتِ الكالْسيُوم، أو قد يكون أحيائيَّ المَنْشأ - يتألَّفُ من هياكلِ ملايينِ المُتعَضِّيات المِجْهريَّة، كما هي الحالُ في الصُّخورِ الطباشيريَّة. وتَشْمَلُ الرواسِبُ الأحيائيَّةُ (العُضْويَّة) المَنْشأ الوُقُدَ الأُحفوريَّةَ - كالفَحْم، الذي هو بَقايا نباتاتٍ مُنْضَغِطةٍ، والنِّفْطِ المُتكَوِّنِ، بِفِعْلِ البَكتِريا من موادَّ عُضْويَّةٍ مَطْمُورةٍ.

عمليَّةُ التَّجْوِيَة

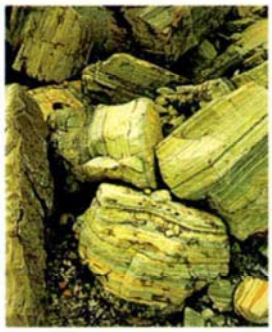
التَّجْوِيَةُ عمليَّةٌ مُعَقَّدةٌ - بِواسِطَتِها تَتفَتَّتُ الصُّخورُ إلى رُسابات. التجويَةُ الكيماويَّةُ تَحْدُثُ من تعَرُّضِ الصُّخورِ لِفِعْلِ المياهِ وثاني أُكسيد الكربون والحوامضِ العُضْويَّة؛ ويَتسَرَّعُ هذا الفِعْلُ في درَجاتِ الحرارة الأسْخَن. أمَّا التجويَةُ الطبيعيَّةُ فتَحْدُثُ بتَشقُّقِ الصُّخورِ وتَفلُّقِها - مثلًا بِفِعْلِ تجَمُّدِ المياه وتَسَبُّلِها التكراريِّ.

الصُّخورُ في تكَوُّنٍ مُسْتَدامٍ وليسَ فقط في الثَّوَرانات التي تَحْدُثُ عميقًا تحتَ سَطْحِ الأرض. الصخورُ الرُّسوبيَّةُ تَنْتُجُ من تَدَمُّجِ وتصَلُّبِ جُسَيْماتٍ رُسوبيَّةٍ دقيقةٍ تَتراكَمُ في طَبَقات.

رُساباتٌ مُخْتلِفةٌ

هنالك ثلاثةُ أنواعٍ رئيسيَّةٌ من الصُّخورِ الرُّسُوبيَّةِ (الطِّباقيَّة): الفُتاتيَّةُ والعُضْويَّةُ الأحيائيَّةُ المَنْشأ والكيماويَّة. تتكَوَّنُ الصُّخورُ الفُتاتيَّةُ من تفَتُّتِ صُخورٍ سالِفةٍ إلى جُسَيْماتٍ دقيقةٍ يُعادُ تَوزيعُها بِواسطةِ الرِّياحِ والمياهِ والنَثالِج. وهي تُصَنَّفُ حَسَبَ حَجْمِ حُبَيْباتِها، من جلاميدَ وحصًى كبيرةٍ إلى جُسَيْماتٍ طينيَّةٍ فائقةِ الدِّقَّة. وقد تكونُ الحُبَيْباتُ مُدَوَّرةً ومُتآكِلةً، أو مُزَوَّاةً ومُكَسَّرةً؛ كما قد تكونُ سائبةً غيْرَ مُتَدمِّجةٍ أو مَضْغوطةً معًا أو مُسَمْنَتةً بمَوادَّ مُذابةٍ في المياهِ الجَوفيَّة، كالكالْسَيْت والسِّليكا أو أُكسيد الحديد. إنَّ ما يزيدُ على 75% من مُجْمَلِ الصُّخورِ الرُّسُوبيَّةِ هو صخورٌ فُتاتيَّة.

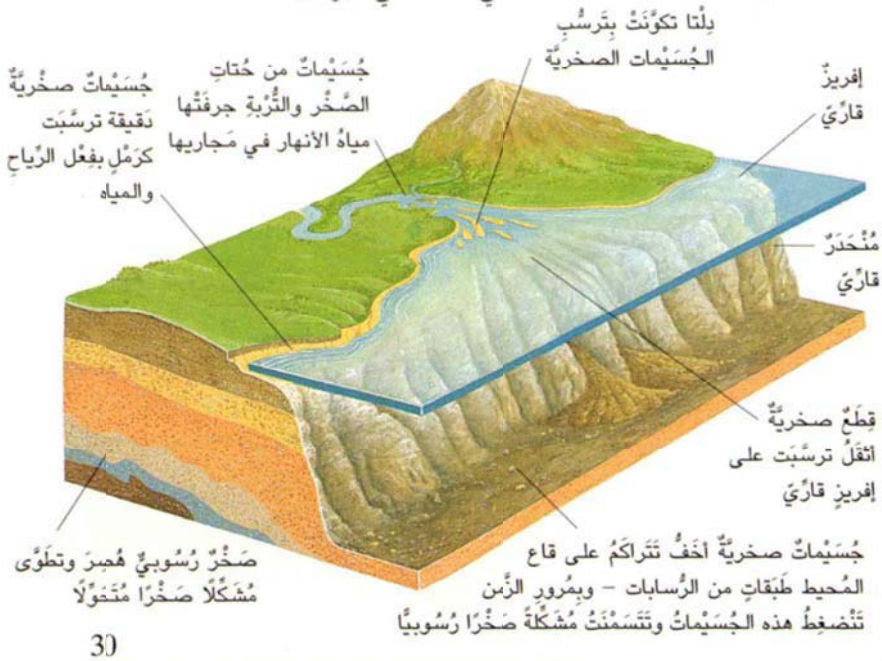
الرواسِبُ الكيماويَّةُ تتكَوَّنُ نَتيجةً للعمليَّاتِ الطبيعيَّةِ والكيماويَّة. وهي قد تَترَسَّبُ من محاليلَ في مياهِ البَحْر كما هي الحالُ في الصُّخورِ الصَّوانيَّةِ الظِّرَانيَّة - وهي أشكالٌ سِليكاتيَّةٌ شَبيهةٌ كيماويًّا بالكوارتْز. وقد تتكوَّنُ عندَ تَبَخُّرِ مياهِ البُحَيْراتِ المالِحةِ أو البِحار الضَّحْلة - كما هي الحالُ في الجِبْس والمِلْحِ الصَّخْريّ. وقد تتكوَّنُ أيضًا بالتَّصْويل (غَسْلِ التُّربة) حيثُ تُذيبُها المياهُ الجَوفيَّةُ ثُمَّ تُعيدُ تَرْسيبَها - كما هي الحالُ في البوكْسَيْت.



هذه الكُتَلُ من الحجَر الطينيِّ الجيريِّ المَعروف أيضًا بالمَرْل، كانت قد ترسَّبَت عميقًا في قاعِ البَحْر منذُ ملايينِ السِّنين.

يتكَوَّنُ الطُّفالُ الغَضاريُّ الطَّريُّ عندَ تَفَتُّتِ الصُّخورِ إلى جُسَيْماتٍ وترَسُّبِها بفِعْلِ الرِّياحِ والمياهِ والمَثالِج.

▼ هذا المَنْظرُ الطبيعيُّ المُتخَيَّلُ يُصَوِّرُ بعضَ الظُّروفِ التي تتكَوَّنُ فيها طبقاتُ الصخورِ الرُّسُوبيَّةِ في الأرض.



فالمياهُ التي تَتَسَرَّبُ في شُقوقِ الصَّخْرِ نَهارًا في درَجاتِ الحرارة الأسخَنِ تتجَمَّدُ ويَزْدادُ حَجْمُها (بعمليَّةِ التجَمُّد) لَيْلًا. وبِتَكْراريَّةِ ذلك تَمَدُّدًا وتَقَلُّصًا يَتَشَظَّى الصَّخْر.

نَقْلُ الرُّسابات

مُعْظَمُ الرُّسابات التي تُكَوِّنُ الصخورَ تَنْقُلُها الأَنْهار. فمَثلًا يُقَدَّرُ ما ينقُله نَهرُ المِسيسيبي من الرُّسابات إلى خليج المكسيك بحوالى 180 مِليون طُنٍّ سَنويًّا. بعضُ الرُّسابات يَسْتَقِرُّ في قاعِ النَّهْر بينما يترسَّبُ بَعضٌ آخَرُ منها عندَ مَصَبِّه، مُكَوِّنًا ما يُعْرَفُ بدِلْتا النَّهْر – فيما يُحْمَلُ قَدرٌ أكبَرُ من الرُّسابات إلى قاعِ المُحيط.

كذلك يُمكِنُ انْتِقالُ التَّرسُّباتِ بواسطةِ الرِّياحِ والمَثالِج. وفي كُلِّ عمليَّةِ نَقْل يَجْري تَصْنيفُ الرُّسابات وفَرْزُها حَسَبَ الحَجْمِ في عمليَّةٍ تُسَمَّى التَّمايُزَ الرُّسُوبيَّ. فالرُّسابات الغَليظةُ العَسيرةُ التحريك تُنْقَلُ فقَط في الاِنْدِفاقاتِ السَّريعةِ العاليةِ الطاقة. لكِنْ يُمكِنُ نَقْلُ الأطيانِ الدَّقيقةِ الحُبَيْباتِ عَبْرَ عِدَّةِ مئاتِ الكيلومترات أو يُمكِنُ ترسُّبُها في مياهٍ هادئةٍ كما في البُحَيْراتِ الضَّحْلةِ والبِحارِ العَميقة.

تَسْجيلُ تاريخِ الأرض

أكثَرُ من بِليون سنةٍ من تاريخ الأرض مُسَجَّلٌ في طَبَقاتِ الصُّخورِ الرُّسُوبيَّة. ففي الإفجيجِ العظيم (الجِرانْد كانْيُون) في أريزونا، هنالكَ تَعاقُبٌ رائعُ المَنْظرِ لِطبقاتٍ أُفُقيَّةٍ من هذه الصخور يَبْلُغُ عُمْقُها 1500 م، وبِقارِبُ عُمْرُها عِدَّةَ ملايين مِن السِّنين. والأحافيرُ ضِمْنَ هذه الطبقاتِ الجيُولوجيَّةِ تُسَجِّلُ تَنَشُّوَ أشكالٍ مُخْتلِفةٍ من الكائناتِ الحيَّةِ وتطَوُّرَها – بَدْءًا من المَرْجانيَّاتِ والدِّيدانِ الأولى حتَّى الأسماكِ والدَّينوصورات واللَّبُونات. كذلك فإنَّ أنماطَ الصَّخرِ تكشِفُ الظُّروفَ والأحوالَ في عُصورٍ تكوُّنِ تلكَ الصُّخور. فَجلاميدُ الحَصباويَّاتِ الخَشِنةُ المُدَوَّرةُ المَعْروفةُ بالقَضَّةِ (الرَّصيص) تُسَجِّلُ مَجاريَ نهريَّةً عاليةَ الطاقة سَريعةَ الحَركة. وتُبَيِّنُ الحِجارةُ الرَّمْليَّةُ دِلْتاواتٍ وشواطِئَ مُحيطيَّةً؛ والحِجارةُ الطينيَّةُ تُبَيِّنُ مِياهًا بَطيئةً ثقيلةَ الحَركة. أمَّا الحِجارةُ الجِيريَّةُ فتُنْبِئُ بأنَّ هذه الصخورَ تَرَسَّبَتْ في بِحارٍ دافئةٍ ضَحْلةٍ تَزْخَرُ بالكائنات الحَيَّة.

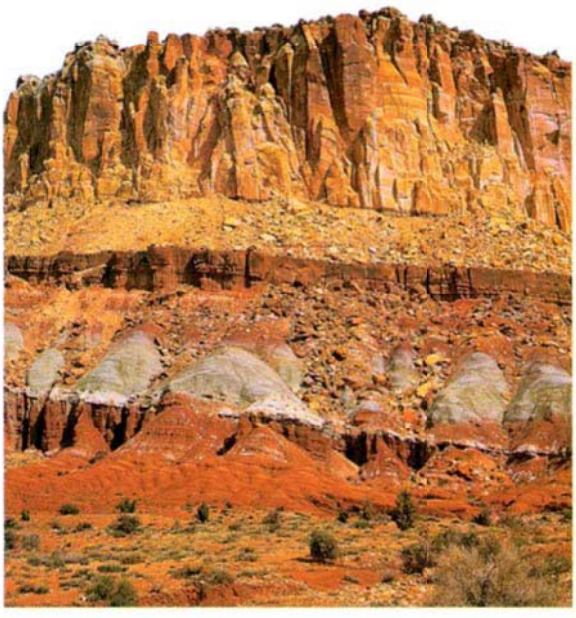
إنَّ تَحديدَ لترابُطِ والعَلاقاتِ بين التَّرسُّباتِ الحاليَّةِ من أماكِنَ مُخْتلِفةٍ بِنْطوي على جُهْدٍ بالغٍ وبَحْثٍ دَؤوبٍ في مُقارنةِ الأحافيرِ الصخريَّة وتَقْريرِ قِيَمٍ تقديريَّةٍ تأريخيَّةٍ لِمَعالِمَ دليليَّةٍ ماثلةِ الأثَر – كاندِفاقاتِ اللَّابة. وبِمِثْلِ هذه الأبحاثِ تمكَّنَ الجيُولوجيُّون من لَفْقِ ترابُطِ الأحداثِ التاريخيَّة لِنَشْأةِ وتَطوُّرِ اليابِسةِ والبِحارِ والحياةِ نَفْسِها.

ألوانٌ مُخْتلِفةٌ من صَخْرٍ رَمْليٍّ تآكَلَ ومَلِسَ بالحَتِّ المَثْلَجيِّ مُشَكِّلًا نَسَقًا جَذَّابًا من الخُطوطِ في السُّفوحِ المَلْساءِ للتِّلالِ في مِنْطقةِ پاريا البَرِّيَّة، بأريزونا. التقَوُّساتُ في الصُّخور تنَشَّأتْ بِفِعْلِ الرِّياحِ والمياه.

يَتواجَدُ الحجَرُ الرَّمْليُّ غالبًا في طَبَقاتٍ بُنِّيَّةٍ سَمراءَ أو وَرْديَّةٍ أو حَمْراء. ويعودُ التلَوُّنُ المُخْتَلِفُ إلى كمِّيَّاتٍ مُتَفاوتةٍ من أكاسيدِ الحَديد التي تَرْبِطُ الرُّساباتِ معًا.

► المُحْتَوى المَعْدِنيُّ للحَجَرِ الرَّمْليِّ يُحَدِّدُ لَونَه الأحمرَ أو الأصفَر. أمَّا الصخْرُ الرُّسُوبيُّ الرَّماديُّ في أماميَّةِ هذه الصُّورة فيُدعَى الجَرْوَقَ ويَرْجِعُ تاريخُه إلى العَصْرِ الثُّلاثيِّ الأخير – منذُ 210 ملايين سنةٍ تقريبًا.

أُنْظُر أيضًا
الأحافيرُ والأزْمنةُ الجيُولوجيَّة ص 4 – 5
التَّعْريةُ والتَّجْويَة ص 32 – 33
المُناخ ص 36 – 37

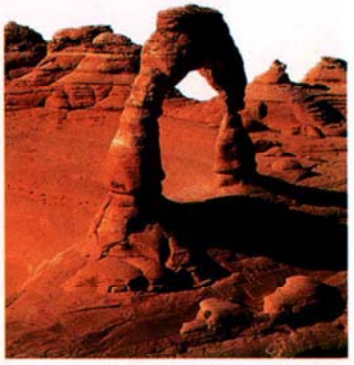


► يتألَّفُ الحجَرُ الجِيريُّ من كَرْبوناتِ الكالْسيُوم، ويتَنَشَّأُ عادةً كرُسابةٍ من هياكلِ الحيَواناتِ البَحْريَّة على قاعِ البَحْر. المَطَرُ الحامضيُّ يُذيبُ الحجَرَ الجِيريَّ مُنْتِجًا بِنْيةً رَصيفيَّةً مَثيلةً لهذه البِنْيةِ (إلى اليَسار) القريبةِ من السَّاحلِ في إنكلترا.

◄ طَبَقاتٌ من الصُّخورِ الرُّسُوبيَّةِ في واجِهةٍ جَرُفيَّةٍ من مُتَنَزَّهِ زَيُون القَوميِّ، في ولايةِ يُوتا، يَرْجِعُ تاريخُها إلى العَصْرِ الثُّلاثيِّ. الطبقاتُ الحمراءُ والصَّفراءُ هي رُساباتٌ من الحجَرِ الرَّمْليِّ والطبقةُ الرَّماديةُ هي قُرارةٌ جَرْوَقيَّةٌ – من كُساراتِ الصَّخْرِ تكَوَّنَت نَتيجةَ اِنْزِلاقاتٍ أرضيَّةٍ تحت مائيَّة.

التَّعْرِيَة والتَّجْوِيَة

عواملُ التَّعْرِيَةِ والتَّجْوِيَةِ أساسيَّةٌ في دَورةِ الصَّخْر. فعمليَّاتُ التَّعْرِيةِ والتَّجْوِيةِ الكثيرةُ تَتضافَرُ بشتَّى السُّبُل في تَفْتيت الصُّخور، مُحوِّلةً إيّاها إلى تُرابٍ وغُبارٍ ومُخَلِّفةً كُتَلًا صلْدةً وأوديةً وسُهولًا ومَعالمَ طبيعيَّةً رائعةَ المَنْظَر.



يحتَفِظُ سطحُ قَمَرِ الأرض بمَعالِمَ نتجَت من قَصْفِ الكُوَيْكباتِ له منذُ ما يَقْربُ من أربعةِ بَلايين سَنة. في المُقابِل فإنَّ مَعالِمَ سطحِ الأرض لَمّا تَحْوِ بَقايا عُمْرِها أكثرُ من مِليون سَنة وصُخورًا يزيدُ عُمْرُها على البِليون سَنة. ويَعودُ هذا الفَرْقُ إلى كَوْنِ الأرضِ مُحاطةً بغِلافٍ جَوِّيٍّ وتَحْوي كمِّيَّاتٍ وَفيرةً من الماء – والماءُ والهواءُ كلاهما بالِغُ الأثَر في عمليَّات التَّعْرِيَةِ والتَّجْوِيَةِ المُتعدِّدة.

هذه القَنْطرةُ القَوْسيَّةُ في صحراء يُوتا بالولاياتِ المتَّحدة الأمريكيَّة تكَوَّنَت بفِعْل حَتِّ الرِّمال التي تَذروها الرِّياح.

دَورةُ الماءِ في الطبيعة

الأرضُ كوكَبٌ فريدٌ بينَ كواكبِ المَنْظومةِ الشمسيَّة في احتِوائه الماءَ في حالاتِه الثلاث – سائلًا وبُخارًا وجَليدًا. والماءُ دائمُ التحَوُّلِ من شَكْلٍ إلى آخرَ عَبْرَ دَورتِه في الطبيعة. فالطاقةُ الشمسيَّةُ تُبَخِّرُ الماءَ من المُحيطاتِ والبُحَيْرات إلى الجَوِّ حيثُ يُكوِّنُ بُخارًا وسُحُبًا، ثُمَّ يَتسانَطُ مَطَرًا أو ثَلْجًا عائدًا إلى سَطْحِ الأرض. دَورةُ التحَوُّلِ هذه هي مَصْدَرُ قُوَى الحَتِّ والتَّعْرِيَةِ والتَّجْوِيَةِ في سَطْحِ الأرض.

القناطِرُ القَوْسيَّةُ البَحْريَّةُ هذه تكَوَّنَت بفِعْل الحَتِّ السَّاحليّ. فقد حَتَّ نَكُّ الأمواج مَغارةً في رأسِ البَرِّ أوَّلًا، ثُمَّ نَحتَ الصَّخْرَ الأَلْيَنَ الأكثرَ مَسامِيَّةً مُكَوِّنًا القَنْطرةَ القَوْسيَّة.

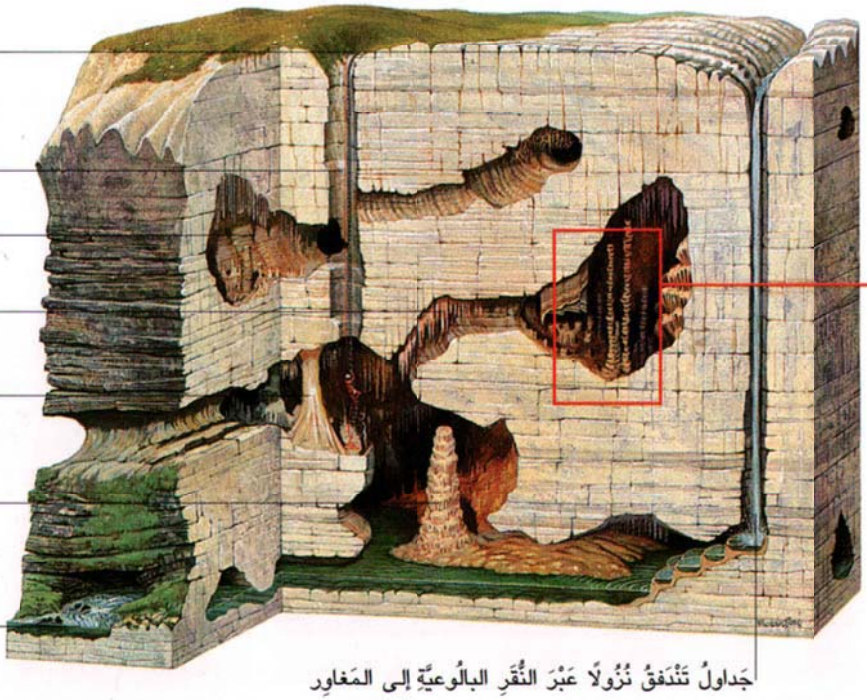
يُثَبِّتُ الماءُ الصَّخْرَ بطرائقَ عديدةٍ. فمِياهُ المَطر القليلةُ الحُموضةِ تَسْتطيعُ إذابةَ بعضِ الصُّخور. كذلك فإنَّ الماءَ قادِرٌ على اخْتراقِ أدَقِّ الشُّقوقِ فيها. وعندَ تجَمُّد هذا الماء فإنَّ تمَدُّدَه في عمليَّةِ التجَمُّد يَعمل على فَلْق الصَّخر وتَوسيع شُقوقه. وتقومُ المياهُ الجاريةُ بجَرْفِ الرِّمال والتُّرْبَة. والجداولُ الجَبليَّةُ السريعةُ الاِنْدِفاقِ قادِرةٌ على مَزْقِ الصُّخورِ والجَلاميد ودَكِّ بَعْضِها معًا لِتَصيرَ حَصًى وحُبَيْباتٍ رَمْليَّةً وطُفالًا. كما إنَّ الفَيَضاناتِ تَجْتاحُ وتُدَمِّر، من حينٍ لآخر، مناطِقَ شاسِعةً من الأرض، وقد تُغَيِّرُ مَعالِمَها.

التَّجْوِيَةُ بالرِّياح

يَتَجَوَّى سَطْحُ الأرض اليابِسُ بِقُوَى وعَوامِلَ مُخْتلِفةٍ أُخرى؛ والرِّياحُ إحدى تلك القُوى الفائقةِ القُدْرة. تَذْرو الرِّياحُ الصحراويَّةُ الرِّمالَ وتَسْفَعُ بها الصُّخورَ الضَّخمةَ فتسحَتُ أجزاءَها السُّفليَّةَ جاعلةً مِنها صخورًا مُعَنَّقةً كفُطْر عَيش الغُراب أو قناطِرَ قَوسيَّةً رائعةَ المَنْظر. وعندما تَخْفُت سرعةُ هذه الرِّياح فإنَّها تُسْقِطُ بَعْضًا من حُمُولتِها الرَّمليَّةِ، مُكَوِّنةً كُثْبانًا هِلاليَّةً ضَخمةً تَنْتَقِلُ ببُطءٍ في اتِّجاه هُبوبِ الرِّياح غامِرةً أراضيَ زراعيَّةً خِصْبة – فتُضيفُ إلى عواملِ التصَحُّر عاملًا آخرَ مُهِمًّا.

تكَوُّنُ التُّرْبة

التُّرْبَةُ ضَروريَّةٌ لِمُختلِف أشكالِ الحياة على اليابِسةِ. فالنَّباتاتُ تعتَمِدُ عليها لِتَنْمُو. والتُّرْبةُ تتكَوَّنُ نَتيجةً للتَّفاعلات المُعَقَّدة البَطيئةِ المُتداخِلة – كالتَّفَتُّتِ الطبيعيِّ لِلصُّخور والتَّجْوِيَةِ الكيماويَّةِ وتأثيرِ الجُذورِ النباتيَّةِ والمُتعَضِّياتِ الصُّغْريَّة. ومَعلومٌ أنَّ الصُّخورَ المُختلِفةَ والمُناخاتِ المتباينةَ تُنْتِجُ تُرَبًا مُخْتلِفةً. ففي المناطقِ المُعْتَدِلة، قَد يَجْرُف تَساقُطُ المَطَر على مَدَى السَّنة كيماوِيَّاتٍ، كهِدْروكسيد الحديد، من التُّرْبةِ السَّطْحيَّة، مُخَلِّفًا تُرْبةً بُدْزوليَّةً فَقيرةً رَماديَّةً أو بُنِّيَّةَ اللَّوْن. وفي المناطقِ المَداريَّةِ، فإنَّ تَساقُطَ المَطر الغزيرَ،



جَداولُ تَتْدَفقُ نُزُولًا عَبْرَ النُّقَرِ البالُوعيَّةِ إلى المَغاور

▲ عندما تَتبَخَّرُ مياهُ المَغاور الغَنيَّةُ بالمَعادن، فإنَّها تُرَسِّبُ الكالْسَيْت كهَوابِطَ وصَواعِدَ وأعمدةً.

◄ ماءُ المَطرِ الحَمْضيُّ يُذيبُ الصَّخْرَ الكِلْسيَّ مُكَوِّنًا مَعالِمَ رائعةَ المَنْظر في المَنْظوماتِ الكَهْفيَّة.

النَّهرُ المُنْدَفِقُ عَبْرَ شَفا طَبَقةٍ من الصَّخر الصُلد يُكوِّنُ شلّالًا، والمثالُ الأشهَرُ على ذلك هو شلّالاتُ نِيَاغارا (أعلاه). فبدلًا من أنْ يَنْسَحِتَ الصَّخْرُ ويتآكَلُ تدريجيًّا لِتَعْميقِ مَجرى النهر، فإنَّه يتَقَصَّفُ قِطعًا تَكْبُر او تَصْغُر، وتَسْقُطُ مندفعةً معَ الماءِ المُنْدفِق – فيَبْقى الشَّلّالُ ويتقَدَّمُ في مَجرى النَّهْرِ صُعُدًا.

إضافةً إلى مُسْتَوياتِ التبَخُّر العاليةِ، والسُّبُلَ التي تعمَلُ بها النَّباتاتُ على اَمْتِصاصِ الماءِ عَبْرَ جُذورِها، تُرَكِّزُ الحديدَ والألومنيُوم عندَ السَّطْح مُنْتِجةً تُربةً لَتِراتِيَّةً حَمْراءَ. وفي السُّهوبِ المُعْشِبةِ المُعْتدِلةِ، يَمْتَصُّ العُشبُ المُغَذِّياتِ من الأرض مُخلِّفًا تُرْبَةً سوداءَ شِرنوزُمِيَّة ذِباليَّةَ الأُفُقِ السَّطحيّ. وبزَوال النَّبتِ تتعَرَّضُ التُّربةُ لِلانْجِراف أو التَّذْريةِ مُخَلِّفةً البِطاحَ جَدْباءَ جَرْداء.

آثارُ الحَتِّ والتَّعْرِيَة

النَّهْرُ الجاري عَبْرَ التِّلالِ والجبالِ يَشُقُّ له عَبْرَ الطبقاتِ الصَّخْرِيَّةِ مَجْرًى مُتَمَعِّجًا نُونيًّا (بشَكْلِ حَرف النُّون) ذا عِدَّةِ رَوافِد. وحيثُ يَلْتقي النَّهرُ بطَبقةٍ صَخْرِيَّةٍ صَلْدةٍ، فإنَّه يَنْدَفِقُ بِمُحاذاةِ تلك الطبقةِ حتَّى يَجدَ له مَمَرًّا عَبْرَها، إمّا كشلّالٍ أو عَبْرَ خانِقٍ (وادٍ عَميقٍ ضيِّق). وإذا كانَ سَفْحُ التلِّ حادًّا والجُرُفُ الصَّخْريُّ مَكْشوفًا، فقد تتراكَمُ الصُّخورُ السَّاقِطةُ عند نِهايةِ المُنْحَدر لِتُشَكِّلَ كُومةً من الشَّقَفِ الصَّخريَّةِ تُعرَفُ بِرُكامِ السَّفْح. هذا الرُّكامُ يجعَلُ المُنْحدَرَ أقَلَّ حِدَّةً ويَقي الجُرُفَ من لحَتِّ الإضافيّ. وإذا كانت صُخورُ المُنْحدَرِ الحادِّ لَيِّنةً أو تُرابيَّةً فغالِبًا ما تَحْدُثُ اَنْزِلاقاتٌ أرضيَّة. وإذا ما وُجِدَت طبَقةٌ طُفاليَّةٌ كَتِيمةٌ، فقد تَتراكَمُ مياهُ الأمطار الغزيرةِ فوقَها وتُزَلِّقُ الصخُورَ الفَوقيَّةَ نحوَ قاعِ المُنْحدَر. وهذا النَّمَطُ من الحَتِّ والسَّحتِ شائعٌ على اَمْتِدادِ الجُرُفِ البَحْريَّة. وتَزيدُ عواملُ الجاذبيَّة وتساقُطِ المَطَر، وحتَّى دَوسِ الحيوانات من تأثير هذه التَّعْرِيَة.

إنَّ كمِّيَّةَ المَوادِّ المُنحَتَّة التي يُمكِنُ للنَّهْر حَمْلُها تعتَمِدُ على سُرعةِ اَنْدِفاقِه. فحيثُ تقِلُّ حِدَّةُ المُنْحدَرِ، ويَنْفَتِحُ الوادي على سَهْلٍ فَيْضيٍّ، تَتباطأُ سُرعةُ النَّهْر ولا يَعودُ قادِرًا على حَمْلِ ذاتِ النَّذْرِ مِن الرُّسابات؛ فتَتَرَسَّبُ الجُسَيْماتُ الأكبَرُ رِمالًا وحَصى. والنَّهرُ البَطيءُ الحَركةِ يُرَسِّبُ مَزيدًا من الرُّسابات طينًا على طُول ضِفَّتَيْه، فتَرتَفِعُ ضِفَّتاه ببُطءٍ نَتيجةً لذلك. وإذا تراكمَتِ الرُّسابَاتُ على قاعِ النَّهر أيضًا، فقد تَتَسَبَّبُ الترسُّباتُ على مَدَى آلافِ السِّنين بارْتفاعِ كامِلِ المَنْظومةِ النَّهْريَّة فوقَ سَهْلِها الفَيْضيّ. وفي حالِ اكتسَحَت مياهُ الفيضِ هذه المَنْظومةَ فسَيفيضُ السَّهْلُ بكامِله مُدَمِّرًا مَعالِمَ البيئة والمَنْظَرَ الطبيعيَّ العامّ. لكِنَّ عمليَّةَ الفَيَضان، على المَدى الطويل بالغَةُ الإفادة لأنَّها تَرْكمُ على السَّطْح طبَقةً جَديدةً من التُّرْبةِ الخِصْبة.

تَنْدَفِقُ المياهُ في أجزاءِ النَّهر المُختلِفةِ بِسُرعاتٍ مُتَفاوِتة. فحَوْلَ مُنعَطَف المَجرى، تَنْسابُ المياهُ في الجانِبِ الداخليِّ ببُطءٍ أكثرَ منها في الجانبِ الخارجيِّ منه. ونَتيجةً لذلك، تَترسَّبُ الرُّسابَاتُ على الجانب الداخليِّ ويَنْسَحِتُ الجانبُ الخارجيّ. وهذا يُؤدِّي إلى زيادةِ اَنْعِطافِ النَّهْر بحيثُ يَتمَعَّجُ يَمينًا ويَسارًا عَبْرَ السَّهْلِ الفَيْضيّ. وتَتعاظمُ العَطفةُ أحيانًا حتَّى تَنْفصِلَ عن المَجْرى الرئيسيّ كبُحَيْرةٍ قَوسيَّةٍ من المياهِ الرَّاكِدة.

▲ هذا المُخَطَّطُ يُبَيِّنُ مَنْظومةً نَمُوذجيَّةً لِحَوْضِ صَرْفٍ نَهْريّ. ففي الجبالِ، حيثُ الجداولُ والأنهارُ سَريعةُ الاِنْدِفاق، يَجْري سَحْتُ الصُّخور بِسُرعة. وعندما تَتَباطأُ مَجاري المياه في سَهْلٍ فَيْضيّ، فإنَّها تُرَسِّبُ حُمولتَها من الرُّسابات.

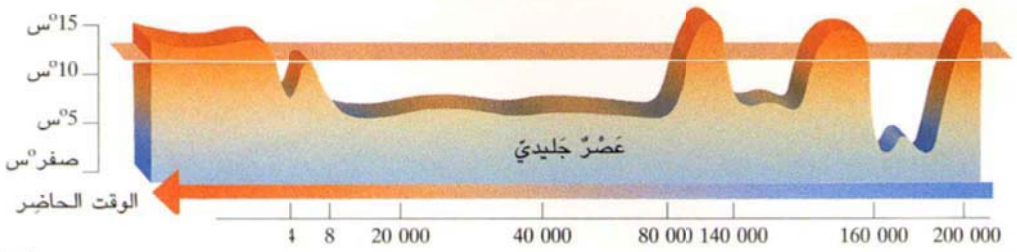
تدُكُّ أمواجُ البِحارِ والمُحيطاتِ المَناطِقَ الساحليَّةَ باستِمْرار. وحيثُ تَضْرِبُ الأمواجُ السَّاحِلَ بِزاويةٍ مُعيَّنة، يَحْدُثُ تيّارٌ على اَمْتِدادِ الشاطئ. وهذه العمليَّةُ تَنْقُلُ الرِّمالَ على طُولِ الشاطئ باتِّجاهِ التيّارِ البَحْريّ.

اُنْظُر أيضًا

النَّبات – عَرضٌ تشريحيّ ص 56 – 57
الأرضُ والقَمَر ص 400 – 401
نُطُقُ الفِعْلِ البيئيّ ص 436 – 437

المَثالِجُ والأَغْطيةُ الجَليديَّة

يُغَطِّي الجَليدُ حوالى 10% من سَطْحِ الأرض. وهو، كمَثالِجَ، قد يَعْمَلُ على نَحْتِ الأوديةِ العظيمة ونَقْلِ الأنْقاضِ والرُّكامِ عَبْرَ مِئاتِ الكيلومِتْرات.



رَسْمٌ بيانيٌّ لِمُعدَّل دَرجاتِ الحرارة على النِّطاق العالميّ بدَرَجات سِلْسيُوس في تمُّوز (يوليو)، على مَدى الـ 200 000 سنة الماضية، يُبيِّنُ أنَّ الأجواءَ آخذةٌ بشَكْلٍ مُلْحوظٍ في الوقت الحاضِر.

كان الجليدُ في ما مَضَى يُغَطِّي مِساحاتٍ شاسِعةً من كوكَبِنا، وهو حاليًّا قد تراجَعَ نحو القُطْبَيْن والمناطقِ الجَبَليَّةِ الأعلى. لكِنَّ المعالِمَ والمَظاهرَ الطبيعيَّة التي نحَتَها لا تزالُ باقيةً. ورُغْمَ أنَّ الجليدَ جامِدٌ فإنَّه، تحتَ الضَّغْط، يَنْسابُ كما تَنْسابُ الصخورُ في طبقةِ الدِّثار الأرضيّ – والبِنْيَةُ العامَّةُ في كِلا الحالَيْن شبيهةٌ جدًّا. فمع تراصِّ الثلجِ وتدَمُّجِه يُطْرَدُ منه الهواءُ ويَتحوَّلُ الثلجُ الأبيَضُ الهَشُّ إلى مادَّةٍ بِلَّوريَّةٍ زَرْقاءَ تَحوي بِلَّوراتٍ جَليديَّةً لا مَعدِنيَّة. وهذه البِلَّوراتُ يُزَلِّقُها غِشاءٌ مِجْهَريٌّ

كان سُمْكُ القَلَنْسُوةِ الجليديَّة فوقَ اسكندناقية خِلالَ العَصْر الجليديِّ الأخير أكثَرَ من 3000 متر. ولقد بدأ تكوُّنُ السِّلْسلةِ الأحدث من العُصورِ الجليديَّة منذُ حوالى 3,5 مليون سَنة؛ والعُلماءُ في شَكٍّ حوْلَ ما إذا كانت قد بلَغت بَعْدُ نِهايَتَها.

الرِّقَّةِ من الماء، يَظَلُّ سائلًا بِفَضْلِ الأَمْلاحِ المُذابةِ فيه. والجَليدُ المُنسابُ قادِرٌ على تحويلِ مَعالِمِ وطَبيعةِ الأرض حيثُ يتواجَدُ.

حَرَكةُ الجَليد عَبْرَ اليابسة

يَشْغَلُ الجَليدُ حَجْمًا أكبَرَ من حَجْم الماءِ الذي يُكَوِّنه. فعندما يَنْسَرِبُ الماءُ في الشُّقوقِ الصَّخْريَّةِ ويَتَجَمَّدُ يَزْدادُ حَجْمُه فَيُشَظِّي الصخورَ والجَلاميد. أمَّا الأغطيةُ الثلجيَّةُ التي تَلُفُّ الجبالَ فقد تَتَراكمُ وتَنْهالُ هَياراتٍ ثلجيَّةً أو تَتراصُّ وتَنْدَكُّ جَليدًا لا يَلْبَثُ أن يغدوَ مَثالِجَ مُتَحرِّكة. وفي

هَنْدسةُ المَناظِر الطبيعيَّة بالجَليد

الثَّلْجُ المُدَمَّجُ المُتَراصُّ جَليدًا في أعالي الجبال يَبْدأُ بالتحَرُّك، مُخَلِّفًا حَلْبَةً جَليديَّةً (وَهْدةً جَوفاءَ أشبهَ بكُرسي الإستراحة) عندَ رأسِ الوادي. وتُخَلِّفُ الحَلَباتُ الجليديَّةُ المُتَقافِيَةُ (المُتَّصِلَةُ بالقَفا) ذُرًى هَرميَّةً مُثَلَّمة. ومع ابتعادِ المَثْلَجةِ أو انْحِناءِ السَّطْحِ تَتفَتَّحُ في الجليد صُدوعٌ وأخاديد. وتَتراكمُ الأنقاضُ الصخريَّةُ رُكاماتٍ جانبيَّةً على الجَليد. ومع تحرُّكِ المَثْلَجةِ نُزولًا نحوَ الحَضيض تَزيدُ القاعدةُ الجليديَّةُ من تَعمُّقِ الوادي فتَبْدو المَثْلَجةُ كأنَّها تتحَرَّكُ صُعُدًا. وحيثُ تهبطُ المَثْلَجةُ مُنْحَدرًا حادًّا فإنَّها تُكَوِّنُ مساقِطَ شَلَّاليَّةً جليديَّةً مُصَدَّعةً مُفَرَّضة. وتَنْتهي المَثْلَجةُ بِخَطمٍ يَؤول عِنْدَه الجليدُ إلى الإنْصِهار.

بُحَيْراتٌ تُحْدِثُها المَثالِجُ أحيانًا في حَلَباتٍ جليديَّةٍ أشبَهَ بِكَراسي الإسْتِراحة ذاتِ المَساند

► كُتَلٌ جليديَّةٌ مُتحرِّكةٌ، (تُسَمَّى مَثالِجَ، تُخَلِّفُ في مَسارِها أوديَةً نُونيَّةً مُتَميِّزةً تختلِفُ جِدًّا عن أودية الأنهار المُثَلَّثيَّةِ المَقْطع (بشكل الرقم 7). هذا الوادي في سويسرا كان مُثَلَّثيَّ المَقْطعِ حتّى العَصْرِ الجليديِّ الأخير، حينَ عَمَّقَتْهُ مَثْلَجةٌ إلى وادٍ نُونيّ.

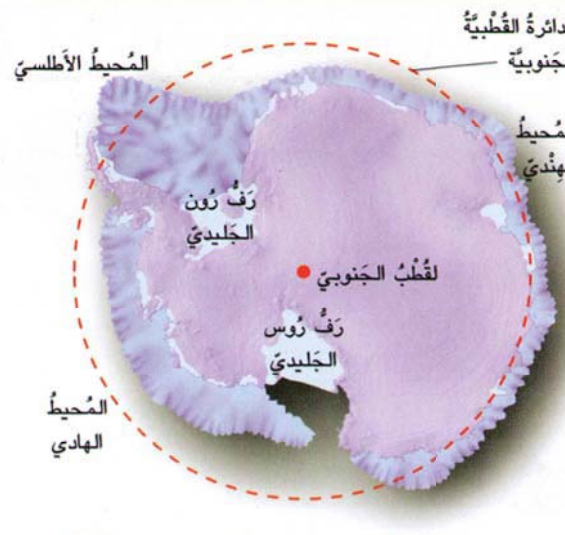
المناطقِ الشَّديدةِ البُرودة، يُغَطِّي الجليدُ الأرضَ ومعالِمَها بغِطاءٍ جليديٍّ قد يَبْلُغُ سُمْكُه آلافَ الأَمتار. وقد يتواجَدُ بداخلِه جداولُ جليديَّةٌ أسْرعُ أنْسِيابًا بِسبَبِ انهيارِ الطبقاتِ الأرضيَّة تحتَها أو لِتَزْليقِها بالطينِ أو لِتسَخُّنِها بالأنشِطةِ البُركانيَّة (كما في بعض أجزاءِ لقارَّة القُطبيَّة الجَنوبيَّة). وعندَ تَرقُّقِ الغِطاءِ الجليديِّ فقد يتفرَّقُ حولَ القِمَمِ الصَّخْريَّةِ كمَثالِجَ وِدْيانيَّةٍ تعودُ إلى التَّضامِّ مُجَدَّدًا في الجانبِ الآخرِ كمَثالِجَ سَفْحِيَّة.

قد تكونُ سُرعةُ أنْسيابِ المَثْلَجةِ بطيئةً جِدًّا – من بِضْعَةِ أمتارٍ إلى بِضْعةِ مئاتِ الأمتار في السَّنة. ولاستِدامةِ الإنسياب حتّى كجَدْولٍ جَبليٍّ صَغير، يَنْبغي أنْ تملأَ المَثْلَجةُ الواديَ بكاملِه. وأثناءَ تحرُّكِها تطحَنُ المَثْلَجةُ الصُّخورَ الصغيرةَ إلى سَحيقٍ دَقيق. كذلك تَتركُ الجلاميدُ المُنْطَمِرةُ بداخِلِها خُدوشًا عميقةً في جوانبِ الأوديةِ النُّونيَّة تُسَمَّى حُزوزًا مَثْلَجيَّة. وفي بعضِ الأوديةِ المَثْلَجيَّةِ يَحفِرُ الجليدُ في الأرض تحتَه حُفرًا عميقةً واسعةً تَغدو بُحَيْراتٍ عندَ تراجُعِ الجليد.

ومع تقَدُّمِ الجليد، تَتراكَمُ طبقةٌ سَميكةٌ من الطُّفالِ الدقيق تحتَ المَثْلَجة. وقد يكونُ الضَّغْطُ كافِيًا لإبقاءِ الماءِ سائلًا يُزلِّقُ قاعدةَ المَثْلَجةِ ويُخَلِّفُ أكوامًا من الطُّفال تُعرَفُ بالكُثبان الجليديَّة. عندَ خَطْمِ المَثْلجةِ يَترسَّبُ ما تبَقَّى من الرُّساباتِ والصُّخورِ كرُكامٍ جَليديٍّ انْتِهائيّ. وغالبًا ما تتخَلَّفُ كُتْلةٌ جليديَّةٌ تَنْصَهِرُ لاحِقًا لِتُكَوِّنَ بِركةً عَميقةً أو حُفْرةً قِدْريَّةَ الشَّكْل.

العُصورُ الجَليديَّة

الجيولوجيُّون في شَكٍّ حوْلَ الأَسبابِ التي تُؤدِّي إلى حُلولِ عَصْرٍ جَليديّ. لكِنْ يَبْدو أنَّ الدَّوراتِ الطويلةَ المدَى لمَيَلانِ مِحْورِ الأرض، المُسَمَّاة الدَّوراتِ الميلانْكُوفيتْشِيَّة، لها علاقةٌ بذلك. كما إنَّ التقَلُّباتِ في مُسْتوياتِ ثاني أكسيد الكربون في الجَوِّ قد يكون لها دَورٌ في الموضوع. والمَعلومُ



أنَّ التَّغيُّرَ يَكُونُ سَريعًا عندَ بَدْءِ تقَدُّمِ الجليد. وتعليلُ ذلك أنَّ الثلجَ والجَليدِ بَياضِهما يَعكِسانِ مَزيدًا من شُعَّ الشَّمْس إلى الفَضاءِ فيَزيدُ ذلك من بُرودةِ كوكب الأرض. وقد تَوصَّل العلماءُ من دراساتِهم إلى أنَّ درجاتِ الحرارة العالميَّةَ يَبْدو أنَّها تَتقَلَّبُ بينَ حالَين مُستَقِرَّتَيْن نِسْبيًّا. وأنَّ ذلك التقَلُّبَ قد حدثَ حوالى 35 مَرَّةً في تاريخ الأرض. والدليلُ الأوَّلُ الواضح على حُدوثِ عَصْرٍ جليديّ يَعودُ إلى عُصورٍ ما قَبْل الكَمْبريّ قبلَ أربعةِ بلايينَ سَنةٍ تقريبًا. أمَّا أحدَثُ عَصْرٍ جَليديٍّ فقد بدأ منذُ حوالى 3,25 مليون سنة؛ ولعَلَّه لا يَزالُ مُستَمِرًّا رُغْمَ المُناخ الحاليّ المُعْتَدِل. وحتَّى قُرابةِ 14 000 سَنة، كانت هناكَ كمِّيَّةٌ ضَخْمةٌ من الجليدِ مُحْتَبسةً في القَلَنْسُوَتَيْن الجليديَّتين القُطْبيَّتين؛ وكانَتْ مُسْتَوياتُ سَطْحِ البَحْر أخفضَ بحوالى 80 مترًا عمَّا هي عليه اليومَ. لكِنَّ الجليدَ خَفَّضَ اليابِسةَ أيضًا، وهذه لا تزالُ ترتَفِعُ بِبُطءٍ في العُروضِ الجُغرافيَّةِ لشَّماليَّة.

المَثالِجُ والأَغْطيةُ الجَليديَّة

القارَّةُ القُطْبيَّةُ الجَنوبيَّةُ مُغَطَّاةٌ في مُعظَمِها بغِطاءٍ جَليديٍّ سَميك. يَنْسابُ الجليدُ من مناطقِ تَساقُطِ الثلج الغَزير وَسَطَ القارَّةِ، مُنْدَفِقًا نحوَ السَّاحل. في الشِّتاء، يمتَدُّ الغِطاءُ الجَليديُّ رُفوفًا داخِلَ البَحْر. بعضُ الرُّفوفِ الجليديَّةِ السَّميكةِ تَبْقَى على مَدارِ السَّنة، مُطلِقةً من حينٍ لآخرَ جبالَ جَليدٍ هائلةً. ويتَخَوَّفُ كثيرٌ من العُلماءِ من أنْ يتسَبَّبَ الحمُوُّ العالميُّ بِتَقَوُّضِ الغِطاءِ الجليديِّ في القِسْمِ الغربيِّ من القارَّةِ القُطبيَّةِ الجَنوبيَّة مِمّا سيُعَلّي المُسْتوياتِ العالميَّةَ لِسَطْحِ البَحْر بشَكْلٍ خَطير.

جبالُ الجليد العِملاقةُ هذه كانت قد انفصلَت عن الأغطيةِ الجليديَّةِ في القارَّةِ القُطْبيَّةِ الجَنوبيَّة، وتُبَيِّنُ بوُضوحٍ تأثيراتِ المَوْجِ في نَخْرِ حَوافِّها السُّفليَّة. ومعلومٌ أنَّ حوالى 90% من حَجْمِ جَبلِ الجليد يَغوصُ تحتَ الماءِ فلا يُرى – مِمَّا يجعَلُ من جبالِ الجليد خطرًا بالِغًا على السُّفنِ العابِرة. وبالطَّبْع، فإنَّ هذه الجبالَ تحمِلُ في ثناياها الطينَ والصُّخُورَ، التي كَشَطها الجليدُ عن اليابِسةِ، وتُرَسِّبُها على أبْعادٍ شاسِعةٍ في البَحْر، حيثُ تتواجَدُ في الرُّساباتِ المُحيطيَّة.

عندما يَنْصَهِرُ خَطْمُ المَثْلَجةِ تُشَكِّلُ بعضُ أنقاضِ الصُّخور حَيْدًا يُعرَفُ بالرُّكامِ الجليديِّ الانْتِهائيّ

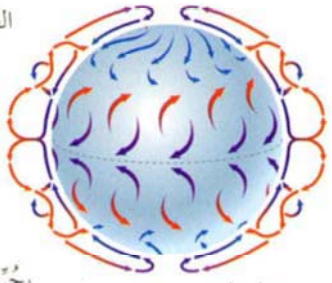
مَنْظرٌ جَوِّيٌّ يُبَيِّنُ مَثْلَجةَ كاهِلْتْنا الضَّخْمةَ في الاسْكا. لقد تسَبَّبَتِ الأنشِطةُ البَشَريَّةُ في ظاهرةِ الحمُوِّ العالميّ؛ وهذه بدَورِها سَبَّبَتْ تقَلُّصَ عِدَّةِ مَثالِجَ حولَ العالَم. وفي حالِ انصَهرَتْ مَثْلَجةُ كاهِلْتْنا، فإنَّها ستَكشِفُ عن وادٍ نُونيٍّ عميقٍ احتَفَرتْهُ في الجبالِ تحتَها.

اُنْظُر أيضًا

تَشَكُّلُ الجبال ص 22 – 23
المُناخ ص 36 – 37
تغَيُّرُ المُناخ ص 460

المُناخ

يعتَمِدُ مُناخُ الأرض على الطاقةِ لشمسيَّةِ وعلى قُدْرةِ مُحيطاتِ الأرضِ وغِلافِها الجوِّيِّ على مُداوَلةِ الحَرارةِ بفَعاليَّةٍ حوْلَ كوكَبِ الأرض.



هواء بارد
هواء باردٌ نوعًا
هواء دافئ

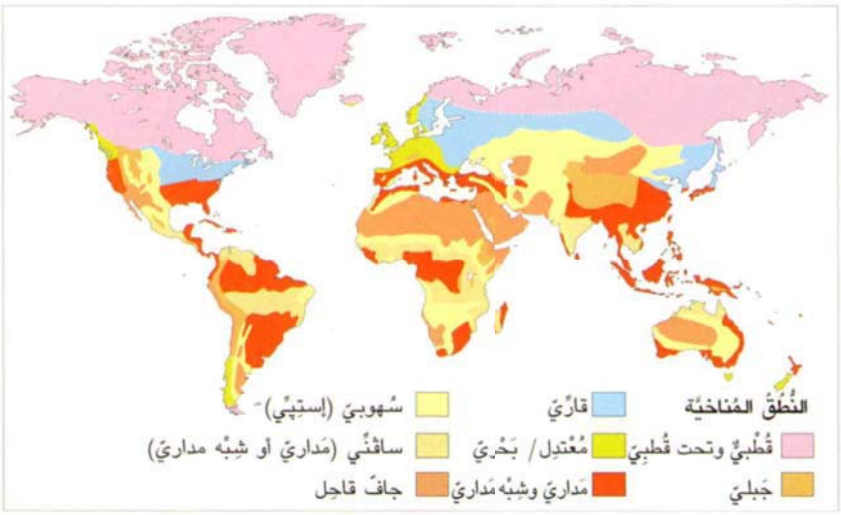
يَرْتفِعُ الهواءُ الدافئُ عندَ خطِّ الإسْتِواء حيثُ ضوءُ الشَّمْس أشَدّ. ومن هناك، يَنْتَقِلُ الهواءُ الدافئُ نحو القُطْبَين مُستَجرًا الهواءَ البارِدَ نوعًا لِيَحُلَّ مَحَلَّه.

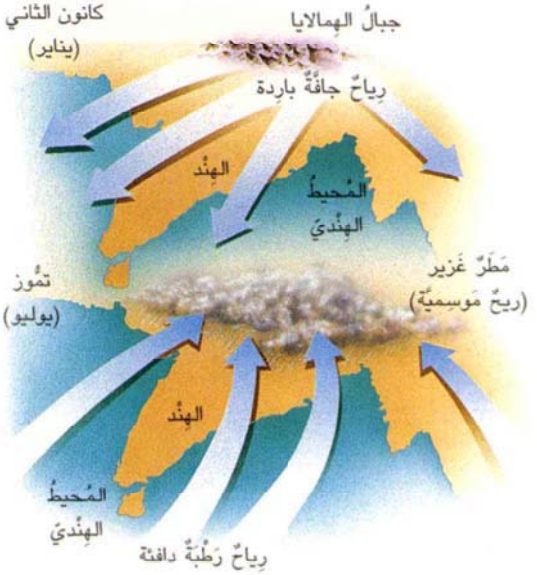
نَبيتُ الغاباتِ المَطيرةِ يُسْهِمُ في الحَدِّ من الحمْوِ العالميّ بامتِصاصِه غازَ ثاني اكسيد الكربون من الهواء في عمليّةِ التخليق الضوئيّ.

▼ تتَمَيَّزُ النُّطُقُ المُناخيَّةُ الثمانيةُ الرئيسيَّةُ بِمُعدَّلاتٍ مُتَباينةٍ من مُتوَسِّطِ دَرجاتِ الحرارة وتَساقُطِ المَطَر. وهذه التباينُاتُ تؤثِّرُ في أنماطِ النَّبيت المُتَواجدةِ في هذه النُّطُق.

الطّاقةُ التي تُسَيِّرُ مَنْظوماتِ طَقْسِ الأرض مَصْدرُها الشَّمْس. فعندما يَشِعُّ ضوءُ الشمسِ على الأرض، يُعكَسُ بَعضُه بواسِطة السُّحُبِ والأغطيةِ الجَليديَّة القُطبيَّة الناصِعةِ البَياض عائدًا إلى الفَضاء. أمّا الباقي فتَمتَصُّه البِحارُ واليابِسةُ اللاتي تَسْخُنُ به وتَشِعُّهُ حرارةً كضَوءٍ دونَ الأحمر. وبينَما يَسْري الضوءُ المَرئيُّ بِحُرِّيَّةٍ عَبْرَ الهواءِ الصافي، فإنَّ غازاتِ كثاني أُكسيد الكربون تَعكِسُ الضوءَ دونَ الأحمر مُعيدَةً إيّاهُ إلى جوِّ الأرض – فيما يُعْرَفُ بِظاهِرةِ الدَّفيئات. فثاني أكسيد الكربون في الهواء يَحْتَبِسُ الحرارةَ بالطريقة نَفْسِها التي يَحْتَبِسُها بها زُجاجُ الدَّفيئة. ويُقدِّرُ العلماءُ أنَّهُ لولا هذه الظاهرةُ لكانَ مُعدَّلُ دَرَجةِ الحرارة على سَطْح الأرض حوالي – 15°س (بدلَ المُعدَّل الحالي 14°س). ولكانَ الجليدُ يُغَطّي كاملَ كوكَب الأرض باستِمرار، ولكانت انعدَمَت إمكانيَّةُ تواجُدِ الحياةِ البَشَريَّة على الأرض.

تَتَباينُ كمِّيَّةُ نورِ الشَّمْس التي تَبْلُغُ سَطْحَ الأرض تَبَعًا لِخَطِّ عَرْض المِنْطقة. فضوءُ الشَّمْس الأعظَمُ شِدَّةً يُشِعُّ عندَ خطِّ الإستواء؛ والأشَدُّ وَهَنًا عِندَ القُطْبَيْن. وتَدْأَبُ الرِّياحُ على مُحاولة تَسْوِيَةِ ذلك التباينِ بِحَمْلِ الهواءِ الأدفأ إلى العُروضِ الجُغرافيَّةِ الأعلى. كذلك يَتأثَّرُ المُناخُ بالتيّاراتِ المُحيطيَّة. فطبَقاتُ المِتْرَيْن العُلْويَّيْن من مياهِ البحارِ السَّطحيَّة تَخْتَزِنُ من الحرارةِ أكثرَ مِمّا يختَزِنه مِنها جَوُّ الأرضِ بكامله. والتيّاراتُ المُحيطيَّةُ تَنْقُلُ بَعضًا من هذه الحرارةِ دَومًا نحو القُطْبَيْن؛ كما إنَّ تيّارَ الخليجِ وتيّارَ الإنْسياق الأطلسيّ الشماليّ يُكْسِبانِ أوروبا الشماليَّةَ طَقْسَها المُعْتَدِل. وبَعيدًا عن





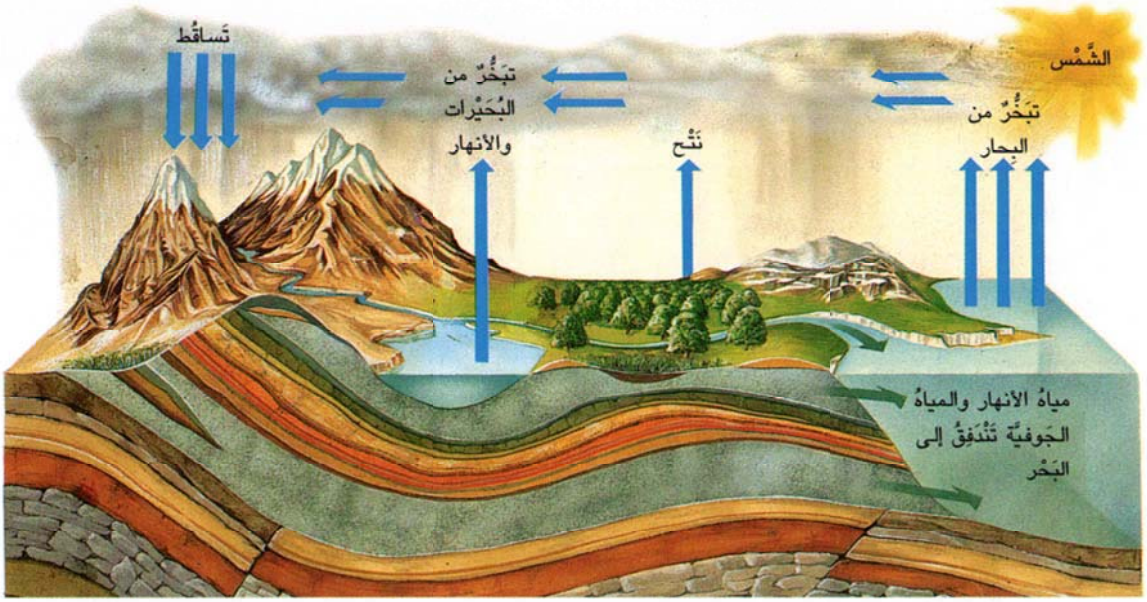
في الشِّتاء، يكونُ البحرُ أدْفأَ من اليابِسة، فيرتَفِعُ الهواءُ فوقَه، مُسْتَجِرًا الهواءَ الجافَّ الباردَ جَنوبًا من جِبال الهِمالايا. في الصَّيْف، يُصْبِحُ الهواءُ فوقَ شَماليِّ الهِنْد حارًّا جِدًّا فيَرتفِع. وهذا يُسَبِّبُ تَحَرُّكَ الهواءِ الرَّطْبِ الدافئِ شَمالًا من المُحيط، جالِبًا أمطارًا غَزيرةً إلى جَنوبيّ آسيا – في الفَصْلِ المَوسِميّ.

المَخْزوناتِ الحراريَّةِ المُحيطيَّة، فإنَّ المناطِقَ في داخِلِ القارّاتِ هي أشَدُّ مَنْظوماتِ الطَّقْسِ حِدَّةً – فشِتاؤُها قارِسُ البَرْدِ وصَيْفُها حارٌّ وجافٌّ.

تغَيُّرُ المُناخ

رُغْمَ كُلِّ تَغَيُّراتِ الطَّقْس من يَومٍ إلى يَوم ومن سَنةٍ إلى سَنة، فإنَّ مُعَدَّلَ دَرجاتِ الحرارة العالميَّ لم يتغيَّرْ، طيلةَ القَرنِ الماضي، بأكثرَ من نِصْفِ درجة س (سِلْسيوس). إنَّ لِبَعْضِ التغَيُّراتِ المُناخيَّةِ أسبابًا طبيعيَّةً. ففي القَرْنِ السابعَ عَشَر، مثلًا، لم يُسَجَّلْ وُجودُ أيِّ بُقَعٍ شَمْسيَّة. إجمالًا كانتِ الشَّمْسُ أبْرَدَ في تِلْكَ الفَتْرة التي عُرِفَت بالعَصْر الجليديِّ الصَّغير. وفي ذلك الحِين، تَجمَّدتِ الأنهارُ في أوروبا خِلالَ الشتاء وكانت تُقام مَعارِضُ وألعابٌ فوقَ الجليد.

وفي أزْمنةٍ غابِرَةٍ أقْدَمَ كانت هنالك تَغَيُّراتٌ مُناخيَّةٌ أعْظَمَ كثيرًا؛ وتوجَدُ شواهِدُ على ذلك بأشكالٍ عديدة. فحَلَقاتُ النمُوِّ في الشَّجَر تُسَجِّلُ فُصولَ نَماءٍ جَيِّدةً وسَيِّئة – بما فيها سِلْسلةٌ من فُصولِ الشِّتاءِ القارِسةِ البَرْد حوالَى العام 1450 ق.م، التي رُبَّما سَبَّبَتْها ثَوَوراناتٌ بُركانيَّةٌ حجَبَت ضوءَ الشَّمْس. ويتَجلَّى ذلك أيضًا في سِجِلّاتٍ أقدمَ زَمنًا داخِلَ عَيِّناتٍ جليديَّةٍ لُبِّيَّةٍ من غُرينْلَنْد ومن القارَّةِ القُطبيَّة الجَنوبيَّة وفي طَبَقاتِ الرُّساباتِ في البُحَيْرات. وتُوَفِّرُ الرُّساباتُ اللُّبِّيَّةُ من المُحيطاتِ التاريخَ الأطولَ. فالتَّغَيُّراتُ في نِسَبِ نَظائرِ الأُكسِجين يُمكِنُ أنْ تُنْبِئَنا عن دَرجاتِ الحرارة المُحيطيَّةِ وعَن كمِّيَّةِ الجليد عندَ القُطْبَيْن في أزمانٍ أسْبَقَ. كما تُبَيِّنُ لنا



نظائرُ الكربون في المَحار كمِّيَّةَ ثاني أكسيد الكربون التي كان يَجْري سَحْبُها من الهواء. ومُنْذُ حوالى 50 مِليون سَنة، يُرَجَّحُ أنَّ الجليدَ لم يَكُنْ يتواجَدُ على سَطْحِ الأرض إلَّا في قِمَمِ الجبالِ العالية. وكانتِ القارَّةُ القُطبيَّةُ الجَنوبيَّةُ مُغَطَّاةً بالنَّبْت. وقبْلَ ذلك، بما يَفُوقُ 100 مليون سَنة، كان مُناخُ الأرض أدفأَ كثيرًا مِمَّا هو عليه اليوم، وكانتِ الدَّيْنوصوراتُ تَجوبُ كوكبَ الأرض بِحُرِّيَّة.

الحمُوُّ العالَميّ

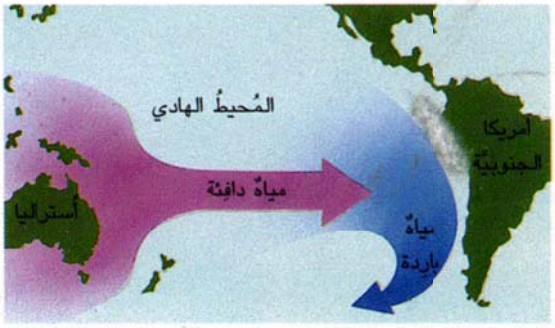
ليسَت كُلُّ التغَيُّراتِ المُناخيَّةِ طبيعيَّةً. فمُنْذُ العام 1958 أخذَ العلماءُ يُراقبون تَرْكيزَ ثاني أكسيد الكربون في الهواء، فوقَ جَبلٍ عالٍ في هاواي، بَعيدًا عن أيِّ مَصْدرٍ تَلَوُّث. وكان تركيزُ ذلك الغاز يَتزايَدُ سَنَةً بَعْدَ سَنة. ومَعلومٌ أنَّ مَصْدرَ ثاني أكسيد الكربون الزائدِ هو حَرْقُ الوُقُودِ الأُحفوريَّةِ، كالفَحْمِ والغازِ الطبيعيِّ والمُشْتقَّاتِ النِّفْطيَّة. فالحَرْقُ هذا يُطْلِقُ، في الهواءِ، كربونًا كان مُخْتَزَنًا في أَنْسِجةِ المُتَعَضِّيات التي عاشَت منذُ عِدَّة ملايينِ السِّنين. كذلك فإنَّ حَرْقَ الغاباتِ

ظروفٌ طبيعيَّة

الْنينُو اسْمٌ أُعْطيَ إلى انعِكاسٍ يَحْدُثُ مِنْ حِينٍ لآخر في اتِّجاهِ التيَّاراتِ في المُحيطِ الهادي. ففي الظُّروفِ الطبيعيَّةِ تَتَّجِهُ التيَّاراتُ السَّطْحيَّةُ الدَّافِئةُ غَرْبًا عَبْرَ المُحيطِ الهادي الجَنوبيّ. فتُوَفِّرُ هواءً رَطْبًا للمُناخِ الرَّطْبِ لِجَنوبِ شَرقِ آسيا وتُتيحُ للمياهِ الغَنيَّةِ بالمُغَذِّيات انْ

في مِنْطقةِ الأمازون يُطْلِقُ ثاني أكسيد الكربون ويُدَمِّرُ الأشجارَ والنباتاتِ التي كان تَواجُدها يُسْهِمُ في خَفْضِ كمِّيَّةِ ثاني أكسيد الكربون في الجَوّ في عمليَّةِ التخليقِ الضوئيّ. ويُقَدَّرُ أنَّ ما تُضيفُه الأنشِطةُ البَشَريَّةُ سَنَويًّا من الكربونِ إلى الهواءِ على شكلِ ثاني أكسيد الكربون بحوالى ثمانيةِ بَلايين طُنٍّ. وخِلالَ القَرْنِ العِشْرين، زادَ ثاني أكسيد الكربون الإضافيّ من ظاهِرةِ الدَّفيئات واحتِباسِ حرارة الشَّمْس إلى حَدِّ رفْعِ مُعَدَّلِ درجةِ الحرارة العالميِّ بمِقْدار 0,5°س.

يَستَخْدِمُ الأرصاديُّونَ حواسيبَ فائقةً لِنَمْذَجةِ المُناخ والتَنَبُّؤ بالتَّغَيُّراتِ المُناخيَّةِ المُسْتَقْبليَّة. وتُشيرُ النتائجُ إلى إمكانيَّةِ سُخونةِ المُناخِ العالميِّ بِ 2,5°س إضافيَّةً على مَدى القَرنِ التالي – وهذا يَفوقُ مُعَدَّلَ التغَيُّرِ في درجة الحرارة الذي حَصَلَ مُنْذُ العُصور الجليديَّةِ حتَّى الوقت الحاضِر. وقَدْ تكونُ الغَيُّراتُ مَحَلِّيًّا أشدَّ أثَرًا. فبانصهارِ الجليدِ القُطْبيّ، سَترتفِعُ مُسْتَوياتُ سَطْحِ البَحْرِ وتُحْدِثُ فَيَضاناتٍ، وستَغْدو الصَّحاري أشَدَّ جَفافًا والمناطِقُ الساحِليَّةُ أكثرَ تعَرُّضًا للعواصِف.



الْنينُو

تَفيضُ على أمْتدادِ ساحِلِ البيرو. امَّا خِلالَ الألْنينُو، فإنَّ التيَّارَ الدافِئَ يَنْسابُ شَرْقًا - مُحْدِثًا فَيَضاناتٍ في الأمريكيَّتَيْن وجَفافًا في جَنوبِ شَرْقِ آسيا. كذلك فإنَّ الألْنينُو يَحْرِمُ الأسماكَ من مُغَذِّياتِها في مَناطقِ الصَّيْد على ساحلِ البيرو.

المُناخ

الحَرارةُ من الشَّمْس تُحَرِّكُ الماءَ في دَورَتِه حولَ الأرض. فهي تُسَبِّبُ تَبَخُّرَ الماءِ من البُحَيْراتِ والأنهارِ والبِحار، ونَتْحَ الماءِ من النَّباتاتِ إلى الهواء. والهواءُ الرَّطْبُ الدافِئُ يَبْرُدُ عندما يرتَفِعُ فوق التِّلالِ والجبال، أو عندما يَلْتَقي هواءً باردًا. ومع بُرودَتِهِ يَعْجِزُ هذا الهواءُ عن استِيعابِ كاملِ حُمولَتِه من الماءِ كبُخار، فتَتَكَثَّفُ قُطَيْراتُ الماءِ فيه إلى سُحُبٍ ثُمَّ إلى مَطَر. والمَطَرُ يُغَذِّي الجَداولَ والأنهارَ ويَتغَلْغَلُ في التُّرْبةِ كمِياهٍ جَوفيَّة. وبهذه الأشكالِ يَعودُ الماءُ إلى البُحَيراتِ والغاباتِ والبِحار، مُكمِلًا دَوْرَتَه المُسْتَمِرَّةَ في الطبيعة.

تَتَولَّدُ المَنْظوماتُ الجَبْهيَّةُ حيثُ يَلْتَقي الهواءُ البارِدُ بالهواءِ الدافِئ. وتَحْدُثُ الجَبْهةُ الباردةُ حيثُ يَدْفَعُ الهواءُ البارِدُ (الجافُّ عادَةً) الهواءَ الدافِئَ من دَرْبِه.

تَجْلِبُ الجَبْهةُ الباردةُ عادةً سُحُبًا ومَطَرًا. فيَنْدَفِعُ الهواءُ البارِدُ تَحْت الهواءِ الدافِئِ ويَرْفَعُه.

الجَبْهةُ المُرْتَجَةُ تَحْدُثُ حيثُ يَخْتلِطُ الهواءُ البارِدُ بالهواءِ الدافِئ. وعِنْدَ اكتِمالِ ذلك تَضْعفُ الجَبْهةُ المُرْتَجَةُ وتَتَلاشَى.

انْظُر أيضًا

المُحيطات ص 12 – 13
الشَّمْس ص 394 – 395
تلَوُّثُ الهواء ص 453
تغَيُّرُ المُناخ ص 460

المَطَرُ والثَّلْج

المَطَرُ والثَّلْجُ شَكْلانِ من تَساقُطِ الماءِ من السَّماءِ على الأرض. والماءُ الذي يُوفِّرانِه قِواميٌّ وحَيَويٌّ لِبَقاءِ ونُموِّ الحيَواناتِ والنَّباتات.

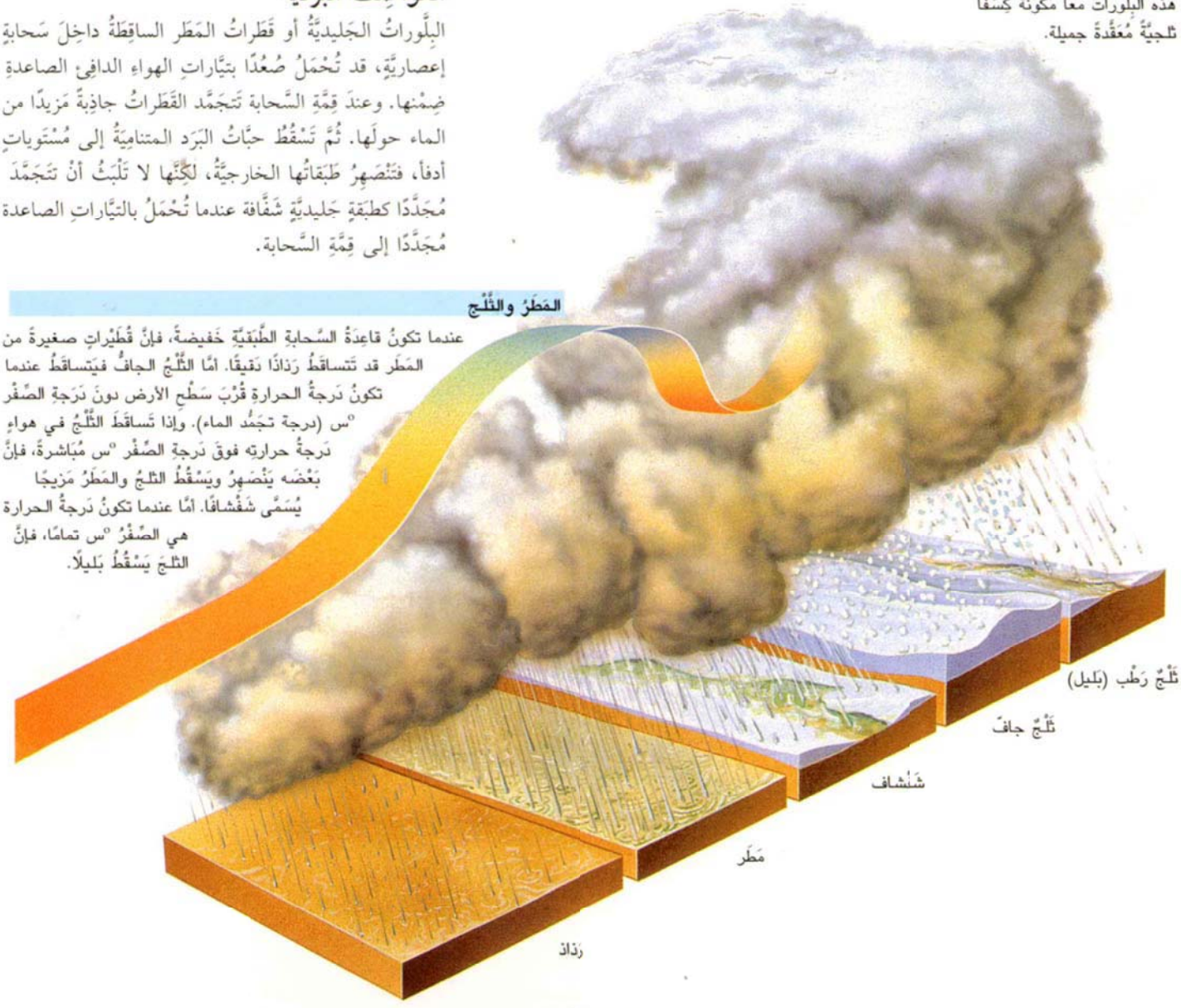
عندما يَتجَمَّدُ الماءُ يُشَكِّلُ بلَّوراتٍ مُسَطَّحةً سُداسيَّةَ الجوانب. وفي ظُروفٍ مُناخيَّةٍ مُعَيَّنةٍ، تَنْضامُ هذه البلَّوراتُ معًا مُكَوِّنةً كِسَفًا ثلجيَّةً مُعَقَّدةً جميلة.

الماءُ الذي يَسْقُطُ من السُّحُبِ بمُختلِف أشكالِه يُسَمَّى تَساقُطًا. ففي المَطَرِ، أحدِ أشكالِ هذا التَّساقُط، تتكَوَّنُ قَطَراتُ الماءِ في السُّحُب عندَما تَتصادَمُ قُطَيْراتُ الماءِ الدقيقةُ بفِعْلِ التيَّاراتِ الهوائيَّة فتنضَامُّ معًا مُكَوِّنةً قَطَراتٍ أكبرَ تَتساقَطُ على الأرض مَطَرًا. ولا بُدَّ أنْ يكونَ الهواءُ رَطْبًا حتَّى يَصِلَ المَطرُ إلى سَطْحِ الأرضِ دونَ أنْ يَتبَخَّرَ. لِذا فإنَّ هذا النَّوعَ من التساقُطِ يَحْدُثُ بصُورةٍ رئيسيَّةٍ في المَناطقِ المَداريَّة.

مُعْظَمُ المَطرِ يَبْدأُ كبلَّوراتٍ جَليديَّةٍ تتكَوَّنُ عاليًا في الجَوِّ في سُحُبٍ حيثُ دَرجةُ الحرارة خَفيضة. وتَنَامَى البلَّوراتُ الجَليديَّةُ بتجمُّدِ مَزيدٍ من الماءِ حولَها. وتَسْقُطُ هذه البلَّوراتُ على الأرض مَطرًا أو ثَلْجًا تَبَعًا لِعلُوِّ مُسْتوى التجَمُّد – أي الارْتفاعِ الأدنى الذي تَتسَبَّبُ فيه دَرجةُ الحرارةِ والضغطِ بتَجَمُّدِ الماء. فإذا كان مُسْتَوى التجَمُّدِ أقلَّ من 300 م فوقَ سَطْحِ الأرض، فإنَّه لن يتسَنَّى للبلَّوراتِ الجَليديَّة وَقْتٌ كافٍ للانْصهار قبْلَ بلُوغِها سَطْحَ الأرض، لِذا فهي تَتساقَطُ ثَلْجًا. وفي الظُّروفِ الأدفأ، يكونُ مُسْتَوى التجَمُّد أعلى فتَتحَوَّلُ البلَّوراتُ إلى مَطرٍ قبْلَ بلُوغِها سَطْحَ الأرض.

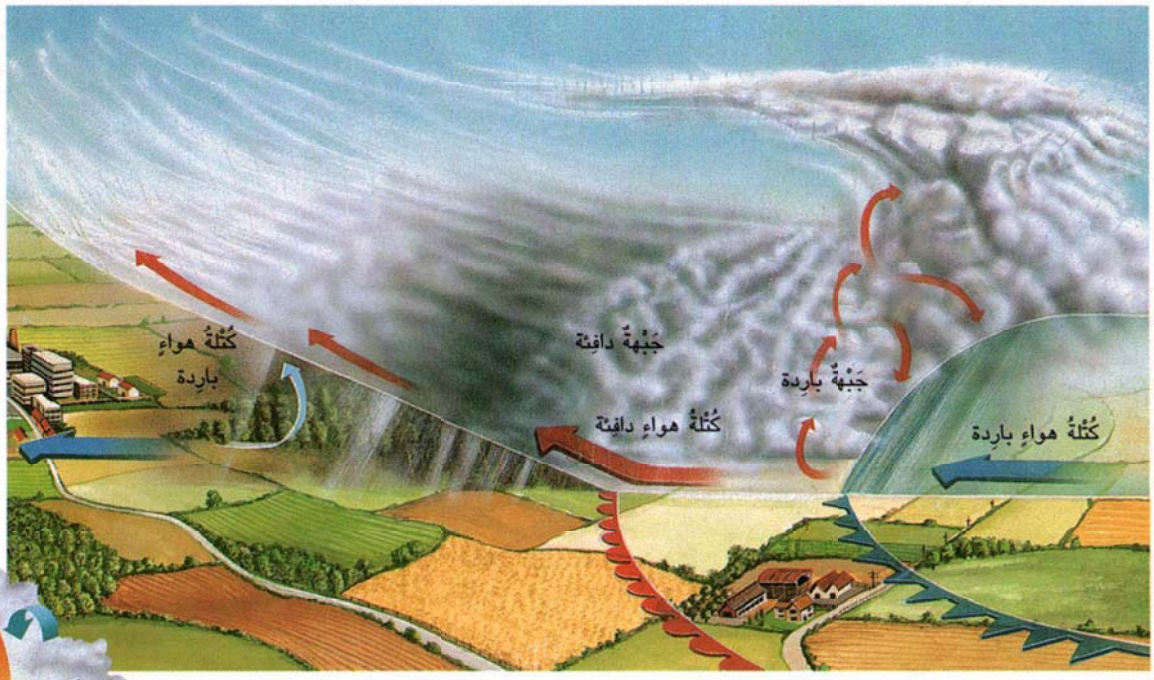
العواصِفُ البَرَديَّة

البلَّوراتُ الجَليديَّةُ أو قَطَراتُ المَطَر الساقِطَةُ داخِلَ سَحابةٍ إعصاريَّةٍ، قد تُحْمَلُ صُعُدًا بتيَّاراتِ الهواءِ الدافِئِ الصاعدةِ ضِمْنها. وعندَ قِمَّةِ السَّحابة تَتجَمَّد القَطَراتُ جاذِبةً مَزيدًا من الماء حولَها. ثُمَّ تَسْقُطُ حبَّاتُ البَرَد المتنامِيَةُ إلى مُسْتَوياتٍ أدفأ، فتَنْصَهِرُ طَبَقاتُها الخارجيَّةُ، لكِنَّها لا تَلْبَثُ أنْ تتَجَمَّدَ مُجَدَّدًا كطبَقةٍ جَليديَّةٍ شَفَّافة عندما تُحْمَلُ بالتيَّاراتِ الصاعدة مُجَدَّدًا إلى قِمَّةِ السَّحابة.

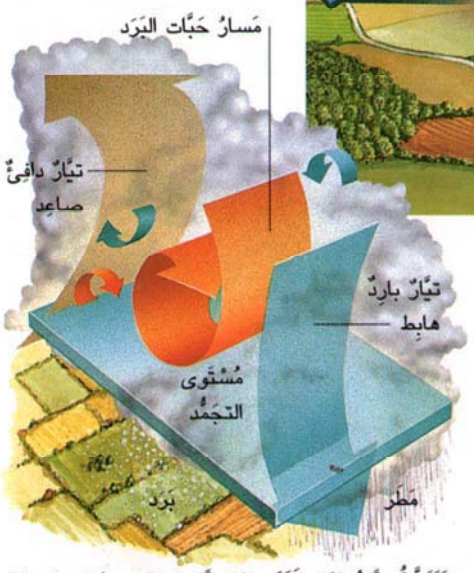


المَطَرُ والثَّلْج

عندما تكونُ قاعِدَةُ السَّحابةِ الطَّبَقيَّةِ خَفيضةً، فإنَّ قُطَيْراتٍ صغيرةً من المَطَر قد تَتساقَطُ رَذاذًا دَقيقًا. امَّا الثَّلْجُ الجافُّ فيَتساقَطُ عندما تكونُ دَرجةُ الحرارةِ قُرْبَ سَطْحِ الأرض دونَ دَرَجةِ الصِّفْر °س (درجة تجَمُّد الماء). وإذا تَساقَطَ الثَّلْجُ في هواءٍ دَرجةُ حرارتِه فوقَ دَرجةِ الصِّفْر °س مُباشرةً، فإنَّ بَعْضَه يَنْصَهِرُ ويَسْقُطُ الثلجُ والمَطَرُ مَزيجًا يُسَمَّى شَفْشافًا. امَّا عندما تكونُ دَرجةُ الحرارة هي الصِّفْرُ °س تمامًا، فإنَّ الثلجَ يَسْقُطُ بَليلًا.



تتكَوَّنُ السُّحُبُ وتُمْطِرُ عِندما يَرتفِعُ الهواءُ الرَّطْبُ الدَّافِئ. وقد يَحْدُثُ هذا عِنْدَ ٱلْتِقاءِ جَبْهَةِ هواءٍ دافِئةٍ بكُتْلةِ هواءٍ باردة. فالهواءُ الدافِئُ يَبْرُدُ عندما يَرْتَفِعُ فوقَ الهواءِ البارِدِ مُكَوِّنًا سُحُبًا ومَطَرًا خَفيفًا ورَذاذًا. أمَّا عِندما تَنْدَسُّ جَبْهةٌ باردةٌ تحتَ هواءٍ دافِئ، فإنَّ الهواءَ الرَّطْبَ يَرْتفِعُ بِسُرعةٍ مُكَوِّنًا سُحُبًا إعصاريَّةً تُرْسِلُ في الغالِبِ مَطرًا غَزيرًا. ويَتْبَعُ ذلكَ عادةً طَقْسٌ صافٍ أبْرَدَ.



تَتَنَشَّأُ حبَّاتُ البَرَدِ كَنَوى جَليديَّةٍ دقيقةٍ في أعلى سَحابةٍ إعصاريَّة؛ تَسْقُطُ بِثِقْلِها إلى قاعِ السَّحابةِ، لكِنَّها تُحْمَلُ مع تيَّارٍ صاعِدٍ وتُعادُ ثانيةً إلى أعلى السَّحابةِ حيثُ يَتجَمَّدُ حولَها مَزيدٌ من الماءِ فتسقُطُ، ثُمَّ تُقْذَفُ إلى أعلى ثانيةً. وتتكرَّرُ هذه الدوراتُ مُراكِمَةً حولَ حَبَّةِ البَرَدِ طَبَقاتٍ عديدةً من الجليد قَبْلَ سُقُوطِها في نِهايةِ المَطافِ إلى الأرض.

تَسْتَمِرُّ حبَّاتُ البَرَدِ بالإرْتفاعِ والهُبوطِ والتَّنامي معَ كُلِّ دَورةٍ حتَّى تُصْبِحَ أثقلَ من أنْ تَحْمِلَها التيَّاراتُ الصاعِدةُ فتَسْقُطَ على الأرض. وقد يَبْلُغُ قُطْرُ حبَّةِ البَرَد النَّموذجيَّةِ سَنْتيمترًا واحِدًا أو أكثَرَ؛ أمَّا الرَّقْمُ القِياسيُّ لِوَزن البَرَدَةِ فيَبْلُغ 760 غرامًا.

مُعَدَّلاتُ المَطَر

مُعَدَّلاتُ المَطَر السَّنويَّةُ التي تَتراوحُ بين 60 سم وَ 150 سم هي مُعَدَّلاتٌ عادِيَّةٌ في المَناطِقِ المُعْتدِلة كشَماليِّ أوروبا؛ لكِنْ تُوجَدُ مناطقُ صَحْراويَّةٌ جافَّةٌ يَنْحَبِسُ عنها المَطَرُ سَنَوات. ففي جُزْءٍ من صَحراءِ أتاكامَا في الشِّيلي لم يُسَجَّلْ أيُّ تَساقُطٍ للمَطَر على مَدَى أكثَرَ من 400 سنة. وفي المُقابِل فإنَّ مُعَدَّلَ المَطَر على قِمَّةِ جبلِ وايالالا في جزيرة كاواي من جُزُرِ هاواي يَبْلُغ أكثَرَ من 11 مترًا في السَّنةِ عادةً. أمَّا أعظمُ تَساقُطٍ ثلجيٍّ في 12 شهرًا فكانَ 31,1 مترًا في شِتاءِ 1971 – 1972 في پارادَيْس على جبَل رانْييه في ولايةِ واشنطن، بالولايات المتَّحدة الأمريكيَّة.

وفي 16 آذار (مارس) عام 1952، بلغَ نُهْطالُ المَطَر في سِيلاوُس بجَزيرة ريِيُونْيُون في المُحيط الهِنْدي 1,87 مِترًا. والأمطارُ الغَزيرةُ التَّهْطال من هذا النَّمَط قد تُحَلْحِلُ جُذورَ الأشجار وتُخَلْخِلُ المُنْحدَرات جارِفةً المَنازل أو مُسَبِّبةً أنْزِلاقاتٍ أرضيَّةً كارثيَّة. كما إنَّ الأمطارَ الغزيرةَ المُتَواصلةَ والسَّيَحاناتِ المُفاجئةَ تَرْفَعُ مُسْتَوياتِ مِياه الأنهار فَتُفَزِّرَ ضِفافَها وتفيضُ غامِرةً ما حوالَيها.

ضَوءُ الشَّمْس خَليطٌ من أطوالٍ مَوجيَّةٍ مُتَباينةٍ من الضَّوء، فعِندما يَنْعكِسُ الشعاعُ الضَّوئيُّ انْعِكاسًا كُلِّيًّا داخِلَ قَطْرةِ مَطَرٍ يَنْكَسِرُ كُلُّ طُولٍ مَوْجيٍّ مِنْه، عندَ مُغادرتِه القَطْرةَ، بزاويةٍ مُخْتلِفة. ونَتيجةً لِذلك، تُشاهَدُ الأطوالُ المَوجيَّةُ المُتَباينةُ كألوانٍ مُنْفَصِلةٍ في قَوْسِ قُزَح.

► يُشاهَدُ قَوسُ قُزَح، ناحيةَ الأفق المُقابِلةَ للشَّمْس، بِسَبَبِ انْعكاسِ أشِعَّةِ الشَّمْسِ وانكِسارِها عَبْرَ مَلايينَ من قُطَيْراتِ ماءِ المَطَر.

أُنْظُر أيضًا

المُناخ ص 36 – 37
الحياة: الأُصولُ والتطَوُّر ص 50 – 51
تغَيُّرُ المُناخ ص 460

السُّحُبُ والضَّباب

الحرارةُ من ضَوءِ الشَّمْس تُبَخِّرُ لماءَ من سَطْحِ الأرض. وعندما تَهْبِطُ دَرجةُ حرارةِ الهواء، يتكثَّفُ بُخارُ الماءِ فيه مُكوِّنًا السُّحُبَ والضَّباب.

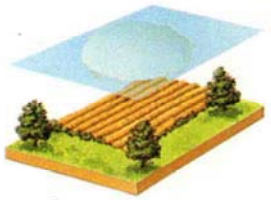
إنَّ كمِّيَّةَ الماء التي يُمْكِنُ لِلهواءِ أنْ يَسْتَوعِبَها كبُخارٍ غيرِ مَرْئيٍّ تَعْتَمِدُ على دَرجةِ حرارتِه. فإذا بَرَدَ الهواءُ إلى ما دُونِ دَرجةِ حرارةٍ مُعَيَّنة، فإنَّ قُطَيْراتٍ دَقيقةً من الماءِ تَبْدأُ بالتكوُّنِ حوْلَ حُبَيْباتٍ دَقيقةٍ من الغُبارِ أو الدُّخانِ في الهواء؛ والسُّحُبُ والضَّبابُ تتألَّفُ من أمثالِ هذه القُطَيْرات.

والضَّبابُ هُو في الواقِعِ سُحُبٌ تَتكوَّنُ بمُستوى سَطْحِ الأرض. في المُرْتَفعاتِ العاليةِ حيثُ الهواءُ باردٌ بما فيه الكِفاية يَتحوَّلُ الماءُ في السُّحُبِ إلى بِلَّوراتٍ جَليديَّة.

تَكوُّنُ السُّحُب

في الطَّقْسِ المُشْمِسِ تُحْدِثُ الحرارةُ والرُّطوبَةُ من سَطْحِ الأرض تيَّاراتٍ صاعِدةً من الهواءِ الدافِئِ الرَّطْب. وعندَ ٱرْتِفاعِ هذه التيَّاراتِ إلى طَبَقاتِ الهواءِ الأَبْرَدِ، يَبْدأُ البُخارُ بالتكاثُفِ مُكوِّنًا سُحُبًا. لكِنَّ دَواخِلَ السَّحابةِ تَبْقى دافئةً وتَسْتَمِرُّ بالإرْتفاعِ مُكوِّنةً سُحُبًا مُنْتَفِشةً مُتطاوِلة.

ويَتكوَّنُ نَمَطٌ مُخْتلِفٌ من السُّحُبِ عندما تَلْتقي جَبْهةٌ هوائيَّةٌ دافِئةٌ رَطْبةٌ بكُتْلةٍ من الهواءِ البارِد. ويَرْتَفِعُ الهواءُ الدافِئُ فوقَ الهواءِ البارِدِ فيَبْدأُ بالتبَرُّد. وقد تتكوَّنُ بذلك طَبَقاتٌ من السُّحُبِ المُتَّصِلة على الحدِّ بينَ الهواءِ الدافِئِ والبارِد. كذلك تَتكوَّنُ السُّحُبُ أيضًا عندما يَرْتَفِعُ الهواءُ الرَّطْبُ فيَبْرُدُ عَبْرَ مُرورِه فوقَ التِّلالِ أو الجِبال.



1 شَعُّ الشَّمْس يُسَخِّنُ التُّرْبةَ العاريةَ أسْرعَ مِمَّا يُسَخِّنُ العُشْب. في الأيَّامِ المُشْمِسةِ يرتفِعُ الهواءُ الرَّطْبُ من مِثْلِ هذه المَناطق.

2 بٱرْتِفاعِ الهواءِ الرَّطْبِ وتَبَرُّدِه، يَبْدأُ بُخارُ الماءِ فيه بالتكاثُفِ وتكوينِ السُّحُب.

3 تَتَنامَى السُّحُبُ إذْ تُغَذِّيها جُيوبٌ إضافيَّةٌ، من الهواءِ الدافِئِ الصاعِدِ، بقُطَيْراتٍ من الماء.

تُحْدِثُ السُّحُبُ الإعْصاريَّةُ تَفْريغاتٍ بَرْقيَّةً تَبْلُغُ شِدَّتُها 000 100 قلط أو أكثَر. هذه الشَّراراتُ الضَّخْمةُ تُسَخِّنُ الهواءَ إلى دَرجةٍ تَفُوقُ 000 30°س. ويُسَبِّبُ تَمَدُّدُ الهواءِ السَّريعُ والفُجائيّ بتلاطُمِه مع طَبقاتِ الهواءِ المُكْتنِفة قَصْفَ الرَّعْد.

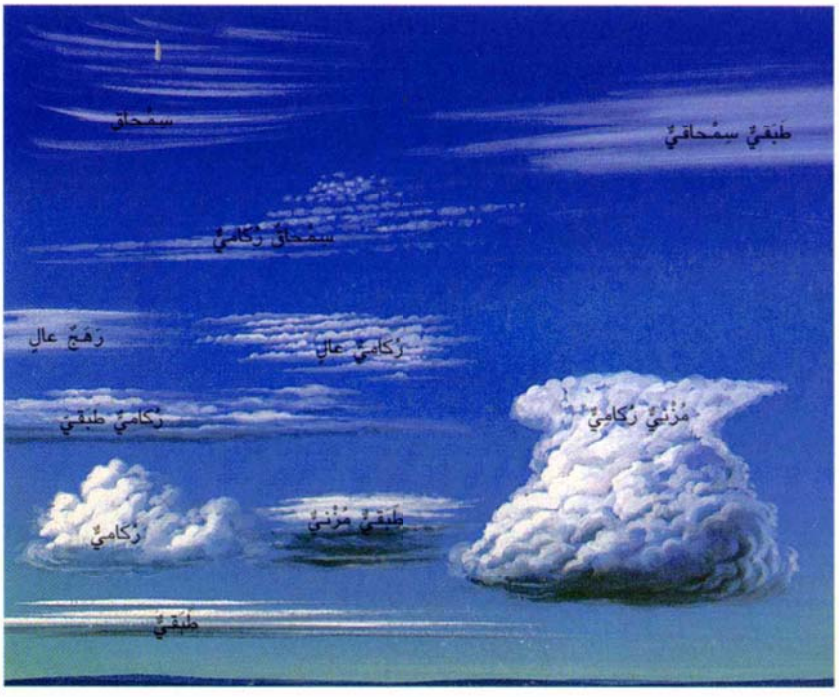
أنواعُ السُّحُب

تُصَنَّفُ السُّحُبُ عادةً تَبَعًا لِمَظْهَرِها وٱرْتِفاعِها. ويُقاسُ ٱرتفاعُ السَّحابةِ من مُستوَى قاعِدَتِها؛ لكِنَّ بعضَ أنواعِ السُّحُبِ قد يَعْلُو عِدَّةَ آلافِ الأمتار فوقَ القاعِدة. تُعْتَبَرُ السُّحُبُ خَفيضةً إذا كان ٱرْتفاعُ قواعِدِها لا يَتَجاوزُ 2000 م، ومُتَوسِّطةُ المُسْتَوى إذا كان عُلوُّ قواعِدِها يَتَراوحُ بين 2000 م وَ 5000 م، وعاليةَ المُسْتَوى إذا كان ٱرْتفاعُ قواعِدِها بينَ 5000 م، وَ 000 14 م.

السُّحُبُ الخفيضةُ المُسْتَوى تَشْمَلُ السُّحُبَ الطَّبَقيَّةَ التي تتكوَّنُ في طَبَقاتٍ مُتَّصِلةٍ، والسُّحُبَ الرُّكاميَّةَ المُنْتَفِشةَ البَيْضاءَ الشبيهةَ بِكُراتٍ قُطْنيَّة. والسُّحُبُ المُزْنيَّةُ الرُّكاميَّةُ هي أيضًا خَفيضةُ مُسْتَوى القاعدة، لكِنَّها قد تَعْلُو حتّى 000 13 م في الجَوِّ، وهي عادَةً سَنْدانيَّةُ الشَّكْل غَزيرةُ التَّهْطال المَصْحوبِ بعَواصِفَ رَعْديَّة.

السُّحُبُ المُتوسِّطةُ المُسْتَوى تَشْمَلُ سُحُبَ الرَّهَجِ العالي، التي تتكوَّنُ كطَبَقاتٍ صفائحيَّةٍ رَقيقة، والسُّحُبَ المُزْنيَّةَ الطبقيَّةَ الأدكنَ التي غالِبًا ما تَجْلِبُ مَطَرًا أو ثَلْجًا مُتَواصِلًا. والسُّحُبُ الرُّكاميَّةُ العاليةُ هي حُزَمٌ بَهيَّةُ المَنْظرِ من السُّحُبِ المُتوسِّطةِ المُسْتَوى شَبيهَةٌ بالتموُّجاتِ النِّيميَّةِ على شاطئٍ بَحْريّ.

السُّحُبُ العاليةُ المُسْتَوى هي أنواعٌ من السِّمْحاقِ القَزَعيّ الشَّبيهةِ بِخُصَلٍ رَقائقيَّة. وهي تَحْوي الماءَ على شَكْلِ بِلَّوراتٍ جَليديَّةٍ دَقيقة.



السُّحُبُ السِّمْحاقيَّةُ هي جَدائلُ من السُّحُبِ العاليةِ الإرْتفاع. والسُّحُبُ السِّمْحاقيَّةُ الطبقيَّةُ تُشَكِّلُ ما يُشْبِه السِّدْلَ. والسُّحُبُ السِّمْحاقيَّةُ الرُّكاميَّةُ خُصَلٌ من السُّحُبِ العاليةِ المُسْتَوى قد تُشَكِّلُ نَسَقًا نِيميًّا مُنْتَظِمًا تَبْدو به السَّماءُ رَقْطاءَ كظَهْرِ الإسْقُمْري. والرَّهَجُ العالي طَبَقةٌ رَقيقةٌ من السُّحُبِ المُتوسِّطةِ المُسْتَوى. والطَّبَقيُّ المُزْنيُّ طَبَقةٌ صَفائحيَّةٌ رَماديَّةٌ أثْخَنَ قد تأتي بالمَطَرِ أو الثَّلْج. وتُسَمَّى الغُيُيْماتُ المُتوسِّطةُ المُسْتَوى سُحُبًا رُكاميَّةً عالية. وتَشْمَلُ السُّحُبُ الخفيضةُ المُسْتَوى السُّحُبَ الطبقيَّةَ التي غالِبًا ما تَلُفُّ قِمَمَ التِّلال، والسُّحُبَ الرُّكاميَّةَ المُنْتَفِشة. والرُّكاميُّ الطَّبَقيُّ طَبقةٌ من السُّحُبِ الرُّكاميَّةِ المُتَّصِلة. وقد تُكَوِّنُ التيَّاراتُ القَويَّةُ الصاعِدةُ من الهواءِ الدافِئِ سُحُبًا مُزْنيَّةً رُكاميَّةً سَنْدانيَّةَ الشَّكْل تُنذِرُ بعواصِفَ رَعْديَّة.

مَعالِمُ السُّحُب

الأَرْصاديُّ المُدَرَّبُ غالِبًا ما يَسْتَطيعُ التَنَبُّؤَ بأحوالِ الطَّقْس باستِعْراضِ أشكالِ السُّحُبِ ومُراقَبةِ تَغَيُّراتِها. وقد تُشَكِّلُ السُّحُبُ مَعالِمَ مُدْهِشَةً، وأحيانًا جميلةً، في السَّماء. فقد تَتَدلَّى نُتوءاتٌ غَيْرُ مُسْتَقِرَّةٍ تحتَ السُّحُبِ الرُّكاميَّةِ العالِيةِ أشبَهُ بأصابعَ غَيْميَّةٍ ضَرْعِيَّةِ الشَّكْل. وأحيانًا تُحْدِثُ التيَّاراتُ الهوائيَّةُ الهابِطةُ من الجِبالِ سِلْسلةً من التَّمَوُّجاتِ العَموديَّةِ مُشَكِّلةً سُحُبًا شَبيهَةً بكُومةِ أَطباق. وأمثالُ هذه الأشكالِ هي السُّحُبُ التي تَتَراءى لِلْبَعْض خطَأً بأنَّها صُحُونٌ طائرة.

عندما يَعْبُرُ ضَوءُ الشَّمْس فَجَواتٍ في السُّحُب بَيْنَما الشَّمْسُ ذاتُها مُحْتَجِبَةٌ، تُشاهَدُ الأشِعَّةُ مُتَلألِئةً في غايةِ الجَمال عَبْرَ ذُرَيْراتِ الغُبارِ في الجَوّ. وتَعْمَلُ قُطَيْراتٌ من الماءِ الباردِ جِدًّا كمَوشُوراتٍ تَفْلِقُ أشِعَّةَ ضوءِ الشَّمْس إلى أطوالِها المَوْجيَّةِ المُرَكَّبةِ جاعِلةً السُّحُبَ تَسْطَعُ بمُخْتَلِف الألوان.

وعندَ المَغيبِ أو الشُّروقِ، والشَّمْسُ خَفيضةٌ في السَّماء، يَنْثُرُ الجَوُّ ضوءَها، فتُنارُ قواعِدُ السُّحُبِ العاليةِ بألوانٍ جميلةٍ وَرْديَّةٍ وبُرْتُقاليَّةٍ وحَمْراء. وقد تكونُ هذه الظاهِرةُ أَرْوَعَ مَنْظرًا بشَكْلٍ مَلْحوظ في المناطقِ المُلَوَّثة، حيثُ يُعَزِّزُ غُبارُ الجَوِّ ظاهِرةَ تَشَتُّتِ الضوءِ الطبيعيَّة. وقد تُحْدِثُ السُّحُبُ السِّمْحاقيَّةُ العاليةُ الإرتفاعِ ظاهِرةَ الهالاتِ – طُفاوةً حَوْلَ الشَّمْسِ أو دارةً حولَ القَمَر – بفِعْلِ نكِسارِ أَشِعَّةِ الضَّوءِ عَبْرَ البِلَّوراتِ الجليديَّة.

الشَّبُّورةُ البَحْريَّةُ مَشْهدٌ مألوفٌ في الخُلْجان – كما يُرى هنا في خَليجِ سانْ فرَنْسِيسْكو، بكاليفورنيا. لاحِظْ كيف إنَّ نِصْفَ جِسْر چولْدن چيت مُحْتَجِبٌ بالشبُّورة.

الضَّبابُ والضُّخان

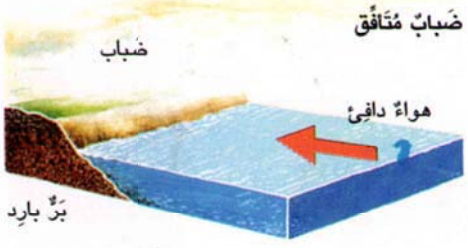
عندما تَتَكَوَّنُ السُّحُبُ بمُسْتَوى سَطْح الأرض تُسَمَّى ضَبابًا. وحيثُ إنَّ الضَّبابَ يُخَفِّضُ مَدى الرُؤيةِ، فإنَّه مَصْدَرُ خَطَرٍ بخاصَّةٍ لِسائقي السيَّارات ومُتَسَلِّقي الجبال. وفي الحالاتِ القُصْوى، قد لا يَتجاوزُ مَدى الرُّؤيةِ المِتْرَ الواحد.

الضُّخانُ مَزيجٌ من الدُّخانِ والضَّباب يَحْدُثُ في مَناطِق التلَوُّث. وقد ظَلَّ الدُّخانُ من وَقْدِ الفَحْم، في مُدُنٍ عديدةٍ في إنكلترا، حتَّى مُنْتَصفِ عَقْدِ الخَمْسينيَّاتِ من القَرْنِ العِشْرين يتَسَبَّبُ بِضُخانٍ شديدِ الوَطأة يُودي بحَياةِ الكثيرين جَرّاءَ أمراضٍ تَنَفُّسِيَّة. وقد خفَّضَت قوانينُ مُكافَحةِ التلَوُّثِ حِدَّةَ وعِدَّةَ نَوباتِ الضُّخان، لكِنَّ هذه النَّوباتِ لا تَزالُ تَزيدُ من مُعَدَّلاتِ الوَفَيات، إضافةً إلى التسَبُّبِ في اَهْتِياجِ العَيْنَيْن واَسْتِثارةِ نَوْباتِ الرَّبْو.

الشبُّورةُ البَحْريَّةُ نَوعٌ من الضَّبابِ المُتَأَلِّق الذي يتكَوَّنُ عندَ اَلْتِقاءِ الهواءِ الرَّطْبِ الدافِئِ بتيَّارٍ مُحيطيٍّ بارِد – كما هنا، غَيْرَ بَعيدٍ عن السَّاحِلِ الكاليفورنيّ.

تكَوُّنُ الضَّباب

يَتكَوَّنُ الضَّبابُ المُتَأَلِّقُ (المُتَحَرِّك أُفُقِيًّا) عندَ انسِيابِ الهواء الرَّطْبِ الدافِئِ فوقَ سَطْحٍ باردٍ بَرًّا أو بَحْرًا. ويتَكَوَّنُ الضَّبابُ الجَبْهِيُّ عندَ اَلْتِقاءِ كُتْلَتَيْن من الهواءِ مُخْتَلِفَتَي دَرجةِ الحرارة. ويتكَوَّنُ الضَّبابُ الإشعاعيُّ لَيلًا عندما يَفْقِدُ سَطْحُ الأرض بالإشْعاع الحرارةَ بِسُرعةٍ فيَبْرُدُ ويُبَرِّدُ الهواءَ الرَّطْبَ فوقَه. ويتكَوَّنُ الضَّبابُ الإشعاعيُّ عادةً في المُنْخَفَضاتِ الأرضيَّة. ويتكَوَّنُ ضَبابُ السُفوحِ عندما يَبْرُدُ الهواءُ الرَّطْبُ الصَّاعِدُ عَبْرَ المُنْحَدَراتِ والسُّفُوحِ الجبليَّة.



اُنْظُر أيضًا

المُناخ ص 36 – 37
التنَبُّؤُ بأحوالِ الطَّقْس ص 42 – 43
الإنْكِسار ص 264 – 265

التنبُّؤُ بأحوالِ الطَّقْس

مَنْظوماتُ الطَّقْس مُعَقَّدةٌ وعَسيرةٌ على التنبُّؤ. والمُتنبِّئونَ العَصريّون بالأحوال الجوِّيَّة يَبْنونَ تنبُّؤاتِهم على المُعْطَياتِ والمَعْلوماتِ عن الطَّقْس على النِّطاق العالميِّ وعلى النماذِجِ الحاسوبيَّة.

خريطةُ طَقْس

تَنْتُجُ مَنْظوماتُ الطَّقْس من شَعِّ الشَّمْس الذي يَعملُ كأنَّه مُحرِّكٌ حراريٌّ في الغِلافِ الجوِّيّ. فلو كانَ ضَوءُ الشَّمْس يسقُطُ باستِمرارٍ على أرضٍ مُنْتَظِمةِ الشَّكل لما كان يحدثُ أيُّ تغيُّرٍ في أحوالِ الطَّقْس مُطلقًا. لكِنَّ شَعَّ الشَّمْس يختلِفُ بحسَب تواجُدِ السُّحب ونَوعِها، وكذلك بتوالي اللَّيلِ والنَّهار، واختِلافِ الفُصول وخُطوطِ العَرْض، إضافةً إلى أنَّ سَطحَ الأرض غيرُ مُنْتَظِم، فالمُحيطاتُ تَسْتوعِبُ حرارةً أكثرَ من البَرِّ الجافّ، وبذلك تعمل كمَخزنِ حرارةٍ ليليّ. والبَرُّ يَسْخُنُ بِسُرعةٍ في شَعِّ الشَّمْس، لِذا فإنَّ الهواءَ الدافِئَ فوقَه يرتفِعُ خلالَ النهار، فيَحُلُّ محلَّهُ الهواءُ الرَّطْبُ من البَحْر. وعندما يَبْرُدُ الهواءُ الرَّطْبُ، تتكوَّنُ سُحُبٌ تَتساقَطُ منها الرُّطوبةُ مَطرًا أو شَفْشافًا أو بَرَدًا أو ثَلْجًا. وبتَغَيُّرِ مناسيب الرُّطوبةِ ودَرَجة الحرارة تَنْتج مَنْظوماتُ ضَغْطٍ عالٍ ورِياحٌ تتحكَّمُ في مَنْظوماتِ الطَّقْس حولَ الكُرةِ الأرضيَّة.

جَبْهةٌ دافِئة

جَبْهةٌ بارِدة

أيسوبار (خَطُّ تَساوي الضَّغْط الجوِّيّ)

سُرعةُ الرِّيح والغِطاءُ الغَيْميّ

تُستَخْدمُ هذه الرُّموزُ في تَسْجيل المُعْطَياتِ على خرائطِ الطَّقْس. فأنصافُ الدوائر والمُثلَّثاتُ تُبيِّن نمَطَ الجَبْهةِ واتِّجاهَها. والأيسوبار يصِلُ بين المناطق حيثُ الضغطُ الجوِّيُّ مُتساوٍ في وقتٍ مُعيَّن.

إجراءُ التنبُّؤات

بِمَقْدور أيِّ شخصٍ أنْ يُصدِرَ نَشْرةً جوِّيَّةً تقريبيَّةً عن أحوال الطَّقْس في اليوم التالي بِمُجرَّدِ مُراقبةِ الطَّقْس بدِقَّةٍ في ذلك اليوم. إنَّ نَشْرةً جوِّيَّةً كهذه قد تَصِحُّ في سَبْعةِ أيَّام من عشرة، في المناطق بين المَدارَيْن والقُطْبَيْن. لكِنَّ التنبُّؤَ بأوقاتِ حُدوثِ تغَيُّراتِ الطَّقْسِ أكثرُ فائدةً وأشَدُّ صُعوبةً. هنالك طرائقُ تقليديَّةٌ عديدةٌ للتنبُّؤِ بتَغيُّراتِ الطَّقْس، وبَعضُها مِمَّا يُعَوَّلُ عليه إلى حدٍّ بَعيد. فالمَغيبُ الأحمَرُ الراهي بَشيرٌ جَيِّدٌ بتَحَسُّنِ الطَّقْس. ذلك لأنَّ مَنْظوماتِ الطَّقْس تأتي غالبًا من الغَرْب. واحْمرارَ السَّماء يُسَبِّبُه ضَوءُ الشَّمْس المارُّ عَبْرَ هواءٍ مُغْبَرٍّ جافٍّ في ما وراءَ الأُفقِ الغربيّ؛ وفي ذلك دَلالةٌ على تَوقُّعِ طَقْسٍ جَميلٍ آتٍ. أمَّا حُمْرةُ السماءِ صَباحًا فتَحْدثُ عندما يسقُطُ شَعُّ الشَّمْس على السُّحُبِ من الشَّرْق، والطَّقْسُ الماطِرُ يَقْتربُ من الغَرْب.

كما إنَّ سُلوكَ الحيَوانات قد يكونُ أيضًا مُؤَشِّرًا على تَغَيُّرِ الطَّقس. فالماشيةُ، مثلًا، تَميلُ إلى الرُّقود عندَ اقْتِراب تساقُطِ المَطَر، كما إنَّ طيُورَ البَحْر غالبًا ما تَنْساقُ إلى داخلِ البَرِّ بِفِعْلِ العواصفِ البَحْريَّة.

◄ مِرْياحٌ يَقيسُ سُرعةَ الرِّيح كما يُسَجِّلها تَدويمُ الرِّيحِ لِأكوابِه حولَ المِحْور المَرْكزيّ.

◄ مِرْسَمةُ الضَّغْطِ الجوِّيّ تَستَخْدمُ قَلَمًا لِتَسْجيلِ تغيُّراتِ ضغطِ الهواء على أُسطوانةٍ مُدَوَّمة.

◄ مِرْطابُ البُصَيْلتين الرَّطْبةِ والجافَّةِ يُستَخدمُ لِقياس رُطوبةِ الهواء.

◄ الثِّرْمومِتْر (المِحرار) يَقيسُ دَرَجةَ حرارةِ الهواء.

أجهزةُ القياس هذه كُلُّها تُسْتَخْدمُ في قياسِ سُرعةِ الرِّيح والضغطِ الجوِّيّ والرُّطوبةِ ودَرجةِ الحرارة. وهي المُؤَشِّراتُ الأربعةُ الرئيسيَّةُ التي يُستَدَلُّ بها عن أحوالِ الطَّقْس.

▲ هذا الأرصاديُّ يَستَخْدِمُ حاسُوبًا مَحْمُولًا لِتَجْميعِ مُعْطَياتٍ وبَياناتٍ من مَحطَّةِ رَصدٍ جَوِّيَّة. بعضُ مَحطَّاتِ الرَّصْد الجوِّيّ تُرسِلُ مُعْطَياتِها لاسِلْكيًّا (بالرَّاديو) أو سَواتِليًّا أو عَبْرَ خُطوطٍ هاتفيَّةٍ إلى مَكْتبٍ مَرْكزيّ.

دائرةُ أرصادٍ جوِّيَّةٍ تَستَخْدِمُ المَعْلوماتِ المُتجَمِّعةَ من نباتِطِ الرَّصْدِ الجوِّيّ لِتَسْجيلِ الأحوالِ الحاليَّة والتنبُّؤ بإمكانيَّةِ تغيُّرِها. وتُسْهِمُ البرامِجُ الحاسوبيَّةُ في جَعْلِ هذه التنبُّؤاتِ دَقيقةً قَدْرَ الإمكان. أمّا تقاريرُ الأحوالِ الجوِّيَّة المُتلْفزَةُ فتَسْتَخْدِمُ خرائطَ طَقْسٍ مُبَسَّطةٍ سَهْلةَ القِراءة. إنَّ تنبُّؤاتِ الطَّقْس التي تَبُثُّها مَحطَّاتُ التِّلْفزةِ والرَّاديو مُفيدةٌ بخاصَّةٍ لِلمُزارِعين والبُستانيِّين والمَلَّاحين الذين هُم بِحاجةٍ دَومًا لأنْ يكونوا مُستَعدِّينَ لِمُجابَهةِ تقلُّباتِ الطَّقْسِ المُفاجِئة.

طائرةُ رَصْدِ الطَّقْس تَجْمَعُ عَيِّناتٍ هوائيَّةً أثناءَ طَيرانِها. هُنالك نَبيطةٌ راداريَّةٌ في ظَرْفٍ تحتَ هيكلِ الطائرة تكشفُ قَطَراتِ المَطَر وحَبَّاتِ البَرَد أثناءَ تكَوُّنِها داخِلَ السُّحُب.

التَنبُّؤُ العِلميُّ بأحوال الطَّقْس

المُتَنَبِّئونَ المُعاصرون بأحوال الطَّقْس يَرْقبونَ الأحوالَ الجوِّيَّةَ في آلافِ الأماكنِ المُختلِفة من شَبكةِ مَحَطَّاتٍ دَوْليَّةٍ لِرَصْدِ الطَّقْس، ومن مَناطيدَ وسواتِلَ عاليةِ الإرْتفاع. هذه المُعْطَياتُ تُلْقَمُ في حواسيبَ تَتَقَصَّى منها أنماطَ الطَّقْس. مِثلُ هذه التَنَبُّؤاتِ قد تكونُ دَقيقةً إلى حَدٍّ مَعْقول على مَدى أسبوعٍ تالٍ. لكنَّ التَنَبُّؤاتِ لِمَدًى أطولَ تَجْنَحُ غالبًا نحو عَدمِ الدِّقَّةِ بِسَبَبِ التطَوُّراتِ المُعَقَّدةِ لِمَنْظومات الطَّقْس. فالحادثُ الصغيرُ الذي لا يُمكِنُ التنبُّؤُ به قد يُؤثِّرُ في كُلِّ المَراحِلِ التطَوُّريَّةِ التاليةِ لِمَنْظومةِ الطَّقْس، بحيثُ تَختلِفُ النتائجُ تمامًا عن التنبُّؤات. وهذا يُشَبَّهُ غالبًا بِرَفْرَفةِ جَناحَي فَراشةٍ على إحدى القارَّات والتسَبُّبِ في عاصفةٍ على قارَّةٍ أُخرى. بعضُ مُعِدِّي النَّشراتِ الجوِّيَّةِ يُحاولونَ التنبُّؤَ بأحوالِ الطَّقْس وتَقَلُّباتِه قبْلَ وُقُوعِها بشُهورٍ، بِمُراقبةِ التغَيُّراتِ في نَشاطِ الشَّمْس، لكِنَّ مِثْلَ هذه التنبُّؤاتِ غالبًا ما

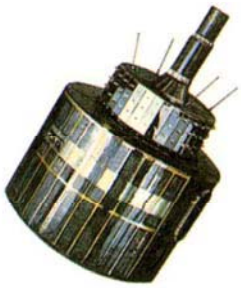
الشبكةُ القوميَّة، في جامعة ولاية نيُويُورك، لِكَشْف البُروقِ والصواعِق تُوَلِّدُ مَعْلوماتٍ تُسْتَخْدمُ في تَحويلِ وُجْهاتِ الطائرات وتَحْذيرِ شركاتِ إمدادِ القُدْرة.

يُجانِبُها الصَّواب.

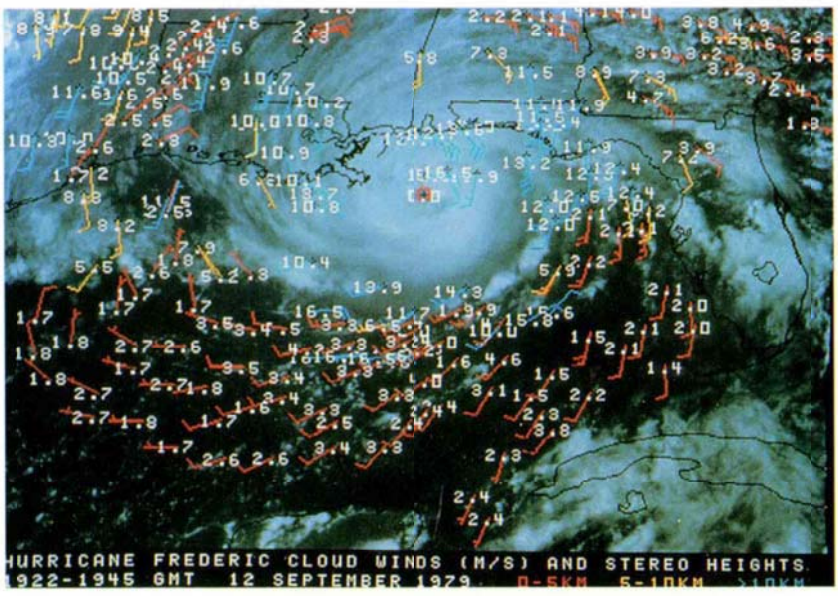
تُسَيطِرُ على الطَّقْس مناطِقُ من الضَّغْطِ الجوِّيّ العالي والخَفيض. فالرِّياحُ تهُبُّ من مناطقِ الضغط العالي إلى مناطق الضغطِ الخَفيض. وبتأثير دَورانِ الأرض، تَتَّخِذُ الرِّياحُ مَسارًا لَولبيًّا في مناطق الضغطِ الخفيض أشبَه بِسَريان الماءِ في بالُوعةٍ أو مَصْرِف.

الجَبَهاتُ هي مَناطِقُ ٱلتِقاءِ كُتَلِ الهواءِ البارِد بكُتَلِ الهواءِ الدَّافئ. وحيثُ إنَّ الهواءَ السَّاخِنَ الأقلَّ كثافةً يرتَفِعُ صُعْدًا، فإنَّ الهواءَ الساخنَ في جَبْهةٍ دافئةٍ يرتَفِعُ فوقَ الهواءِ البارِدِ، فَتُكَوِّنُ الرُّطوبةُ التي يحمِلُها سُحُبًا ومَطَرًا. أمَّا في الجَبْهةِ الباردة فيَنْدَسُّ الهواءُ البارِدُ تحتَ الهواءِ الدافِئِ ويَجعَلُه يرتَفِعُ بِحِدَّةٍ مُرْسِلًا في الغالِبِ زَخَّاتٍ مُفاجئةً من المَطَر الغزير – سُرعانَ ما يَعْقُبُها طقسٌ صَحو. وهكذا فإنَّه عندَ ٱلتِقاءِ جَبْهةٍ باردةٍ بِجَبْهةٍ دافئةٍ فإنَّ الهواءَ الدَّافِئَ يرتَفِعُ وتَتلاشَى المَنْظومةُ الجَبْهيَّةُ.

هذا البالونُ المُعَبَّأُ بالهِلْيُوم يَحْمِلُ أجهزَةَ لِقياسِ دَرَجاتِ الحرارة والرُّطوبة. امَّا سَطْحُه ذو النتُوءاتِ الشوكيَّة فيُكسِبُه استِقْرارًا أثناءَ الطَّيران.



▲ مَرْكَبَةٌ مِتْيوساتٌ هذه هي واحِدةٌ من سِلْسلةِ سواتِلِ رَصْد جوِّيّ تَبُثُّ صُورًا لأنماطِ السُّحُبِ من مواقِعَ ثابتةٍ فوقَ سَطْح الأرض.



عندما ضربَ إعصارُ فردريك خليجَ المكسيك في أيلول (سبتَمْبر) 1979، استَخْدمَ سُوقُ البُورصة في نيويُورك هذه المَجْموعةَ من الصُّوَر السَّواتليَّة وقِيَمَ سُرعاتِ الرِّياح لِلتنبُّؤ بالمَواقِع المُحْتَمَلةِ لِحُدوثِ أفدَحِ الأضرار. إنَّ مِثْلَ هذا النمَطِ من المَعْلومات ذو أهمِّيَّةٍ اقْتصاديَّةٍ لأنَّ أضرارَ الأعاصير بالزُّروع والمُمْتلكاتِ قد تُخَفِّضُ قيمةَ أسْهُمِ المُؤَسَّساتِ الزِّراعيَّة بِحِدَّة.

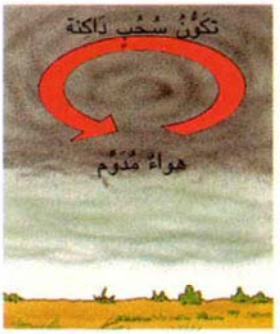
اُنْظُر أيضًا

جَوُّ الأرض (الغِلافُ الجَوّي للأرض) ص 10 – 11
الضَّغْط ص 311
الحواسيب ص 376 – 377
تغَيُّرُ المُناخ ص 460

الرِّياحُ والعَواصِفُ والفَيَضانات

الأنْسامُ اللَّطيفةُ قد تكونُ مُنْعِشةً ومُستَلْطَفة. لكِنَّ الرِّياحَ القويَّة والعواصفَ والفَيَضاناتِ قد تَتَراوحُ بينَ كَوْنِها إزعاجًا بَسيطًا وبين كونِها تهديدًا فعليًّا لِلحياةِ والمُمْتَلكات.

أنماطُ الرِّياحِ على سَطْحِ الأرض هي جزءٌ من نَمطٍ مُجَسَّمٍ (ثُلاثيِّ الأبعاد) لِتَدْويمِ الهواءِ في جَوِّ الأرض. فحَوْلَ خطِّ الاستِواء، حيثُ شَعُّ الشَّمسِ الأقوى، يَرتَفِعُ الهواءُ الدافئُ؛ وقد تكونُ سُرعاتُ الرياحِ الأُفقيَّةُ خفيضةً. ويُسَمِّي البَحَّارةُ هذه المناطِقَ نِطاقَ الرَّهْوِ الاستِوائيّ. التيَّارُ الصاعِدُ من الهواءِ في نِطاقِ خَطِّ الاستِواء يَسْتَجِرُّ الهواءَ فوقَ المناطِقِ المَداريَّةِ مُحْدِثًا رِياحًا تِجاريَّةً يُركَنُ إليها من الشَّمالِ الشرقيِّ في مَدارِ السَّرطان ومن الجَنوبِ الشرقيِّ في مَدار الجَدْي. أمَّا العُروضُ الجُغرافيَّةُ الأعلى فتَسُودها رِياحٌ من الغَرْب. وفي بعض المناطِقِ تَهُبُّ رياحٌ مَوسِميَّةٌ قويَّةٌ أُطلِقَ عليها لِشُهْرَتِها أسماءٌ خاصَّة. ففي أوروبا الجَنوبيَّةِ تَهُبُّ رِيحُ المِسْترال وهي ريحٌ شماليَّةٌ باردة تَنْسابُ عَبْر أَوْديةِ نَهْرِ الرُّون والأنهارِ الأخرى. وفي إفريقية الغربيَّة تَهُبُّ ريحٌ شرقيَّةٌ جافَّة تُسَمَّى باللغةِ المحليَّة الهَرْمَتان بمعنى «الطبيب»، لأنَّها تجلِبُ الفَرَجَ من الظُّروف الرَّطْبة.



تَدْويمُ السُّحُبِ يُصْبِحُ مَرْئيًّا في السَّماءِ الداكِنة.

القِمْعُ المُدَوِّمُ يَتمَعَّجُ كالحيَّةِ نُزُولًا من السَّحابة.

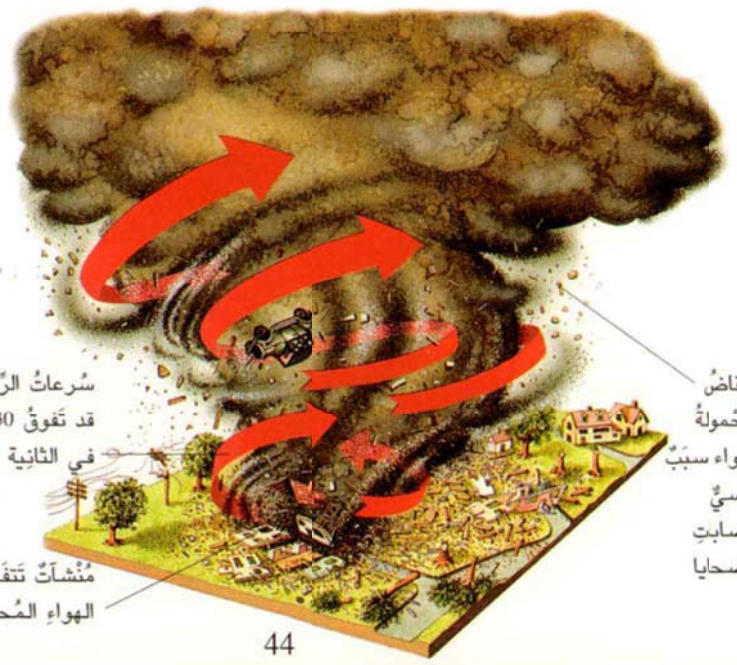
يَمَسُّ القِمْعُ سَطْحَ الأرض ويَسْتَقِطُ الأنْقاضَ والحُطام.

▲ الطُّرْنادُ قد يَنْتُجُ من اصْطدامِ مَنْظومتَي رياحٍ مُنْطَلِقتَيْن في اتِّجاهَيْن مُختلِفَيْن. وأوَّلُ العَلامات على تَشكُّلِ طُرْنادٍ هي بَدْءُ طَبقةٍ من السُّحُبِ الدَّاكنة بالتَّدْويم. ثُمَّ يَهْبِطُ قِمْعٌ مُدَوِّمٌ من الهواءِ الدافِئِ إلى سَطْحِ الأرض. ويَسْتَقِطُ التيَّارُ الحلزونيُّ الصاعِدُ الغُبارَ والأنْقاضَ ويُطَوِّحُ بها بِسُرعةٍ عالية.

الطُّرْنادات

الجيُوبُ الهوائيَّةُ المُتَسَخِّنَةُ تتمَدَّدُ وتَرْتَفِعُ مُدَوِّمةً ومُسْتَجِرَّةً مَزيدًا من الهواءِ نحوَ أسفَلِها. ويَبْدأُ الطُّرْنادُ عادةً داخلَ سُحُبٍ رَعْديَّةٍ، حيثُ تَتلاقَى تيَّاراتُ الهواءِ الدافئةُ والباردة في مَنْظومةٍ تدويميَّةٍ تُسَمَّى خليَّةً فائقة. وعندما تَسْتِقِطُ الخليَّةُ الفائقةُ هواءً من الأسفَلِ بِسُرعةٍ مُتَزايدةٍ يمتَدُّ قِمْعٌ من قاعِدةِ السَّحابة حتَّى يَلْتَقي بالأرض. ويَكُونُ السَّقْطُ داخلَ القِمْعِ هائلًا بحَيثُ إنَّ سُرعاتِ ريحٍ فيه تَفوقُ 480 كم في السَّاعة (أو 133 م في الثانية) ليست غيرَ عاديَّة. بعضُ الطُّرْنادات يُدَوِّمُ ساعاتٍ، وبَعْضُها الآخر يَخْمُدُ في غُضونِ بِضْعِ ثوانٍ. وقد يَتراوحُ قُطْرُ قاعدةِ الإعصارِ الدُّواميِّ بين بِضْعةِ أمتارٍ وكيلومترٍ واحد.

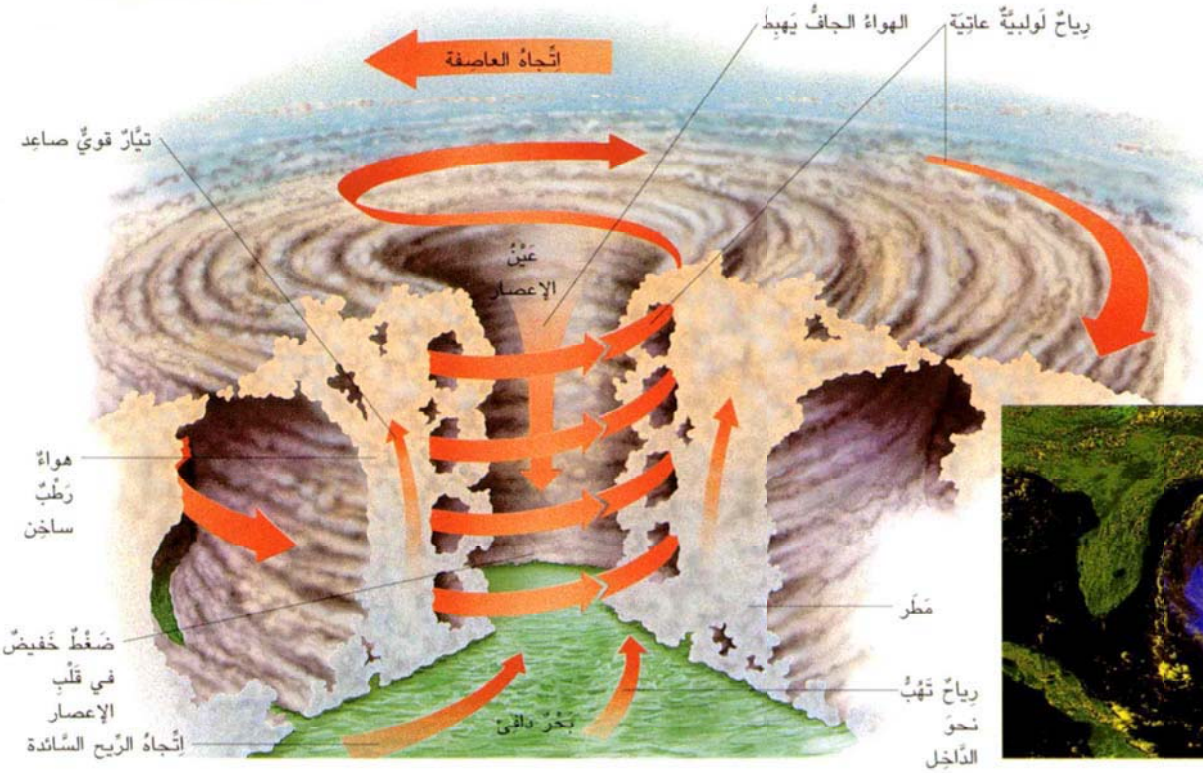
يُسَمَّى الوَسَطُ الغَرْبيُّ من الولايات المتّحدة الأمريكيَّة أحيانًا مَسْرَبَ الطُّرْنادات. فمِئاتُ الطُّرْنادات تَضْرِبُ المِنْطقةَ سَنَويًّا نَتيجةً لِتَلاقي الهواءِ الرَّطْبِ الحارِّ من خليج المكسيك معَ الهواءِ الباردِ الجافِّ من كَنَدا. وفي 19 نيسان (أبريل) من عام 1965، عَصَف ما مَجموعُه 37 طُرْنادًا بستِّ ولاياتٍ أمريكيَّة خِلالَ تِسْعِ ساعاتٍ، فأودَت بحياة 271 شخصًا.



الرِّياحُ الفائقةُ السُّرعة حوْلَ الطُّرْناد، بحَدِّ ذاتِها، قد تُسَبِّبُ ضَررًا ودمارًا. ويَتفاقمُ الضررُ بفِعلِ الأنقاضِ والحُطام السَّريعةِ الحركة المُسْتَقَطةِ عَبْرَ قِمْعِ الطُّرْناد. يُضافُ إلى ذلك خَطَرُ تَفَجُّرِ المَباني المُحكَمةِ الإغلاق بضَغْطِ الهواءِ المُحْتَبسِ داخِلَها إن تواجَدتْ في نطاقِ قِمْعِ الطُّرْنادِ الخفيضِ الضَّغْط.

قُوَّة	سُرعة (كم/سا)	تأثيرات
صِفْر	أقلّ من 1	هادئ. دُخانُ المَداخِنِ يَصْعَدُ عموديًّا.
1	5–1	هواءٌ خَفيف. الدُّخانُ يَنْحرِفُ لكنَّ الأعلامَ لا تُرَفْرِف.
2	11–6	نَسيمٌ خَفيف. الدُّخانُ يُبيِّنُ اتِّجاهَ الرِّيح.
3	19–12	نَسيمٌ لَطيف. الأعلامُ تُرَفْرِفُ بلُطف، وأوراقُ الشَّجَر تتحَرَّك.
4	29–20	نَسيمٌ مُعْتَدل. قُصاصاتُ الورَق تَتَطايَر.
5	39–30	رِيحٌ نَشِطة. الأشجارُ الصغيرةُ تَتَرَجَّح.
6	50–40	رِيحٌ قويَّة. يَصْعُبُ التحَكُّمُ بالمِظَلّات.
7	61–51	شِبْهُ النَّوْء. صُعوبةُ السَّيْرِ ضدَّ الرِّيح.
8	74–62	نَوء. تَتَقَصَّفُ الأغصانُ الطريَّة.
9	87–75	نَوْءٌ عَنيف. المداخِنُ تَنْقلِبُ والسُّقوفُ تتضَرَّر.
10	102–88	عاصِفة. تُقْتَلَعُ الأشجارُ لكِنْ تظَلُّ في مَواقِعِها.
11	120–103	عاصفةٌ عَنيفة. تُقْتَلَعُ الأشجارُ وتُحْمَلُ السيَّاراتُ والأشجارُ بَعيدًا عن مَواقِعِها.
12	أكثر من 120	إعصار. دَمارٌ شامِلٌ واسِعُ النِّطاق.

في العام 1805، انْتبطَ الأميرالُ البريطانيُّ السِّير فرانْسيس بُوفُورْت (1774–1857) مِقياسَه لقياسِ قُوَّة الرِّياح. ولا يزالُ مِقياسُ بُوفُورْت مُسْتَخْدَمًا على نِطاقٍ واسِعٍ حتَّى اليوم.



يَرْتَفِعُ لَولَبٌ من الهواءِ الرَّطْبِ الدافِئِ المُدَوِّم بِسُرعةٍ في الإعصار. ويَهْبِطُ هواءٌ جافٌّ عَبْرَ عينِ العاصِفةِ حيثُ الطقسُ فيها مُضَلِّلٌ بِهدوئه وصَفاءِ سَمائه. وتَتَراكَمُ حوْلَ عَيْنِ الإعصار سُحُبٌ مُزْنِيَّةٌ رُكاميَّةٌ ضَخْمةٌ شامِخَةٌ في الجَوِّ مُحْدِثةً بَرْقًا ورَعْدًا وأمطارًا غزيرةً.

الأعاصيرُ المَداريَّة

الأعاصيرُ المَداريَّةُ تُحْدِثُ دَمارًا أوسَعَ نِطاقًا من الطُّرْنادات. تَحْدُثُ مُعْظَمُ الأعاصيرِ المَداريَّةِ أواخِرَ الصَّيْف. وذلك عندما تكونُ دَرَجاتُ حرارةِ البَحْرِ في حَدِّها الأقْصى، وبمَقدورِ مئاتِ المَنْظوماتِ الإعصاريَّةِ التضامُّ معًا والتدويمُ في مَنْظومةٍ مُفْردةٍ فائقةِ الضَّغْطِ الخَفيض يَبْلُغُ قُطْرُها أحيانًا مِئاتِ الكيلومترات. وبِازْديادِ سُرعةِ الرِّياح تَنْزعُ الأعاصيرُ المَداريَّةُ إلى الابْتِعادِ عن خَطِّ الاستِواء. وهي تَستَجْمِعُ قُواها فوقَ البِحارِ الدافئة حتَّى تَضْرِبَ اليابسة.

هذه الأعاصيرُ تُدَوِّمُ بَتًّا (ضِدَّ اتِّجاه عقارِبِ السَّاعة) في نِصْفِ الكُرَةِ الشماليّ، ويُرَجَّحُ حدوثُها غالِبًا بينَ شَهْرَي آب (أغسطس) وتِشرين الأوَّل (أكتوبر).

في نِصْفِ الكُرَةِ الجَنوبيّ، تُدَوِّمُ الأعاصيرُ المَداريَّةُ شَزْرًا (باتِّجاه عقارِبِ السَّاعة) وتَحْدُثُ في الغالِبِ بينَ شَهْرَي كانون الثاني (يناير) ونيسان (أبريل). وهي تُسَمَّى تَيْفُوناتٍ عندما تَحْدُثُ غيْرَ بعيدٍ عن السَّاحلِ الآسيَويّ الجنوبيّ الشَّرْقيّ.

في جميعِ حالاتِها، تَجْلِبُ لأعاصيرُ المَداريَّةُ أمطارًا غزيرةً وسُرعاتِ رِياحٍ تَبْلُغُ 200 كم/سا أو أكثر – في حين يُدَوِّم هواءٌ ساخِنٌ حَولَ المَنْظومةِ الإعصاريَّة. وحيثُ إنَّها مناطقُ ضَغْطٍ خَفيض، فإنَّ الأعاصيرَ المَداريَّةَ تَرْفَعُ مُسْتَوى سَطْحِ البَحْرِ تَحْتَها، وقد تُحْدِثُ فَيَضاناتٍ مُدَمِّرةً – تُسَمَّى تَمَوُّراتٍ إعصاريَّةً إذا ما اكتسحَت خُطوطًا ساحِليَّةً تَفْتَقِرُ إلى مَصَدَّاتٍ مَنيعة.

الفَيَضانات

التمَوُّراتُ الإعصاريَّةُ ليستِ السَّبَبَ الوَحيدَ للفَيَضانات. ففي المناطقِ الجَبليَّةِ قد تَنْدَفِقُ الفَيَضاناتُ الوَمْضيَّةُ نُزُولًا عَبْرَ الأوديةِ الشديدةِ الانْجدار بعْدَ هُطولِ مَطَرٍ غَزيرٍ أو عندَ انْصِهارِ الثَّلْجِ سَريعًا. أيضًا قد تَفيضُ الأنهارُ فتَتجاوزُ ضِفافَها وتَغْمُرُ سُهولًا شاسِعة. كذلك قد تَتضافَرُ عواملُ انْخِفاضِ الضغط وارْتِفاعِ المَدِّ ورِياحٌ ساحِليَّةٌ عاتِيةٌ – فتَكْتسِحُ الفَيَضاناتُ الخُطوطَ السَّاحليَّة. ففي عام 1953، دفعَتِ الرِّيحُ العاصِفةُ والمَدُّ العالي إسْفينًا مائيًّا نُزُولًا عَبْرَ بَحْرِ الشَّمال، نحوَ سَواحلِ شرق إنكلترا وهولَنْدا وبلجيكا. فانهارتِ المَصدَّاتُ البَحْريَّة فيها واكتَسحَت مياهُ البَحْرِ العارِمةُ المناطِقَ الشاطئيَّةَ إلى عُمْق 60 كم. وإذا يَتَسَبَّبُ الحمُوُّ العالميُّ في ارْتِفاعِ مُسْتَوياتِ سَطْحِ البَحْر، فقد تُصبِحُ مثلُ هذه الفَيَضاناتِ أكثرَ تكرارًا؛ وقد تَبْتَلِعُ البِحارُ جُزُرًا مَرْجانيَّةً خَفيضةً كجُزُرِ المَلْديف وأجزاءً من بُلدانٍ كبَنْغلادِش وهولَنْدا.

هذه الصُّورةُ السَّواتليَّة (المُلْتَقطةُ من أحدِ السَّواتل) تُبَيِّنُ إعصارَ فْرَان مُنْطلِقًا من البَحْرِ الكريبيّ ومُقاربًا البَرَّ الرئيسيَّ للشَّمال الأمريكيّ عامَ 1996. وتُشاهَدُ عَيْنُ الإعصار بوُضوحٍ كرُقْعةٍ صافيةٍ في مَرْكزِ لَولبِ السُّحُب. هذا الإعصارُ الذي بلغَت سُرعةُ الرِّياحِ فيه 190 كم/سا، أودَى بحياةِ 34 شخصًا.

الفَيَضاناتُ الجائحةُ الكارثيَّة حَدَثٌ سَنَويٌّ تَقريبًا في بَنْغلادِش وفي بُلدانٍ عديدةٍ أُخرى تُعاني من الأعاصيرِ المَداريَّة. وممَّا يؤسَفُ له أنَّ الكثيرَ من أمثالِ هذه البُلدان أفقَرُ من أنْ تَتمَكَّنَ من بناءِ مَصَدَّاتٍ تَقي من هذه الفَيَضانات.

انْظُر أيضًا

جَوُّ الأرض (الغِلافُ الجَوِّي للأرض) ص 10–11
المُناخ ص 36–37
التنَبُّؤُ بأحوال الطَّقْس 42–43

الخَرائطُ وإعدادُ الخرائط

الخرائطُ رسومٌ بَيانيَّةٌ تُمَثِّلُ سَطْحَ الأرض. وقد تحسَّنَت طُرقُ إعدادِ الخرائط باستِخْدامِ التِّقاناتِ الحديثة والصُّورِ الجوِّيَّة من السَّواتِلِ الفَضائيَّة.

الخرائطيُّ البلجيكيُّ (الفلَمنْكيّ)، جيراردُوس مِركاتور (1512–1594)، كان أوَّلَ مَن انْتبطَ طريقةً دقيقةً جَيِّدةً نوعًا لِتَمْثيلِ سَطْحِ الأرض.

تُسْتَخْدمُ الخرائطُ لِتُمَثِّلَ مُختلِفَ أنواعِ المَعْلومات الجُغرافيَّة تَقريبًا، وحيثُ إنَّ الأرضَ مُجَسَّمٌ ثُلاثيُّ الأبعاد فإنَّه لا يُمكِنُ عَرْضُ كاملِ سطحِ الأرض دُونَ تحريفٍ بطريقةٍ ما. ونَتيجةً لِذلك، فإنَّ مُعْظَمَ الخرائطِ تَعْرِضُ مِساحةً مَحْدُودةً لِغَرضٍ مُعَيَّن. إنَّ رَسْمَ خرائطَ مَرْجِعيَّةٍ عالميَّةٍ مُمْكِنٌ؛ لكِنَّ ذلك يَتطلَّبُ اخْتيارَ مَسْقَطٍ يُمَثِّلُ أقسامَ العالَمِ المُهِمَّةَ لِمَوضوعِ الخريطةِ أفضَلَ تَمْثيل.

تَجْميعُ بَياناتِ الخرائط

التِّقاناتُ الحديثةُ، كالتصوير الجوِّيِّ والرَّصْدِ السواتِليّ، جعلَت حتَّى من أكثَرِ الخرائطِ تَعْقيدًا، حقيقةً واقِعة. لكِنَّ تِقانيَّاتِ إعدادِ الخرائطِ التقليديَّةَ، كمَسْحِ الأراضي، لا تَزالُ تُشكِّلُ جُزْءًا أساسيًّا من هذه العمليَّة. ولِجَعْلِ أيِّ خريطةٍ مَرْجِعًا مُفيدًا، يَنْبغي أن يوجَدَ عليها شَبَكةُ إحداثيَّاتٍ يُمكِنُ منها تَعْيينُ أيِّ مِنْطقةٍ على سَطْحِ الأرض. وقبْلَ تمكُّنِ الخرائطيِّين من استِخْدامِ وسائلَ كالتَّصْوير الجوِّيِّ، كان ترسيمُ شبكةِ الإحداثيَّات يتمُّ بطريقةِ المِساحة التثليثيَّة التي تُمَكِّنُ من قِياسِ الزوايا بين مَعالِمَ أرضيَّةٍ بارِزةٍ كقِمَمِ التِّلال. فبهذه الطريقة، يُمكِنُ احْتِسابُ المَسافاتِ بينَ مُخْتلِفِ النِّقاطِ المَرْجِعيَّةِ دونَ الحاجةِ إلى أخذِ القياساتِ على الأرض.

المَسْقَطُ المِركاتُوريّ يُبيِّنُ المناطِقَ الاستِوائيَّةَ بِدِقَّةٍ مُتَناهية. لكنْ بازدياد البُعد عن خطِّ الاستِواء يَزداد تحَرُّفُ القارَّاتِ بحيثُ تَبْدو غُرينلَنْد أكبَرَ مساحةً من إفريقية.

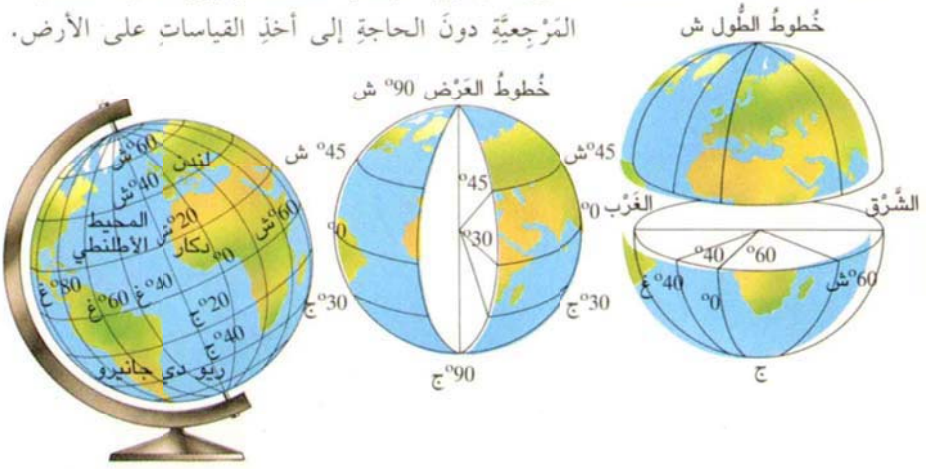
يَرْجِعُ تاريخُ هذه الخريطةِ إلى عام 1540؛ وهي من إعدادِ الخَرائطيِّ البُنْدُقيِّ باتيسْتا أغْنيزي. ورُغْمَ أنَّ نِسْبَها مُحَرَّفةٌ فإنَّ السَّاحلَ الإفريقيَّ ما زالَ واضِحَ المعالِم. وفي القَرْنِ السادِسَ عَشَر لم يكُنْ قد جَرى سِوى تخطيطِ أجزاءٍ قليلةٍ جِدًّا من الأمريكيَّتَيْن.

وتُبيِّنُ الارْتفاعاتُ عادةً كخُطوطٍ كِفافيَّةٍ تَصِلُ بين نِقاطٍ ذاتِ ارْتِفاعاتٍ مُتَماثِلة.

خُطوطُ العَرْض والطُّول

يُوَفِّرُ خطُّ الاستِواء النِّقاطَ المَرْجِعيَّةَ الأوضَحَ على سَطْحِ الأرض. فتُقاسُ خُطوطُ العَرْض بزوايا مُحَدَّدةٍ شَماليَّ أو جَنوبيَّ خطِّ الاستِواء. وتقسِمُ خُطوطُ الطُّول الأرضَ عَبْرَ كُلِّ قُطْبٍ كما الشَّقَفُ في بُرْتُقالةٍ مُشَرَّحة طُولًا. ولمَّا لم يَكُنْ لَدى المَلَّاحين الإنكليز نُقْطةٌ مَرْجِعيَّةٌ مَعلميَّةٌ واضِحةٌ لِخُطوطِ الطُّول، فقد اختاروا مَوقِعَ مَرْفئهم الوَطنيّ – غرينتش قُربَ لَنْدن – كمَرجِعِ إسناد. وكان من دأبِ جَوَّابي البحارِ قياسُ العُروضِ الجُغرافيَّةِ باحتِسابِ ارْتِفاعاتِ النُّجوم في السَّماء أو مَوقِعِ الشَّمْس عندَ الشُّروقِ أو المَغيبِ أو السَّمتِ عند الظَّهيرة. ولَمْ تَتحَقَّقْ إمكانيَّةُ قياسِ خُطوطِ الطُّول بدِقَّةٍ، ومن ثَمَّ إعدادُ الخرائطِ الدَّقيقة، إلَّا بعْدَ أنْ تَمكَّنَ جُون هاريسُون (1693–1776) من تَحقيقِ كماليَّةِ الكرونُومِتْرِ البَحْريّ (مقياس الزَّمن الدقيق) المُسْتَخدَم، حتَّى اليوم، لِتحديد مَوقعِ الملَّاحِ بدِقَّةٍ في البَحْر أو الجَوّ.

تُخْتَزنُ المَعْلوماتُ والبَياناتُ الخرائطيَّةُ المُتَجمِّعةُ من عمليَّاتِ مَسْح الأراضي والتَّصْوير الجوِّيِّ من السَّواتِل وتُتَداوَلُ باستِخْدامِ برامجيَّاتٍ حاسوبيَّةٍ تُعْرَفُ بمَنْظوماتِ المَعْلوماتِ الجُغْرافيَّة (م م ج).



خُطوطُ الطُّولِ خُطوطٌ (أنصافُ دوائر) وَهْميَّةٌ تمتَدُّ من قُطْبٍ إلى قُطب. وهي تَقيسُ المسافةَ الزَّاويَّةَ شَرْقَ أو غَرْبَ خَطِّ زَوال غُرينتش المُحَدَّدِ بدَرجة صِفْر.

خُطوطُ لعَرْض تَقيسُ المَسافةَ الزَّاويَّةَ شَمالَ أو جَنوبَ خَطِّ الاستِواء المُحَدَّدِ عَرْضًا بدَرجة صِفْر. خُطوطُ العَرْض مُتَوازيةٌ معًا ومع خطِّ الاستِواء. وهي تَغْدو أقْصرَ فأقْصرَ نحوَ القُطبَيْن.

يُمكِنُ استِخْدامُ خطوطِ الطُّول والعَرْض كإحداثيَّاتٍ لتَحْديدِ مَوقع أيِّ مَكان على سَطْحِ الأرض – مثلًا تقع مَكَّةُ المُكرَّمة بينَ مُلتقى خطِّ العَرْض 22,2° شمالًا مع خطِّ الطُّول 39,8° شرقًا وبين مُلتقى خطِّ العَرْض 28,21° مع خطِّ الطول 54,37°.

مِقياسُ الرَّسْم

يجبُ رَسْمُ كُلِّ الخرائط بمِقياسِ رَسْمٍ مُحَدَّد. فبالمقياسِ الكبير يُمكِنُ رَسْمُ الأَجْسام، كالطرُقِ والمَباني، بأشكالِها في الواقِعِ الحَياتيّ – لكِنْ بصُورةٍ أصغَر. وعندما يَصْغُر المِقياسُ، لا يُمكِنُ رَسْمُ المَعْلوماتِ المُفَصَّلةِ بدِقَّة؛ فتُمَثَّلُ معظمُ الأَجْسام برُمُوز. يُعَبِّرُ عن مَقاييسِ الرَّسمِ عادةً كنِسْبةٍ بين البُعْدِ على الخريطة وما يُناظِرُه من بُعْدٍ حقيقيّ على سَطْحِ الأرض. وتُستَخْدمُ في رَسْمِ الخرائطِ مَقاييسُ رَسْمٍ حَسَبَ مُقْتَضياتِها. فالمُسافِرُ الذي يُخَطِّطُ لِرِحْلةٍ طويلةٍ قد يَستَخْدِمُ مِقياسَ الرَّسْم 1: 250 000 مثلًا.

مَساقِطُ الخَرائط

إنَّ تَمْثيلَ سَطْحِ جِسْمٍ ثُلاثيِّ الأبعاد، كالأرض، على سَطْحٍ ثُنائيِّ الأَبْعادِ كوَرَقة، غيرُ مُمْكِنٍ في واقِعِ الحال. لِذا، انْتَبَطَ الخرائطيُّون مَساقِطَ رَسْمٍ مُتنوِّعةً. تَخَيَّلْ مَصْدرَ ضَوءٍ في مَرْكزِ كُرَةٍ أرْضيَّةٍ شَفَّافة – فالضَّوءُ المُشِعُّ سَيُسْقِطُ ظِلالَ القارَّاتِ على قِطْعةِ الوَرَق المَلْفوفةِ حولَ الكُرة. إنَّ أحدَ الأساليبِ لِلقيام بذلك هو لَفُّ الوَرَقةِ حوْلَ خطِّ الاستِواء لِتُشكِّلَ أُسْطُوانةً. وبهذه الطريقةِ تمَكَّنَ الخَرائطيُّ الفلَمَنْكيُّ، جيرارْدُوس مِرْكاتُور من رَسْمِ أوّلِ خريطةٍ دقيقةٍ عامَ 1569. حاليًّا يُسْتَخْدَمُ إسقاطُ غُوود كأفضَلِ طريقةٍ لِرَسْمِ خريطةِ الأرض. فتَبدو الخريطةُ كقِشْرةِ بُرْتُقالةٍ كاملةٍ أُزيلَت وبُسِطَت مُسَطَّحةً. فتَظْهَرُ القارَّاتُ بدِقَّةٍ؛ لكنَّ المُحيطاتِ تُفَسَّحُ لِبَسْطِ القِطَعِ الأُخرى.

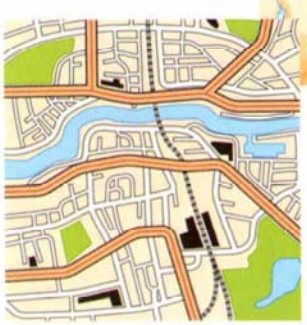
▲ لانْدسَات هو واحدٌ من أُسْطولِ السَّواتِلِ الدوليَّةِ البُعاديَّةِ التَّحَسُّسِ التي تَلْتَقِطُ صُورًا لِسَطْحِ الأرضِ باستِمْرارٍ وتُعيدُ بَثَّها إلى الأرض. وقد حسَّنَت هذه المُعْطَياتُ دِقَّةَ القياساتِ الجُغْرافيَّةِ إلى حَدٍّ بعيدٍ في السنَوات الأخيرة.

قِراءَةُ الخرائط

يُمكِنُ تلخيصُ أيِّ نَوعٍ من المَعْلومات الجُغْرافيَّةِ تقريبًا بالخرائط. فيُمكِنُ مثلًا تمثيلُ مُختلفِ الارتفاعات بالخطوطِ الكِفافيَّةِ أو التَّظْليل. كذلك فإنَّ مَعْلوماتٍ أُخرى كتَوزُّعِ الزُّروع في المِنْطقة، أو إبرازِ بِنْيَتِها الجيولوجيَّة، غالبًا ما تُبيَّنُ على الخرائط. كما تُبيَّنُ أيضًا الطُّرقُ والسِّكَكُ الحديديَّةُ والكثافةُ السُّكَّانيَّةُ وسِواها من المَعْلومات.

▲ خَرائطُ التَّضاريسِ تُبْرِزُ المَعالِمَ الطبيعيَّةَ لِسَطْحِ الأرض. معظمُ خرائطِ التَّضاريسِ الحديثةِ تَشْمَلُ مَعالِمَ كالأنهارِ والسُّهولِ والتِّلالِ والجِبال.

► هنا، الكثافةُ السُّكَّانيَّةُ مُبَيَّنةٌ بالألْوان. الألوانُ الدَّاكِنةُ تُبيِّنُ المناطقَ ذاتَ الكثافةِ السكَّانيَّةِ الأعلى.



▲ خَرائطُ الطُّرُقِ والمُدُن قد تُبَيِّنُ المَباني والشَّوارعَ والسِّكَكَ الحديديَّة. وأمثالُ هذه الخرائطِ هي دَليلٌ مُفيدٌ يُساعدُ السُّيَّاحَ على تعَرُّفِ طرُقِهم حوْلَ المُدُنِ الكبيرة.

الخرائطيَّةُ الحديثة

حاليًّا، تُوفِّرُ الصُّورُ الجوِّيَّةُ، المُلْتَقطةُ من السَّواتِل، الإطارَ الرئيسيَّ لِكافَّةِ البياناتِ الخرائطيَّة. وتُخْتَزَنُ المَعْلوماتُ في ذاكرةِ حاسوبٍ حيثُ يُمكِنُ تَحْديثُها بِسُرعةٍ دُونَ الحاجةِ إلى إعادةِ رَسْمِ كُلِّ خريطةٍ مُجدَّدًا. حاليًّا، هناك شَبكةٌ من السَّواتِل في مَدارٍ خَفيضٍ حوْلَ الأرض تَقومُ برسْمِ خرائطَ لِسَطْحِ كوكبِ الأرض كُلَّ بِضْعةِ أيّام. وتَتمَكَّنُ مِجَسَّاتُها من تَسْجيلِ حَركاتِ الزَّلازل وفَضاءاتِ الحِراج وأوضاعِ الزُّروع وحتَّى الجيُولوجيَةِ التَّحْتيَّةِ للمِنْطقة. لكنْ يَنْبَغي دَومًا تواجُدُ العُلماءِ في قواعِدهم الأرضيَّةِ لِتلَقِّي هذه المُعطَياتِ من السَّواتِل وتفسيرِها، ومُراقبةِ وَجْهِ كوكبِنا المُتغَيِّرِ باستِمْرار.

◄ هذه الصُّورةُ الجوِّيَّةُ (السواتِليَّة) تُبَيِّنُ خليجَ سانْ فرنسيسْكو في كاليفورنيا. ونَذكُر أنَّ صَدْعَ سانْ انْدرياس – الذي يُشكِّلُ دومًا تَهْديدًا زِلْزاليًّا مُحْتَمَلًا – يَمُرُّ عَبْرَ تِلالِ هذا الخليج؛ وهو دومًا قيدُ المُراقبةِ الدقيقةِ من الفَضاء.

اُنْظُر أيضًا

الزَّلازل ص 20 – 21
السَّواتِلُ الإصْطِناعيَّة ص 424 – 425
نُطُقُ الفِعْل البيئيّ ص 436 – 437

حَقائقُ وأَرقام

مَعلوماتٌ عن كَوكَب الأَرض

القُطْرُ الإستوائيّ	12 756 كم
القُطْرُ القُطْبيّ	12 714 كم
المُحيطُ الإستوائيّ	40 077 كم
حَجْمُ الأرض	$1,083 \times 10^{12}$ كم^3
كُتْلةُ الأرض	$5,98 \times 10^{24}$ كغ
مُعَدَّلُ الكثافة النسبيَّة	5,52 (الماء = 1,0)
الجاذبيَّةُ السَّطحيَّة	9,78 م/ثا^2
سُرعةُ الإفلات	11,18 كم/ثا
طولُ اليَوم	23 سا 56 . 4,1 ثا
طولُ السَّنة	365,24 يومًا
المَيْلُ المِحْوريّ	23,44 درجة
السُّرعةُ المِحْوريَّةُ عندَ خطِّ الإستواء	1600 كم/سا
مُعدَّلُ درجة الحرارة	14° س
العُمْر	4600 مِليون سَنة تقريبًا
مُعدَّلُ البُعْد عن الشَّمْس	149 503 000 كم
البُعْد الأدنى	147 000 000 كم
البُعْد الأقصى	152 000 000 كم
طولُ المَدار	938 900 000 كم
السُّرعةُ المَداريَّة	106 000 كم/سا
المِساحةُ السَّطحيَّة	510 ملايين كم^2
مِساحةُ اليابسة	148 مليون كم^2
مِساحةُ البِحار والمُحيطات	71% من السَّطح
كُتْلةُ الماء	$1,35 \times 10^{21}$ كغ
العُمْقُ المُحيطيّ	3,8 كم
تركيبُ الغلاف الجوّيّ	87% N_2، 21% O_2
سُمكُ الغلاف الجوّيّ	1100 كم
الضَّغْطُ الجوّيُّ في مُستوى سَطْح البَحْر	101 325 باسكال (نيوتن/م^2)
الضَّغْطُ الجوّيُّ على قِمَّة جبَل إفرِسْت	33 400 باسكال

بِنْيةُ الأرض

مُعدَّلُ سُمكِ القِشْرة القارِّيَّة	35 كم
مُعدَّلُ سُمكِ القِشْرة المُحيطيَّة	7 كم
الغِلافُ الصَّخْريّ – السُّمك	100 كم
الكثافة النِّسْبيَّة	2,7–3
تركيب الغلاف الصَّخْريّ	
	46,6% أكسجين، 27,7% سليكون
	8,1% ألومنيوم، 5,0% حديد
	3,6% كالسيوم، 2,6% بوتاسيوم
	2,8% صوديوم، 2,1% مغنسيوم
الدِّثار – السُّمْك	2900 كم
دَرجةُ الحرارة (عند القاعدة)	3000° س
الكثافة النِّسْبيَّة	3,3–6,0
التركيب: سليكات الحديد والمَغْنسيُوم	
اللُّبُّ الخارجيّ – السُّمْك	2200 كم
دَرجةُ الحرارة (عند القاعدة)	4000° س
الكثافة النِّسْبيَّة	10
التركيب: حديد مَصْهور، وكميَّاتٌ نَزْرة من النيكل	
اللُّبُّ الداخليّ – القُطْر	2600 كم
دَرجةُ الحرارة المَرْكزيَّة	6500° س
الكثافة النِّسْبيَّة	13
التركيب: حديدٌ جامدٌ وكمِّيَّاتٌ نَزْرة من النيكل	

فُروعُ العُلوم الأرضيَّة

المُناخيُّون يَدْرسونَ المُناخ – بما فيه التغيُّرات الفَصْليَّة والطويلة الأمَد في دَرجاتِ الحرارة والرُّطوبة في طَبَقةِ الغلافِ الجوِّيِّ السُّفْليّ عَبْرَ العالَم.

الجيُوكيماويُّون يَدْرسونَ لتركيبَ الكيماويّ لِقِشْرةِ الأرض ومُحيطاتِها وغِلافها الجوِّيّ.

الجيُولوجيُّون يَدْرسونَ أصلَ الأرض وبِنْيَتَها وتراكيبَ طَبَقاتِها.

الجيُومورفُولوجيُّون يَدْرسونَ أشكالَ وتكوُّنَ المعالِم الأرضيَّة كأحواضِ المُحيطات وسَلاسِلِ الجِبال.

الأرصاديُّون يَدْرسونَ تغيُّراتِ الطَّقْسِ ويُحاولون التنبُّؤَ بتقَلُّباتِه اليوميَّة. وَهم يَقيسون ويَتكَهَّنون بأحوالِ طَبَقاتِ الجَوِّ الأخفض، كدرجاتِ الحرارة وكمِّيَّاتِ المَطَر، وسُرعةِ الرِّياح.

عُلماءُ المَعادِن جيُولوجيُّون يَدْرسونَ المَعادنَ البِلّوريَّة والخامات.

عُلماءُ البِحار يَدْرسونَ الظُّروفَ الطبيعيَّة والكيماويَّةَ في المُحيطات والقيعان المُحيطيَّة، والحياةَ البَحْريَّة.

عُلماءُ الحياة القديمة يَدْرسونَ بِنْيةَ المُتعَضِّياتِ الغابِرة وتطوُّرَها وبيئتَها وتوزُّعَها بتفَحُّص بقاياها المُستَحْجَرة. ويَدْرسُ علماءُ الحَفْريَّات البيُولوجيَّةِ الأحافيرَ الحيوانيَّة. ويَدْرسُ علماءُ الحَفْريَّاتِ النباتيَّة الأحافيرَ النباتيَّةَ ويَدْرسُ عُلماءُ المُناخات القديمة المُناخَ في العُصور الغابِرة.

عُلماءُ الصُّخور يَدْرسونَ بِنْيةَ الصُّخور وأُصُولَها.

عُلماءُ الكواكب يَدْرسونَ الكواكبَ ويُجْرون مُقارَناتٍ بينَها.

عُلماءُ الرُّسابات جيُولوجيُّون يَدْرسونَ تكوُّنَ الصُّخور من الطَّمْي والقُراراتِ الرَّمليَّة.

علماءُ طَبَقات الأرض يَدْرسونَ طَبَقاتِ الصُّخور والعَلاقاتِ في ما بينَها.

تَواريخُ رئيسيَّةٌ

حوالي عام 235 ق. م إراتُوسْثينِس – فَلَكيٌّ ورياضيٌّ وجُغرافيٌّ يونانيّ – يَحْتسِبُ مُحيطَ الأرض من ظِلالِ مُسْقَطةٍ عندَ الظَّهيرة في عُروضٍ جُغرافيَّةٍ مُختلِفة.

حوالي عام 5 ق. م سْترابُو – لجُغرافيٌّ والمُؤرِّخُ اليونانيّ – يَتوقَّعُ تواجُدَ مناطقَ مُناخيَّةٍ شديدةِ البُرودة ومُعْتدلة ومَداريَّة.

حوالي عام 30 للميلاد يَرْتئي سْترابُو أنَّ الأرضَ في غايةِ الضخامة بحيثُ قد توجَدُ قارَّاتٌ مَجْهولة.

79 للميلاد الكاتِبُ الرُّومانيُّ بُلِيني الأصغَر يَصِفُ ثَوَرانَ بُركانِ جَبل فيزوف الذي دَمَّرَ مدينةَ بُومْبي.

132 للميلاد الصينيُّون يخترعون أوَّلَ مِرْجافٍ (سيزمُوچراف) – من كُراتٍ فلزِّيَّة مُتَوازنةٍ بدِقَّة بحيثُ تَسقُطُ عندَ اهْتِزازِ الأرض.

820 الخرائطيُّونَ لعرب يَرسمونَ الخريطةَ المامونيَّة وفقَ خُطوطِ الطول والعَرْض.

1086 المُهَنْدِسُ الصِّينيُّ شِن كُوا يُوجِزُ مَبادئَ التَّعْرية والترسُّب وعمليَّاتِ التقَبُّب والتنَثُّق العُلْويّ.

1120 ابن سينا يقول إنَّ نوعًا من الصُّخور يتكوَّنُ من جَرَّاء الطين المُترسِّب سافًا بعدَ ساف على مَدى فتراتٍ زَمنيَّةٍ طويلة.

1153 الشريفُ الإدريسيّ يَرْسمُ خرائطَ على أساس أنَّ الأرضَ كُرَويَّةٌ في كتابِ أُلْفَهُ لملك صقلِّية رُوجر الثاني.

1517 العالِمُ الإيطاليُّ جيرُولامُو فْراكاسْتُورو يَرتئي أنَّ الأحافيرَ هي بَقايا كائناتٍ خَلَّفها الطوفانُ التوراتيُّ حسبَ قِصَّةِ فُلْكِ نوح.

1546 المِتالورجيُّ الألمانيُّ جُورجيُوس أجريكولا يَستَخْدِمُ مُصطلح Fossil بمَعنى «أُحفورة مُتحَجِّرة» للبَقايا المُسْتَحْجِرة من النباتاتِ والحيَوانات.

1600 الفيزيائيُّ البريطانيُّ وِلْيَم غِلْبِرت يأتي بمَقولةِ أنَّ الأرضَ أشبَهُ بمِغْنَطيسٍ عِمْلاق.

1735 الأرصاديُّ البريطانيُّ جورج هادْلي يَستَخْدِمُ الرِّياضيَّاتِ والفيزياءِ لِتَعْليل تأثيرِ تَدويم الأرض على الرِّياح التِّجاريَّة.

1785 الجيُولوجيُّ البريطانيُّ جيمْس هَتُّون يَرْتئي أنَّ معالِمَ الأرض تتكَوَّنُ عَبْرَ عمليَّاتٍ كالترسُّب والأنْشِطةِ البُركانيَّةِ العاملةِ منذُ أزمنةٍ بَعيدة.

1795 عالِمُ التَّشْريح الفَرنْسيُّ جورج كُوفْيي يؤكِّدُ انتماءَ مجموعة عظامٍ أُحفوريَّةٍ إلى إحدى الزَّواحف البَحْريَّة العِملاقة.

1811 الفَتاةُ البريطانيَّةُ ماري آنْنْغ وعائلتُها يكتشفونَ ويجمعون أحافيرَ أوَّل عَيِّنة مَعْروفة للزَّاحف البَحْريّ الإكْتيُوصورَس الشبيه بالدُّلفين.

1815 المَسَّاحُ البريطانيُّ وِلْيَم سْميث يَنْشُرُ خريطتَه الجُغْرافيَّة لإنكلترا ووِيلْز مع جُزْءٍ من اسكُتْلَنْدا.

1822 تعَرُّفُ الإغوانُدون كضَرْبٍ من الدَّيْنوصورات.

1825 كُوفْيي يَقْتَرِحُ أنَّ انْقِراضَ الأنواعِ هو نتيجةٌ لِحَوادثَ كارثيَّة.

1830 الجيُولوجيُّ البريطانيُّ السير تشارْلْز لْيِيل يَقول بأنَّ عُمْرَ الأرض يبلُغُ مئات الملايين من السِّنين.

1840 عالِمُ الطبيعة السويسريُّ المَوْلد لُويس أجاسيز يَرتئي أنَّ معظمَ سَطْح الأرض كان في ما مَضى مُغَطًّى بالجَليد.

1859 العالِمُ البريطانيُّ تْشارلْز داروِن يَنْشُر نَظَريَّةَ النُّشُوء والتطَوُّر.

1896 الكيمائيُّ السُّويديُّ سْڤانت آرهينيوس يُبيِّنُ أنَّ ثاني أكسيد الكربون في الهواء يُسْهِمُ في احْتِباسِ الحرارة في جَوِّ الأرض.

1906 الجيُولوجيُّ الإرلَنْديُّ رينْشارْد أولْدهام يكتشِفُ في مُخَطَّطات مِرساماتِ التموُّجات الزِّلْزاليَّةِ ما يُثْبِت وُجودَ اللُّبِّ الأرضيّ.

1915 الأرصاديُّ الألمانيُّ ألْفرد فَغْنر يَنْشُرُ نَظريَّةَ حركيَّة القارَّات.

1925 القياساتُ بالسَّبْرِ الصَّدَويّ تكشِفُ تواجُدَ حَيْدِ وَسَط الأَطلسيّ.

1935 عالِمُ الزِّلازل الأمريكيُّ تْشارلْز رِيخْتَر يَنْتَبِطُ مِقياسًا لِتحديد درجاتِ قُوَّةِ الزَّلازل.

1965 الجيُوفيزيائيُّ الكَنَديُّ تُوزُو ولْسُون يُعَلِّلُ ظاهرةَ انْتِشار وتمَدُّد قِيعانِ المُحيطات.

1981 لُوِيس ألڤارِز ووَلَدُه وُلْتَر يَرْتئيان أنَّ ارْتطامَ رَجْمٍ عِملاقٍ بالأرض أبادَ الدَّيْنوصُورات.

الفَصْلُ الثاني

الكائناتُ الحَيَّة

لِتعَرُّف ضُروبِ النَّباتاتِ والحَيواناتِ المُتنَوِّعة الكثيرة التي تُؤلِّفُ المَجْموعاتِ البِيئيَّةَ الطبيعيَّةَ في العالَم، يَنْبغي أوَّلًا تفَهُّمُ كيفيَّةِ تَنشُّؤ الأحياءِ على الأرض، وطَرائق تَصْنيفِ الأنواع المُختلِفة وسُبُلِ تهايُؤ كُلِّ نَوْعٍ لِمُواءَمةِ بيئتِه المُعَيَّنةِ الخاصَّة.

بَدأت قِصَّةُ الحياةِ على الأرض قبْلَ ظُهورِ الكائناتِ البَشَريَّةِ الأُولى بعِدَّةِ مَلايينَ من السِّنين. دِراساتُ العُلماءِ تُبَيِّنُ أنَّ الحياةَ بدأتْ في المُحيطات منذُ ما يزيدُ على 3500 مِليون سَنة. فهُناك حاليًّا أكثَرُ من مِليونَي نَوْعٍ من الكائناتِ الحيَّةِ على الأرض، مُعظمُها بالِغُ الصِّغَر بحيثُ لا تُمكِنُ رُؤيتُه إلَّا بالمَجاهِر. وهناكَ ضُروبٌ أخرى تَعيشُ في مَواطِنَ بيئيَّةٍ قَصِيَّةٍ غريبةٍ، كأعماقِ المُحيطاتِ المُظْلِمةِ الباردة، لا يَعْرِفُ البَشَرُ عنْها إلَّا القليل.

ويعتقِدُ العُلماءُ أنَّ أنواعَ النَّباتاتِ والحيوانات على اختِلافِها قد تَنشَّأت بالتهايؤ والتكيُّفِ التَّدريجيِّ مع الأنماطِ البيئيَّةِ المُتباينة المُتعدِّدة التي تُوَفِّرُها الأرضُ لقاطِنيها. وقد كان لِتدخُّل البَشَرِ يَدٌ في تَنشُّؤ وتطَوُّرِ بعضِ النَّباتاتِ والحيَوانات. فالكثيرُ من المَحاصيلِ الزِّراعيَّة ونَباتاتِ الحدائق وحيَواناتِ المَزارع والحيوانات المَنْزليَّةِ المُدَلَّلة هي أمثلةٌ على أنواعٍ ظهرَت عَبْرَ التناسُلِ والتوليدِ الِانْتِقائيّ.

إنَّ كُلَّ نَوْعٍ من النَّباتاتِ والحيَوانات البَرِّيَّةِ يَعيشُ في تَواؤُمٍ وانْسِجامٍ مع بيئتِه. ويُمَثِّلُ عالَمُ الأحياءِ مَنْظومةً رائعةً لتَّعْقيدِ استغرَقَ تطَوُّرُها مَلايينَ السِّنين، وهي لا تَزالُ في توازُنٍ تَواؤميٍّ دقيقٍ دائمِ التغَيُّر.

الحَياة: الأُصُولُ والتطَوُّر

بدأتِ الحياةُ على الأرض منذُ أكثرَ من 3000 مِليون سنة. ومنذُئذٍ تَنَشَّأَت وتطوَّرَت ضُروبٌ مُذْهِلةٌ من الحيَواناتِ والنَّباتات من مُتعَضِّياتٍ أُحاديَّةِ الخليَّة.

تَعودُ أُصُولُ جميع الكائنات الحيَّة إلى البِحار. وقد اتَّخَذَ التطَوُّرُ أشكالًا وتَفَرُّعاتٍ واتِّجاهاتٍ عديدة. وعلى مَدى ملايينَ من السِّنين انْقَرَضَتْ ضُروبٌ وأنواعٌ عديدةٌ وحَلَّ مَحَلَّها أشكالٌ أحيائيَّةٌ جَديدة.

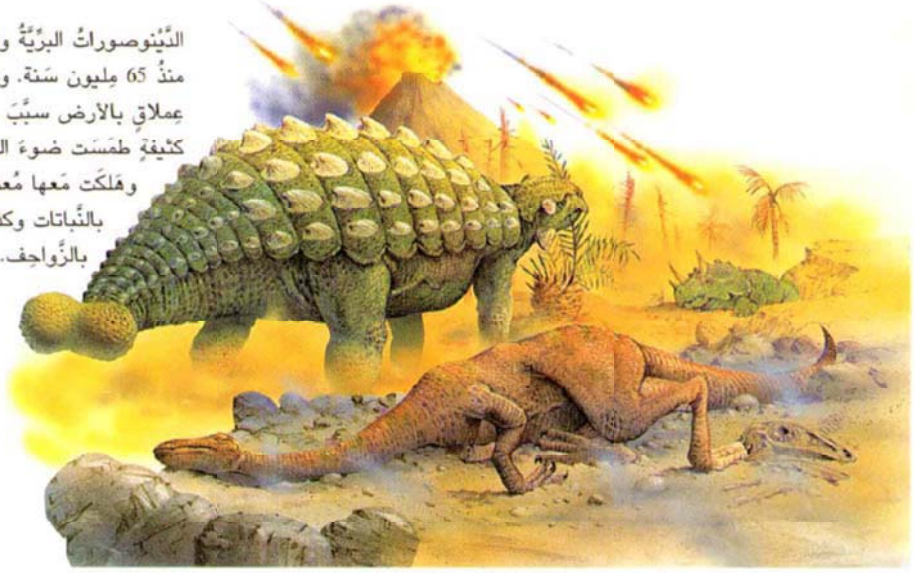
يُقَدَّرُ عُمْرُ الأرض بِحَوالى 4500 مِليون سنة؛ ويَعتمِدُ هذا التقديرُ على تأريخ عُمْرِ أقدمِ الصُّخور. في مَدى الألفِ وخمسمائةِ مِليون سنةٍ الأولى مِن تكوُّنها لم تَحوِ الأرضُ أيَّ كائناتٍ حيَّة. إنَّ كيفيَّةَ بَدْءِ الحياةِ على الأرض أمرٌ لمَّا يتوضَّحْ بَيُولوجيًّا؛ لكِنْ من المؤكَّدِ أنَّ العمليَّةَ تَطَلَّبَت ماءً وحوامضَ وكيماويَّاتٍ أُخرى. وبِتَفاعُلِ تلكَ الكيماويَّاتِ على مَدى العُصورِ والظُّروف نَتَجَ جُزَيءٌ قادِرٌ على اسْتِنساخِ مَزيدٍ من الجُزَيئات المَثيلة. ولعَلَّ مصدَر تلك «البُذارة» الكيماويَّةِ الأحيائيَّةِ كان الفَضاءَ الخارجيَّ عَبْرَ الرُّجُمِ المُرتَطِمةِ بسَطْح الأرض، أو لعَلَّها كانت نتيجةَ تفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ تَمَّت بطاقةٍ كهربائيَّة من البَرْق.

الكائناتُ الحيَّةُ الأُولى

تطَوَّرتِ «الجُزَيئاتُ الحيَّةُ» إلى أشكالٍ حياتيَّةٍ بَسيطةٍ وَحيدةِ الخليَّة، عاشَت طافِيةً في المُحيطات. وأقدَمُ بَيِّنةٍ على هذه الأشكالِ الحياتيَّةِ الأحافيرُ البَكْتيريَّةُ والطُّحْلبيَّةُ داخلَ الصُّخور التي يَبْلُغُ عُمْرُها 3500 مِليون سَنة.

ومن هذه البِدايات البَسيطةِ، اتَّخذتِ الحياةُ أشكالًا

الجِنْكَةُ الطَّقسوسيَّةُ المِروحيَّةُ الوَرَق تواجَدت على الأرض منذُ حُقَبِ الحياةِ الوُسْطى قبْلَ 300 مليون سنة. وهي الصِّنْفُ الوحيدُ المُتبَقّي من مَجْموعةِ نباتاتٍ كانت شائعةً في ما مَضى



الدَّيْنوصوراتُ البرِّيَّةُ والزَّواحِفُ البَحْريَّةُ العِمْلاقةُ انْقَرضَت منذُ 65 مِليون سَنة. وقد يكونُ ذلكَ نتيجةً لِارتطام رَجْم عِملاقٍ بالأرض سبَّبَ «عَتَمةً دامِسَةً» بفِعْل سُحُبٍ غُباريَّةٍ كثيفةٍ طمَسَت ضوءَ الشَّمْس فَتْرةً طويلة. فهَلَكتِ النباتاتُ وهَلَكَت مَعها مُعظمُ الزَّواحفِ العاشِبة التي تَغْتذي بالنَّباتات وكذلكَ الحيَواناتُ اللاحِمةُ التي تَغْتذي بالزَّواحِف.

وتفَرُّعاتٍ في اتِّجاهاتٍ عديدة – كان فَرعاها الأساسيَّان النَّباتاتُ والحيَوانات.

النُّشُوءُ والارْتقاء

تنَشَّأت جميعُ النَّباتاتِ والحيَواناتِ وتطوَّرَت عَبْرَ عمليَّةٍ تَغَيُّرٍ تَدْريجيٍّ اتُّفِقَ على تسمِيَتِه التطوُّر. فقد تَنَشَّأتِ الأنواعُ الحيَوانيَّةُ والنَّباتيَّةُ المُتواجِدةُ اليومَ من أنواعٍ أقدمَ كثيرًا انقرضَت منذُ زَمَنٍ طويل. فثُلاثيَّاتُ الفُصوص (الترايلُوبَيْتات) ومَحاراتُ الأمونَيْت التي كانت تَزْخَر بها البِحارُ منذُ ملايينِ السِّنين لم يَبْقَ منها اليومَ سِوى أحافيرِها ضِمْنَ الصُّخور.

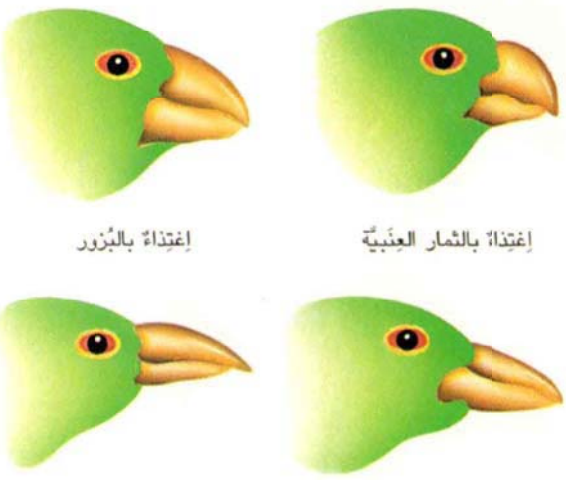
والحيَواناتُ التي انقرضت ملَكَت نتيجةً لِتَغيُّر الظُّروفِ الحياتيَّةِ في بِيئاتها، وحَلَّت مَحَلَّها أنواعٌ أُخرى استَطاعتِ المُهايأةَ والتَكَيُّفَ مع الظُّروفِ المُتَغيِّرة.

المُهايأةُ والتكَيُّف

سادَتِ الدَّيْنوصوراتُ كَوكبَ الأرضِ حِقْبةً زادَت على 160 مليون سنة؛ وفاقَت أنواعُها الخَمسمائةَ نوع. وقدِ انقرضَت جميعُها؛ فلم يَبْقَ من هٰذه الحيواناتِ الرائعة الغَرابةِ اليومَ إلَّا أَحافيرَه.

الكائناتُ الحيَّةُ تَتطوَّرُ باستِمْرار عَبْرَ المُهايأةِ والتكَيُّف. وهي تَسْتطيعُ ذلكَ لأنَّ تكوينَ كُلِّ كائنٍ حيٍّ يَخْتلِفُ قليلًا عن سائرِ أفرادِ نَوعه. وهكذا فإنَّه عندما تَتَغَيَّرُ الظُّروفُ، كتغَيُّرِ المُناخِ إلى الأبرَد، فقد تكونُ بعضُ تلك الكائناتِ أَقْدرَ على البَقاءِ من بَعْضِها الآخر.

لقد استَوطَنتِ النَّباتاتُ والحيَواناتُ تَقريبًا كُلَّ بيئةٍ على الأرض – من المناطقِ القُطبيَّةِ المُتجَمِّدةِ حتَّى الصَّحاري الحارَّةِ الجافَّةِ وأعماقِ المُحيطاتِ المُظْلِمة.



إغتِذاءٌ بالثمار العِنَبيَّة

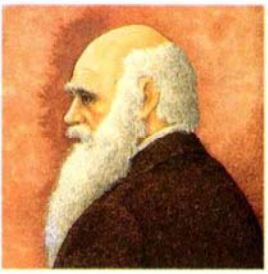
إغتِذاءٌ بالبُزور

إغتِذاءٌ بالصَّبَّاريَّات

إغْتِذاءٌ بالحَشَرات

على جُزُر غلاپاغوس في المُحيط الهادي، وَجَد دارْوِن أنَّ شُرْشوريَّاتٍ مُتَحَدِّرةً من نوعٍ واحد، طوَّرَت مَناقيد مُخْتلِفةً شَكْلًا. فقد تَكَيَّف مِنْقارُ كُلِّ نَوْعٍ بالتطوُّرِ لِيُوائمَ الغِذاءَ المُتوفِّرَ له في الجُزُرِ المُختَلفة.

جُزَيئاتُ د ن ا، في خلايا جميعِ الكائنات الحيَّة، تَحْوي تَعْليماتٍ مُرَمَّزةً (جيناتٍ) تتحَكَّمُ بسُلوكِ تِلكَ الخلايا، وبالتالي بتصرُّف الكائنِ الحَيّ.

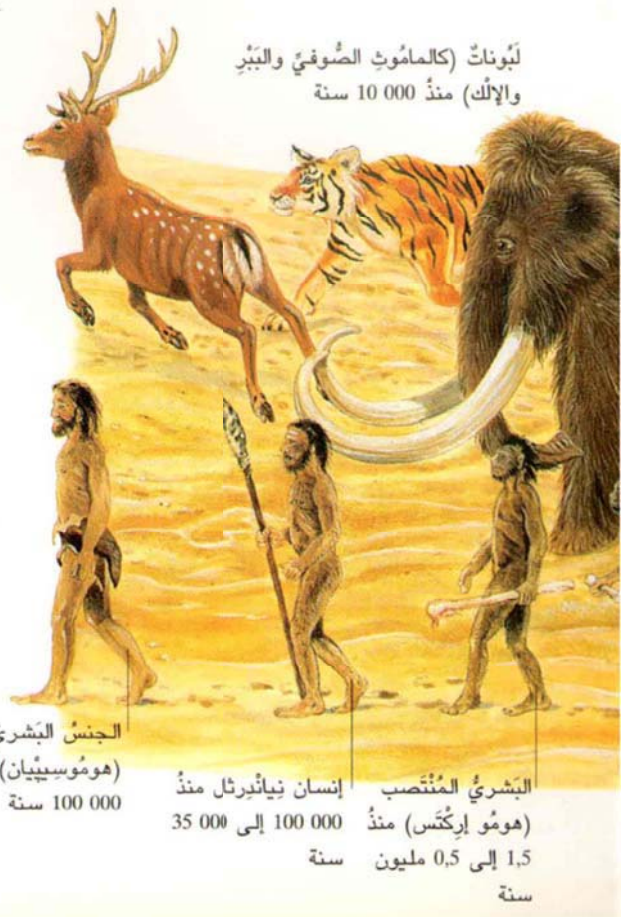


تُشارلْز دارْوِن (1809 – 1882) عالِمٌ بريطانيٌّ قادَتْهُ دِراساتُه للكائناتِ الحيَّةِ والأحافيرِ إلى نَظريَّته الشهيرة حولَ الإنتخابِ الطبيعيِّ وبَقاءِ الأَصْلح التي نُشِرَت عامَ 1859.

اُنْظُر أيضًا

الأحافيرُ والأزمنةُ الجيُولوجيَّة ص 4 – 5

الجِيناتُ والكروموسومات ص 135



لَبُوناتٌ (كالماموثِ الصُّوفيِّ والبَبْر والإلْك) منذُ 10 000 سنة

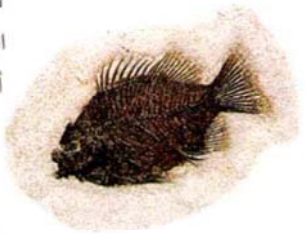
الجنسُ البَشريّ (هومُوسِيپْيان) مُنْذُ 100 000 سنة

إنسان نِيانْدِرثال منذُ 100 000 إلى 35 000 سنة

البَشريُّ المُنْتَصب (هومُو إرِكْتَس) منذُ 1,5 إلى 0,5 مليون سنة

تَصْنيفُ الكائناتِ الحَيَّة

التَّصْنيفُ طريقةٌ تُرَتَّبُ فيها الكائناتُ الحَيَّةُ (المُتعَضِّياتُ على اختِلافها) في فِئاتٍ أو مَجاميعَ مُتماثلةٍ على أساسِ مَظْهَرِها والعَلاقاتِ الطبيعيَّةِ في ما بينها.



لا أحدَ يعلَمُ على وَجْه الدِّقَّةِ عددَ أَصنافِ الكائناتِ الحيَّةِ المُختلِفةِ المُتَواجدةِ حاليًّا على الأرض. لقد اكتشفَ العُلماءُ أكثرَ من مِليوني نَوع، لكِنْ رُبَّما يكونُ هنالكَ أربعةُ أضعافِ هذا العددِ بانتظار أن تكتَشَف – معظمُها مُتعَضِّياتٌ مِجْهَريَّة.

السَّمَكةُ الأُحفوريَّة المُبَيَّنةُ أعلاه، المُسَمَّاةُ بِريشْكاكارْيا، هي من الحيواناتِ المُنْقَرِضة؛ لكِنْ يُمْكِنُ إدراجُ نَوعِها في تَصْنيفِ الكائناتِ الحيَّة. فَعُلماءُ التَّصْنيفِ يُقارِنون مَعالِمَ مُعَيَّنةً فيها، كتَرتيبِ الزَّعانِف، مع حَوالى 22 000 نَوْعٍ من الأَسماكِ المَعروفةِ اليومَ على الأرض. ثُمَّ يُصَنِّفون السَّمكةَ الأُحفوريَّةَ هذه مع مَجْموعةِ الأسماكِ الحاليَّةِ ذات الخصائصِ المُماثِلة.

اِخْتيارُ الأَسْماء

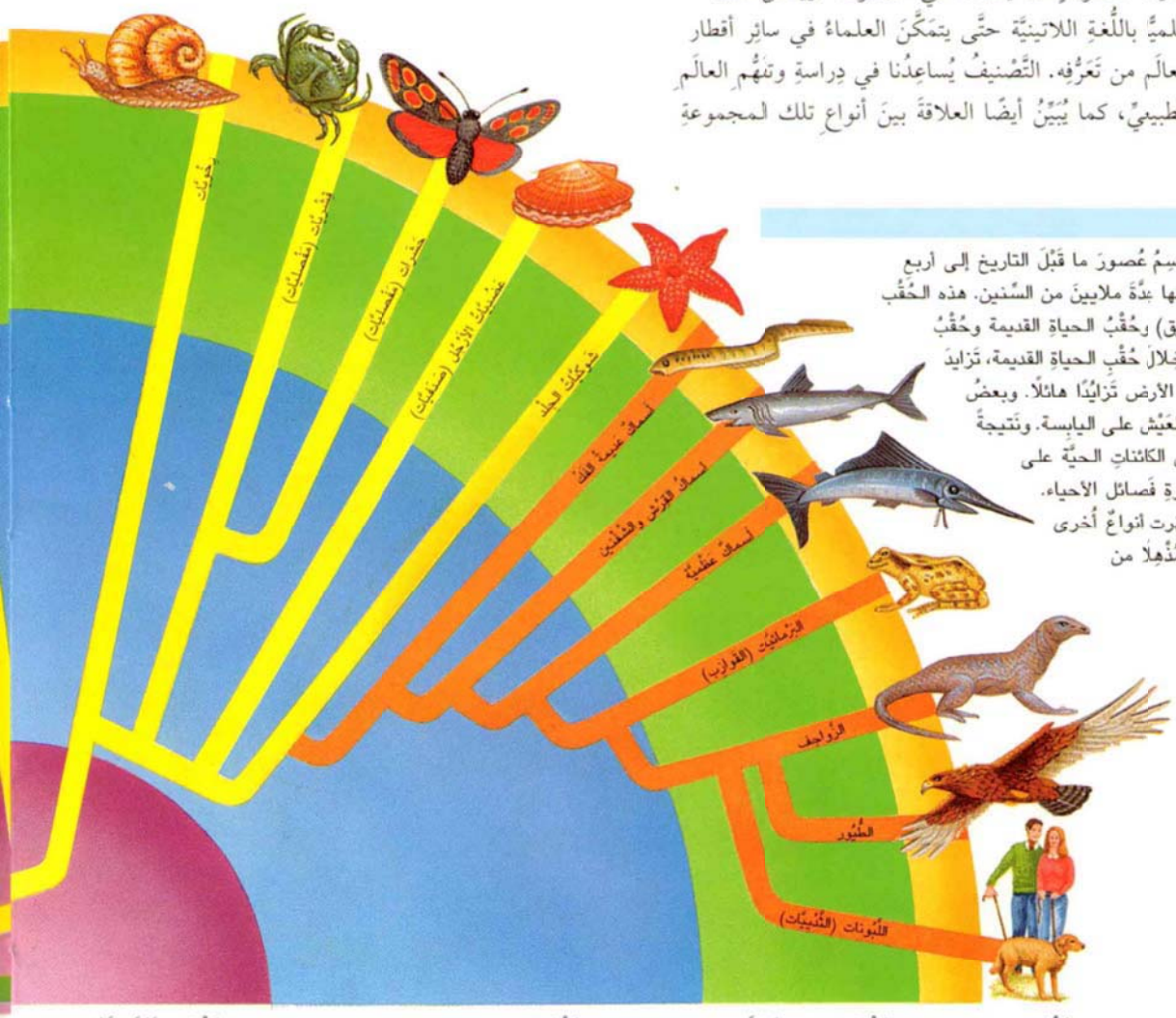
الدِّراساتُ العِلْميَّةُ لِتنَوُّعِ الكائناتِ الحيَّة والعَلاقاتِ في ما بينها تُسَمَّى التَّصْنيفيَّات – علمَ تَصْنيفِ الأحياء وتسميتِها. وعِلْمُ تَصْنيفِ الأحياء الذي هو جُزْءٌ من عِلْمِ التصنيفيَّات، هو دِراسَةُ قواعدِ وطرائقِ تَصْنيفِ الكائناتِ الحيَّة من نَباتاتٍ وحيَوانات. فبعدَ الدراسةِ الدقيقةِ للكائنِ الحيِّ أو لِعَيِّنةٍ سليمةٍ مَحفوظةٍ منه يُصَنَّفُ في مَجموعته ويُعْطى اسْمًا علميًّا باللُّغةِ اللاتينيَّة حتَّى يتمَكَّنَ العلماءُ في سائرِ أقطارِ العالَمِ من تَعَرُّفِه. التَّصْنيفُ يُساعِدُنا في دِراسةِ وتفَهُّمِ العالَمِ الطبيعيِّ، كما يُبَيِّنُ أيضًا العلاقةَ بينَ أنواعِ تلك المجموعةِ العائشة حاليًّا والأنواعِ التي انقَرضَت مُنْذُ عهدٍ بَعيد.

وجَديرٌ بالذِّكْر أنَّ نَسَقَ التَّصْنيفِ الذي يَعْتَمِدُه العُلماءُ اليومَ طَوَّرَه أساسًا عالِمُ النَّبات السّويديُّ، كارلُوس لينَيُوس (1707 – 1778)، في العام 1758. في هذا النَّسَق، تُصَنَّفُ مَجْموعاتُ الكائناتِ المَشيلة، المُسَمَّاةُ أنواعًا، في مُسْتَوياتٍ مُخْتلِفةٍ – أعلاها العالَم أو المَمْلكة. فالحيَواناتُ جميعُها تَنْتمي إلى عالَمِ (أو مَمْلكة) الحيَوان. هنالك أربعةُ عَوالِمَ أُخرى؛ لكِنَّ عالَمَ الحيَوان هو الأكثَرُ والأعظَمُ إلى حَدٍّ بَعيد. وتُحَدِّدُ الفروقُ في بِنْيةِ خلايا المُتعَضِّي، جُزْئيًّا، الفئةَ التي يَنْتمي إليها ذلك المُتعَضِّي.

المُستَوى التَّصْنيفيُّ الأدْنى من العالَم (المَمْلكة) في تَصْنيفِ الأحياءِ يُسَمَّى الشُّعْبَة. ويَضُمُّ عالَمُ الحيَوان أكثرَ من 20 شُعْبَةً – بينها شُعْبَةُ الحَبْليَّات (ذواتُ الحَبْلِ الظَّهْريّ) التي تَنْتمي إليها جميع الحيوانات الفَقاريَّة.

شَجَرةُ فَصائل الأحياء

مَعالِمُ الأرض الجيُولوجيَّةُ والطبيعيَّةُ تقسِمُ عُصورَ ما قَبْلَ التاريخ إلى أربعِ فَتراتٍ زمنيَّةٍ تُسَمَّى حُقَبًا، دامَ الواحدُ منها عِدَّةَ ملايينَ من السِّنين. هذه الحُقَب هي: حُقْبُ ما قَبْل الكَمْبري (الدَّهر العتيق) وحُقْبُ الحياةِ القديمة وحُقْبُ الحياةِ الوُسْطى وحُقْبُ الحياةِ الحَديثة. خِلالَ حُقَبِ الحياةِ القديمة، تَزايدَ عددُ الأنواعِ المُختلِفةِ التي عاشَت على الأرض تَزايُدًا هائلًا. وبعضُ المُتعَضِّياتِ تَرَكَ البِحارَ الضَّحْلةَ الدَّافِئةَ للعَيْش على اليابسة. ونَتيجةً لِلتَّغَيُّرِ التدريجيِّ التطَوُّريِّ في خَصائصِ الكائناتِ الحيَّة على مَدى الدهور تَنَشَّأت فروعٌ عديدةٌ لِشَجَرةِ فَصائل الأحياء. أنواعٌ عديدةٌ من الكائناتِ انقَرضَت، وظهَرت أنواعٌ أُخرى غَيْرُها. وهٰكذا فإنَّنا نُشاهِدُ اليومَ تَنَوُّعًا مُذْهِلًا من الكائناتِ الحَيَّة.



الحُقَب	حُقْبُ الحياةِ الحديثة	حُقْبُ الحياةِ الوُسْطى	حُقْبُ الحياةِ القديمة	حُقْبُ ما قَبْلَ الكَمْبَري
مُنْذُ مَلايينِ السِّنين	صِفْر إلى 65	65 إلى 245	245 إلى 570	570 إلى 3000

الطَّوائفُ والفَصائلُ والأنواع

مُسْتَوياتُ الكائناتِ الحيَّةِ تَنْقسِمُ إلى مُسْتَوياتٍ أصغَرَ. فالمُسْتَوى الأَدنَى من الشُّعْبةِ هو الطائفة – مثلًا، جميعُ الثَّدْيِيَّات تَنْتمي إلى طائفةِ اللَّبُونات. والمُسْتَوى الأدنَى من الطائفة هو الرُّتْبة – مثلًا، جميعُ اللَّبُوناتِ التي تَغْتذي باللُّحُوم، كالثعالبِ والنمُور والقُضاعات (ثعالِب الماء) تَنْتمي إلى رُتْبةِ اللَّواحِم.

والمُسْتَوى الأدنَى من الرُّتْبةِ هو الفَصيلة – مثلًا، جميعُ الثَّعالبِ والضِّباعِ والذِّئابِ تَنْتمي إلى فَصيلةِ الكَلْبِيَّات. وتُوجَدُ، ضِمْنَ الفَصيلةِ الواحدة، مَجْموعاتٌ من الحيَوانات، تُسَمَّى أجناسًا – فالثعلبُ يَنْتمي إلى جِنْس الفُولْبِس. والأجناسُ المُختَلِفةُ لا تَسْتطيعُ التوالُدَ بي ما بينها – فهي قد تَسْتطيعُ التزاوُجَ، لكِنَّها لا تُنْجِبُ نَسْلًا.

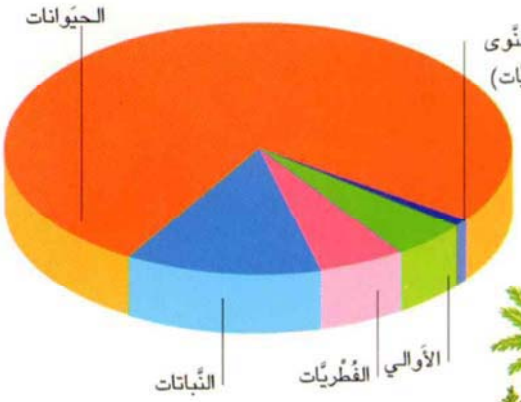
ويَتَضَمَّنُ الجِنْسُ نوعًا واحدًا أو أكثَر – يَتَمَيَّزُ باسْمٍ عِلْميٍّ ثُنائيِّ التَّسْمِية. مثلًا، الاسْمُ العِلْميُّ لِثَعْلبِ الفِنك الصغير في شمالِ إفريقية هو فُولْبِس زِرْدا، حيثُ لجُزْءُ الأوَّلُ، فولْبِس يُعَيِّنُ الجِنْسَ، والجُزْءُ الثاني، زِرْدا، يُعَيِّنُ النَّوعَ.

الانْقِراضُ والتَّغَيُّر

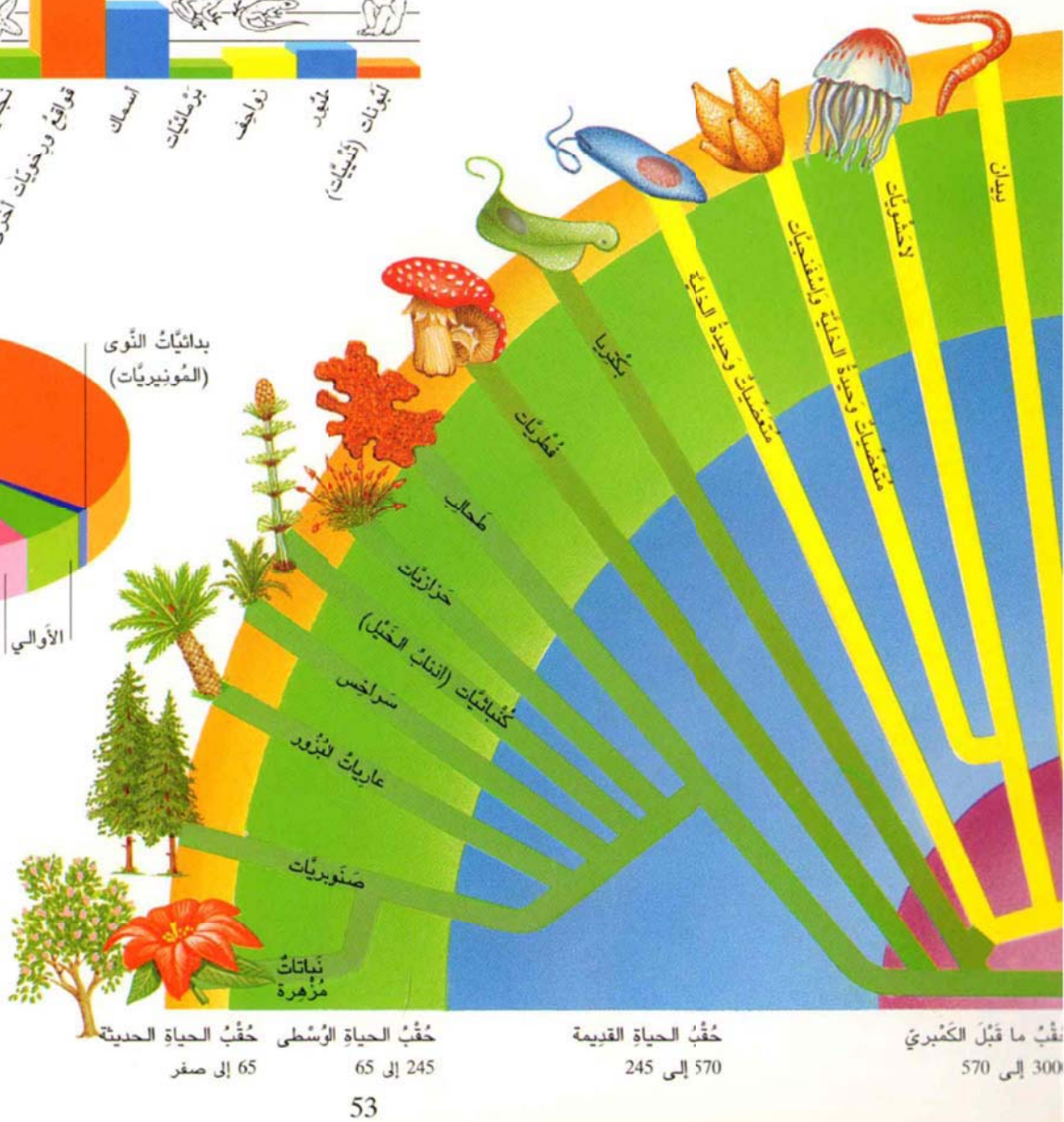
يَرْتئي العُلَماءُ أنَّ عددَ المُتَعَضِّياتِ اليومَ هو فقَطْ جُزْءٌ ضئيلٌ من مُجْمَلِ الكائناتِ الحيَّة التي سبَقَ أنْ عاشَت على الأرض؛ وأنَّ حوالى 99% من جميعِ الأنواعِ التي سبَق أن تَواجَدت هي الآنَ مُنْقَرِضةٌ.

وكما أسلَفْنا فإنَّ الحيَواناتِ والنَّباتاتِ والمُتَعَضِّياتِ الأُخرى تَتَغَيَّرُ تَدْريجيًّا بتأثيرِ تَبَدُّلِ الظُّروفِ حواليها. وهكذا قد تَتطوَّرُ الأنواعُ إلى أنْواعٍ أحْدَثَ مُبْقيةً على تَعَدُّديَّةِ وتَنَوُّعِ شَجرةِ فَصائلِ الحياة.

الرَّسْمُ البَيانيُّ أدناهُ يُبَيِّنُ الأعدادَ النِّسْبيَّةَ لِأنْواعِ الكائناتِ الحيَّة. إنَّ تعدادَ أنواعِ الحَشَراتِ يَفوق بكثيرٍ جميعَ الأشكالِ الحياتيَّةِ الأُخرى مُجْتَمعة. ثُمَّ تليها النباتاتُ والرَّخْوِيَّات. وأنواعُ الأسماك هي الأكثَرُ عَددًا بينَ أنواعِ الفَقاريَّات. وبالمُقارنةِ النِّسْبيَّة، فإنَّ هناك القليلَ فقَطْ من أنواعِ اللَّبُونات في العالَم.



عَوالِمُ الكائناتِ الحيَّةِ الخَمْسةُ هي: عالَمُ أو مَمْلَكةُ الحيَوان (حوالى 75% من المَجْموع) وعالَمُ أو مَمْلَكةُ النَّبات (18%) وعالَمُ الفُطْريَّات وعالَمُ الأوالي وعالَمُ بدائيَّات النَّوى (المُونيرا).



انْظُر أيضًا

الحياة: الأُصُولُ والتطَوُّر
ص 50 – 51، أسبابُ انْقِراضِ الأنواع ص 442 – 443
صِيانَةُ البيئةِ والمَواردِ الطبيعيّة
ص 462 – 463

المُتعَضِّياتُ الوَحيدةُ الخَلِيَّة

أبسَطُ الكائناتِ الحيَّةِ هي مُتعَضِّياتٌ دَقيقةٌ وَحيدةُ الخَليَّة. وهي كانَت أَوَّلَ الكائناتِ الحيَّة على كوكَبِ الأرض ولا تَزالُ أكثرَها شيُوعًا.

الخَلايا هي أصغَرُ الوَحَداتِ المُهايأةِ للحياةِ والعَيش. فأبسَطُ الكائناتِ الحيَّة تتألَّفُ من خليَّةٍ واحدةٍ فقَط تَنْطَوي على كُلِّ المُستَلْزَماتِ والعَمليَّاتِ الضروريَّة لِبَقاءِ تِلك الوَحْدة المُعَيَّنة حيَّةً وقادِرةً على التكاثُر.

تَتكاثَرُ الخلايا بانشِطار الخليَّةِ إلى اثنتَيْن. وتَستطيعُ بعضُ أنواعِ البكتيريا تكرارَ ذلك 4 مَرَّاتٍ في السَّاعةِ الواحدة. فالكائنُ الوَحيدُ الخليَّة من الأوالي، كهذه المُتَمَوِّرة (الأميبة)، يُصبِحُ اثنَين بواسِطةِ عمليَّةٍ أنْقِسام خَلَويٍّ مُعقَّدةٍ تُعْرَفُ بالإنْقِسامِ الفَتيليّ.

▼ طائفةُ الطُّحلبيَّاتِ تَشْمَلُ المَشْطوراتِ (الدِّياتُوميَّات) الوَحيدةَ الخليَّة والأعشابَ البَحْريَّةَ العِملاقة. هذه الصُّورةُ المُلْتَقطَةُ بمِجْهرٍ إلكترونيٍّ قويٍّ، تُبَيِّنُ خلايا طحلبيَّةً خضراءَ استِعلاقيَّةً تلْتَصِقُ بِنَبْتةٍ أو نباتاتٍ أخرى كوسيلةِ دَعْم.

دَواخِلُ الخَليَّة

تتألَّفُ الخليَّةُ من جِدارٍ خارجيٍّ رَقيقٍ نَفيذٍ يَسْمَحُ بِدُخولِ الكيماويَّات وخُروجِ الفَضَلات. وفي داخِلِ جدارِ الخليَّةِ مائعٌ هُلاميٌّ يُسَمَّى هَيُولَى الخليَّة (السَّيْتُوبلازم) يَتضَمَّنُ بِنًى دَقيقةً لِكُلٍّ منها وَظيفةٌ مُعَيَّنة. البِنْيَةُ المَرْكزيَّةُ في الخليَّة هي النَّواةُ حاويَةُ المُوَرِّثات (الجينات) التي تُحدِّدُ شَكْلَ الخليَّةِ ووَظائفَها. وهنالك بِنًى مُختلِفةٌ أُخرى مُختصَّةٌ باستِخْلاص الطاقةِ من الغذاءِ أو بالتعامُلِ مع الفَضَلات أو بحِمايةِ الخليَّةِ من هُجوم المُتَعضِّياتِ الأُخرى.

الأحياءُ الأُولى

منذُ أكثرَ من 3000 مِليون سَنة، ظهرَتِ المُتعَضِّياتُ الوَحيدةُ الخليَّة الأُولى في بِحارِ الأرض. ولا تَزالُ ماهيَّةُ الكيماويَّاتِ والكيمياءِ التي خَلَّقَتِ الحياةَ مَجْهولةً. فلعَلَّها جاءَتْ إلى الأرض بَذْرًا على شَكْلِ أَبْواغٍ من الفَضاءِ الخارجيّ. والأرجَحُ أنَّها حَصيلةُ تفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ في جَوِّ الأرضِ ومُحيطاتِها أنتجَت جُزَيْئاتٍ مُعَقَّدةً استطاعتِ الإنْتِظامَ في مُتعَضِّياتٍ حَيَّة.

لكائناتُ الأبسَطُ بين جميع المَخْلوقات هي كائناتٌ عديمةُ الأغشية النوويَّة والعُضَيَّات تُصَنَّفُ حاليًّا في عالَم

البَراميسيُوم نوعٌ من الأوالي الحيَوانيَّة. هذه المُتَعضِّياتُ الوَحيدةُ الخليَّة تَستَخْدِمُ هُدْبًا خيطيَّةً شَعْرِيَّةَ الشَّكْل تُلَوِّحُها بالتموُّجاتِ لِتَتحَرَّكَ أو تَلْتقِطَ طعامَها.

المونيرا (بدائيَّات النَّوَى) الذي يَضُمُّ مَجْموعتَيْن رَئيسيَّتَيْن: البَكْتيريا والسَّيانوبكتيريا (الطحالب الخضراء المُزْرَقَّة النَّباتيَّة الشَّكْل). وهي كائناتٌ بالِغةُ الدِّقَّة لا يُمكِنُ رُؤيتُها إلَّا عَبْرَ مِجْهرٍ قَويّ.

والأوالي مُتَعضِّياتٌ وحيدةُ الخليَّة كالمُتمَوِّرات (الأميبا) والطحالبِ الدقيقة؛ لكِنَّها تَضُمُّ أيضًا مُتعَضِّياتٍ عديدةً تتألَّفُ من عِدَّة خلايا. بعضُ الأوالي يَغْتذي كالحيَوانات، وبَعْضُها الآخرُ يَغْتذي ذاتيًّا باحتِباس طاقةِ ضوءِ الشَّمْس كالنَّباتات. وهنالك أنواعٌ أُخرى من الأوالي تَغْتذي بكِلا الطريقتَيْن.

كَثيرٌ من الأوالي مُزَوَّدٌ بزائدةٍ طَرَفيَّة أو اثنتَيْن سَوطِيَّةِ الشَّكْل يَنْفُضُها الكائنُ ليَدْفَع نَفْسهُ قُدُمًا. ومن الأوالي أنواعٌ صغيرةٌ صيَّادة يُمكِنُها اغتِمارُ الفريسةِ وهَضْمُها. مُعظمُ الأوالي يتكاثَرُ بالإنْقِسام (الإنْشِطاريّ) إلى خليَّتَيْن جَديدتَيْن.

فَيروسُ (حُمَة) إبُولا، أصغَرُ حتَّى من الجُرثوم البَكْتيريّ. والمَعروفُ أنَّ الفَيْروساتِ لا تَستَطيعُ الحياةَ مُستَقِلَّةً بذاتِها، بَلْ بغَزْوِ خلايا كائناتٍ حيَّةٍ أُخرى. هذا الفَيْروسُ، الذي يُسبِّبُ حُمَّى الإبُولا، يُسَمَّى فَيْروسًا خَيطيًّا بداعي شَكْلِه الرَّفيع.

انْظُر أيضًا

النَّباتاتُ والنَّاس ص 66 – 67
البَكْتيريا والفَيْروسات ص 136
المَرَض ص 138

الفُطْرِيَّاتُ والأُشْنات

الفُطْرِيَّاتُ والأُشْناتُ أشكالٌ حياتيَّةٌ بَسيطةٌ تعتَمِدُ في غِذائها وبَقائها على التَّعايُشِ التكافُليِّ مع نَباتاتٍ أُخرى أو مع بَعْضِها بَعْضًا.

غاريقون الذُّباب (أمانيتا مَسْكاريا) فُطْرٌ يَنْبَغي تَجَنُّبُه لأنَّه سَامٌّ؛ وقد يَقْتُلُ أيَّ حيوانٍ أو إنسانٍ يأكُلُه.

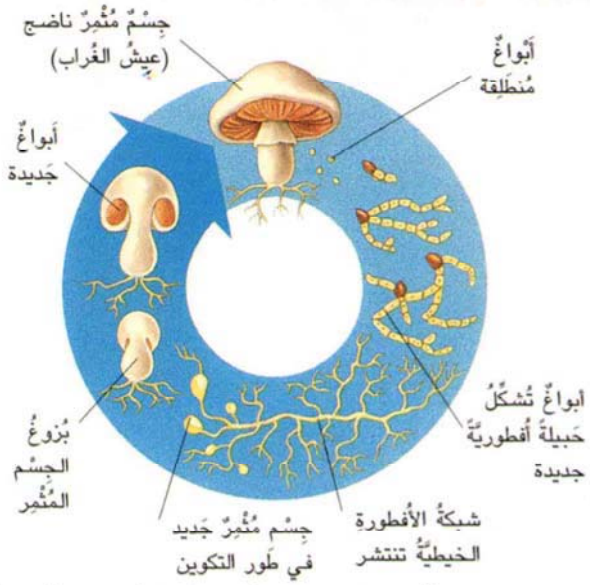
الفُطْرِيَّاتُ عَديمةُ اليَخْضور (الكلوروفيل)، ولِذا فهي، خِلافًا لِلنَّباتات عاجِزَةٌ عن تَخْليقِ غذائها الخاصّ. وهي تَغْتَذي بِتَصْنيعِ كيماوِيَّاتٍ تُعَفِّنُ أجْسادَ كائناتٍ حيَّةٍ أُخرى (كالنَّباتات) وبَقاياها المَيْتة. ومع انْحِلالِ تلك الأَجْسامِ ومنها يَمْتَصُّ الفُطْرُ غِذاءَه. الفُطْرِيَّاتُ تَشْمَلُ عَفَشَ الغُراب والفُطْرَ الغاريقونيّ والخمائرَ والفُطُورَ المُخاطِيَّة.

يَألَفُ الفُطْرُ الغاريقونيّ كما فُطْرُ عيشِ الغُراب من قِسْمٍ ظاهِرٍ فوق الأرض هو «الجِسْمُ المُثْمِر»، ومن قِسْمٍ مُستَتِرٍ تحت التُّرْبةِ أو ضِمْنَ الخَشَبِ المُتَهَرِّئ للشَّجر يُسَمَّى الأُفْطورة؛ ويَبْدو هذا كحَبيلةٍ غَزْلٍ من الخلايا الخيطيَّة. الجِسْمُ المُثْمِر من الفُطرِ يَظْهرُ عندما يُصبِحُ النطرُ جاهِزًا لِلتكاثُر؛ وهو يحوي أبواغًا يُطلِقُها فتَذْروها الرِّياح.

الأُشْنات

الأُشْنَةُ هي في الواقِعِ كائنانِ حَيَّان هما طُحلُبٌ وَحيدُ الخليَّة وفُطْرٌ في تعايُشٍ تكافُليّ. فالطُّحْلُبُ يَستَخْدِمُ اليَخْضورَ (الكلوروفيل) لِيُحَوِّلَ طاقةَ ضوءِ الشَّمْس إلى غِذاءٍ (بالتخليق الضوئيّ). وهذا الغِذاءُ يُعيلُ الطُّحْلبَ والفُطْرَ كِلَيهما. وبالمُقابِل فإنَّ الفُطْرَ يَحْمي الطحلبَ من الظُّروفِ الخارجيَّة. وبعضُ الأُشْنات ذو غِشاءٍ جِلْديٍّ طباشيريٍّ صَلْد.

غالِبًا ما تتواجَدُ الأُشْناتُ على الصُّخور والجُدران وجُذوعِ الشَّجَر ولِحائها. وهي فائقةُ الجَلَدِ حتّى إنَّ باستِطاعتِها تحَمُّلَ البَرْدِ القارسِ في القُطْبَين والثلْجَ في قِمَمِ الجبلِ العالِية. وقد تُعَمِّرُ بعضُ أنواعِ الأُشْنات مُدَّةً تَبْلُغُ 4000 سَنة.

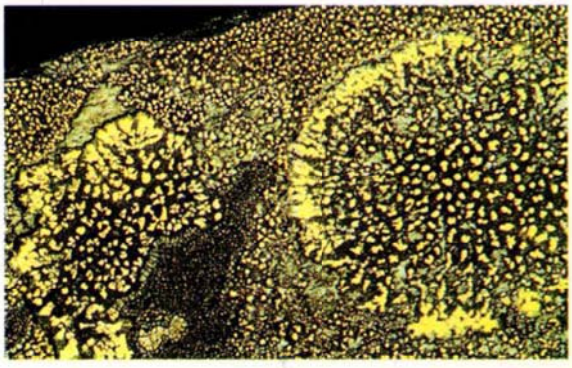


دَورةُ حياةِ الفُطْر. يُطلِقُ الجِسْمُ المُثْمِرُ أبواغًا تُشكِّل حبائلَ أُفطوريَّةً جديدة. تَبْزُغُ الأجسامُ المُثْمِرةُ الجديدةُ صُعُدًا في الهواء وتَنْتَثِرُ أبواغَها الخاصَّة.

ضارَّةٌ ونافِعة

تُوَفِّرُ الأُشْناتُ غِذاءً لبعض الحيَواناتِ كأيايلِ الرَّنة. وقد تُسْتَهْلَكُ الفُطورُ أيضًا طعامًا لِلحيواناتِ والناس. لكِنْ من المُهِمِّ جِدًّا تعَرُّفُ نَوعِ الفُطْرِ قبْلَ أكْلِه، لأنَّ بعضَ الأنواع سامٌّ يُعِلُّ المَعِدةَ وقد يُسَبِّبُ الوَفاة.

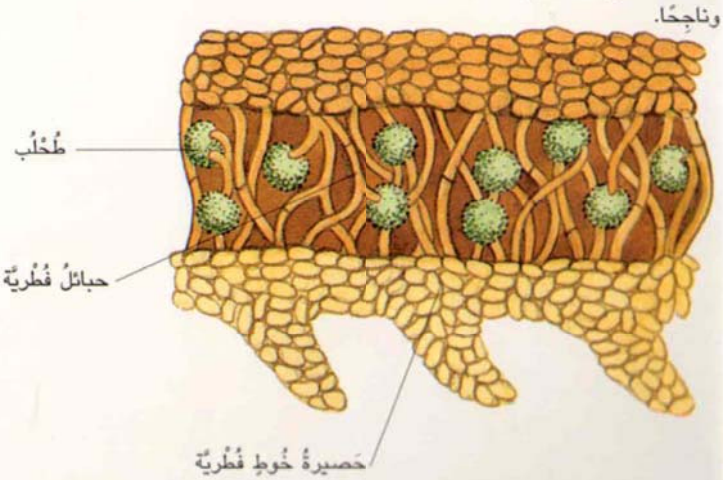
توجَدُ الأُشْناتُ أيضًا في البِحار وفي المياه العَذْبةِ حيثُ يُمكِنُ مُشاهدَتُها أحيانًا كزَبَدٍ (أو جُفاءٍ) على السَّطْح. وتعيشُ بعضُ الفُطورِ كطُفَيلِيَّاتٍ على جُلودِ الحيوانات. والكَثيرُ من أمراضِ الجِلْدِ وأَخْماجِ الفَم والأُذُن سَبَبُها الفُطور. لكِنَّ الفُطُورَ قد تكونُ أيضًا نافِعةً. فالپِنسِلين - المُضادُّ الحيَويُّ الفَعّال في عِلاج بعضِ الأمراض الخَطِرة، كَذاتِ الرِّئة والحُمَّى القِرمزيَّة والروماتيزْميَّة، يُحَضَّرُ من العَفَن (وهُو فُطْر)، كما إنَّ خَميرةَ الخُبْزِ أيضًا هي من الفُطُور.



هذه الأُشْنَةُ (رايْزَكارپون جيُوغرافيكُوم) تنمُو في النَّروج. الأُشْناتُ تَسْتطيعُ تَحَمُّلَ مُسْتَوياتِ الحرارةِ والبُرودةِ والجَفافِ القُصْوى.

اُنْظُر أيضًا

تصْنيفُ الكائنات الحيَّة
ص 52 – 53
الحَيُوماتُ والمَواطِنُ البِيئيَّة
ص 68 – 69



لا بُدَّ لِجميع الفُطُورِ من وسائلَ لِنَشْر أبواغِها. ففُطْرُ «نَجْم الأرض» يَرْفَعُ جِسْمَه المُثْمِرَ فوقَ التُّرْبةِ على «روافِعِ حَمْلٍ» نَجْميَّةِ الشَّكْل.

في شَراكةِ الأُشْنَةِ التعايُشيَّة، يُوَفِّرُ الفُطْرُ «الجِسْمَ الهَيْكليَّ» للطُّحْلُبِ الوَحيدِ الخليَّة – فيما يَقومُ الطُّحْلُبُ بتَخْليقِ الغذاءِ وإبقاءِ التعايُشِ التكافُليّ مُسْتَمِرًّا وناجِحًا.

النَّباتُ - عَرْضٌ تَشْريحيّ

النَّباتاتُ هي، باستِثْناءِ بعضِ البَكْتِريا، الكائناتُ الحيَّةُ الوَحيدةُ القادِرَةُ على تَخْليقِ غِذائها. فالأَعْشابُ الصغيرةُ والأَشْجارُ الضَّخْمةُ تَشْتَرِكُ في البِنْيَةِ التركيبيَّةِ أو التَّشريحيَّةِ نَفْسِها.

هُنالكَ طائفتانِ رئيسيَّتان من النَّباتات - اللَّاوِعائيَّاتُ، كالحَزازيَّاتِ والكَبِديَّات، التي تَفْتقِرُ إلى أنسجةٍ تَنْقُلُ الماءَ والغِذاءَ من جُزْءٍ من النَّبْتةِ إلى آخَر، والوِعائيَّاتُ ذاتُ الأوعيةِ التي تقومُ بذلك. وهي الطائفةُ الأكبَرُ التي تَشْمَلُ الأشجارَ والنباتاتِ المُزْهِرة.

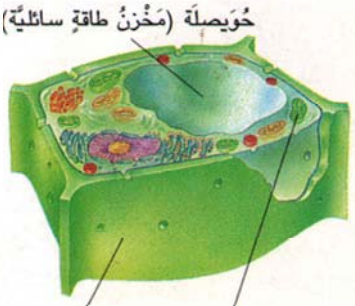
اِحتِياجاتُ النَّبات

النَّباتاتُ جميعُها تحتاجُ إلى الضَّوءِ، لأنَّها تَستَخْدِمُ طاقةَ ضَوءِ الشَّمْس لِتَخْليقِ غِذائها. وهي بِحاجةٍ إلى الماءِ والمَعادِنِ التي تَحْصُلُ عليها عَبْرَ جُذُورِها. ولاحتِياجاتِ التكاثُرِ يُنْتِجُ الكثيرُ من النباتاتِ أزهارًا تُوَلِّدُ البُزُور. وقد تتكاثَرُ النباتاتُ أيضًا بِرسائلَ أُخرى كالأرآد والأغصانِ العكيسة - مثلًا يَمُدُّ نُوتُ الأرض سُوقًا زحّافةً تتجَذَّرُ وتُصبِحُ نبتاتٍ مُستقِلَّةً. جميعُ النَّباتاتِ تتألَّفُ من خلايا؛ وتَختلفُ الخلايا النباتيَّةُ عن الخلايا الحيَوانيَّةِ في أنَّها تمتَصُّ الماءَ وتَكْبُر وتَقْسو مع تقَدُّمِ عُمْرِ النَّبْتة. لِذا نَجِدُ الخُضَرَ الفَتيَّةَ أطرى للأكلِ من الشائخة. وَتبني الخلايا النباتيَّةُ جُدْرانًا سَميكةً من السِّلْيُولوز، وتَلْتصِقُ كُلُّ خليَّةٍ الْتِصاقًا راسِخًا بِجُدران الخلايا المُجاوِرة.

سِحْرُ اليَخْضور

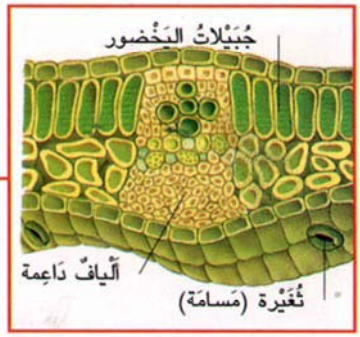
تَختلِفُ الخلايا النباتيَّةُ أيضًا عن الخلايا الحيوانيَّة باحتِوائها خِضْبًا أخضرَ يُسَمَّى اليَخْضورَ (الكلوروفيل). هذا الخِضْبُ يُمَكِّنُ النَّباتاتِ من تَخْليقِ غِذائها بِمُساعَدةِ ضوءِ الشَّمْس. ولا تَسْتطيعُ القِيامَ بهذه العمليَّةِ الكيماويَّة المُمَيَّزة إلَّا النَّباتاتُ وبعضُ البَكْتِريا فقط.

هنالكَ خلايا كثيرةٌ في كُلِّ نَبْتةٍ؛ ولِكُلِّ مَجْموعةٍ من هذه الخلايا وظيفَتُها الخاصَّة. أجزاءُ النَّبْتةِ الرئيسيَّةُ هي الجُذورُ والسَّاقُ والأوراقُ والأَزْهار.

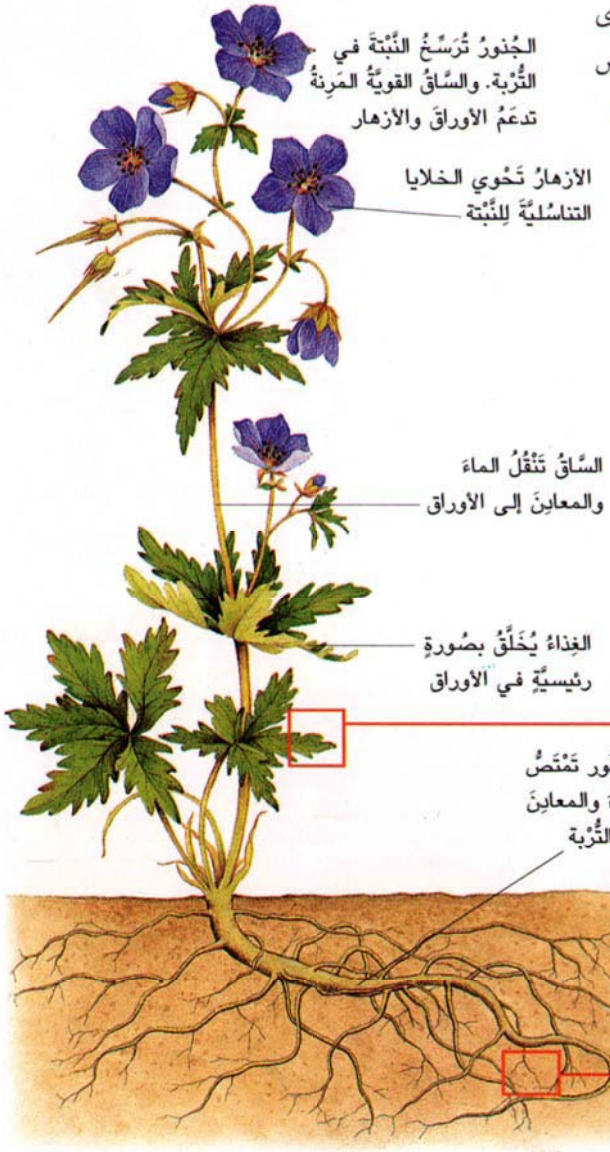


الخَلايا النباتيَّةُ جاسِئةٌ قاسِيةٌ لأنَّها ذاتُ جُدرانٍ من السِّلْيُولوز القَسِيّ؛ والحُويصِلاتُ تَخْتَزِنُ الماءَ؛ وجُبَيْلاتُ اليَخْضور تَحْتَبِسُ طاقةَ ضوءِ الشَّمْس.

أشكالُ الأوراقِ مُتعَدِّدةٌ، لكِنَّها كُلَّها مُتماثِلَةُ التَّصميمِ الأساسيّ. فَنَصْلُ الوَرقةِ يَنْمو من سُوَيق يُدعى العُنَيْق، والعُروقُ تَنْقُلُ الماءَ والمعادِنَ والسُّكَّر.



خلايا الورقةِ مُرْتَصَّةٌ بِجُبَيْلات اليَخْضور. يَمُرُّ غازُ الأكسجين وغازُ ثاني أكسيد الكربون عَبْرَ مَسامَّ دَقيقةٍ تُسَمَّى ثُغَيْرات.



يُمْتَصُّ الماءُ والمَعادِنُ بواسِطةِ الشُّعَيْراتِ الجَذْريَّةِ وتُنْقَلُ حولَ النَّبْتةِ بأوعيَةٍ أُنبوبيَّةٍ في النَّسيجِ الخَشَبيّ واللِّحاءِ الداخليّ. وتَحْمي نُقْطَةَ نمُوِّ الجَذْرِ قَلَنْسوةٌ (كُمَّةٌ) عاسِيَة.

الجُذُور

الجُذورُ تُرَسِّخُ النَّبْتةَ في الأرض. هي تَمْتَصُّ الماءَ والأَملاحَ المَعْدِنيَّةَ من التُّرْبةِ عَبْرَ شُعَيْراتٍ دَقيقة. وتَحْمي القَلَنْسوةُ رأسَ الجَذْر وهو يَشُقُّ طريقَهُ عَبْرَ التُّرْبةِ بَحْثًا عن الماء.

السَّاق

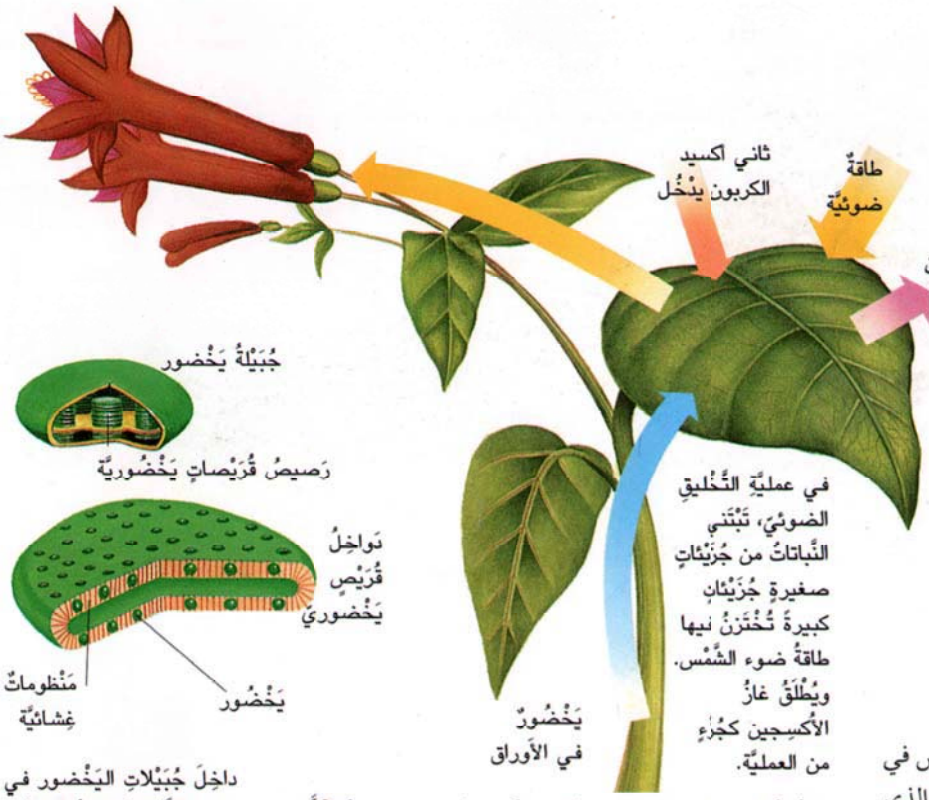
السَّاقُ تَدْعَمُ الأوراقَ والأَزْهار. والأوعيةُ الأُنبوبيَّةُ بداخلِها تَنْقُلُ الماءَ والغذاءَ، وفي بعض النَّباتات تَخْتَزِنُهما. عندما تكونُ هذ الأوعيةُ مُكْتَنِزةً بالماءِ تكونُ السَّاقُ قويَّةً مُشْتَدَّةً؛ وعند الإفْتِقارِ إليه تَغْدو السَّاقُ ضَعيفةً رِخْوةً فتَذْوي النَّبْتةُ وتَذْبل. أمَّا خَشَبُ الشَّجَرِ فهو في الواقِع كُتْلةٌ من الأوعِيةِ الأُنبوبيَّةِ المُتَيَبِّسة.

الأَوْراق

الأَوْراقُ هي مَصانِعُ الغِذاءِ في النَّبْتة. فخَلاياها تَحْوي اليَخْضورَ (الكلوروفيل) الذي يَستَخْدِمُ طاقةَ ضَوءِ الشَّمْس في تَخْليقِ الغِذاءِ من ثاني أكسيد الكربون في الهواء والماءِ الذي تَمْتَصُّه الجُذورُ من التُّربة. العُروقُ تَنْقُلُ الماءَ إلى الأوراق، ومن ثَمَّ الغِذاءَ المُصَنَّعَ في الأوراقِ إلى بَقيَّةِ أجزاءِ النَّبْتة.

الأَزْهار

في الكثيرِ من النباتات، الأزهارُ هي الأجزاءُ التناسُليَّة. مُعْظَمُ الأزهار تحوي أَعضاءً ذَكَريَّةً (أَسْدِيَة) وأعضاءً أُنثويَّة (مِدقَّات). يُخَلِّقُ الجُزْءُ الذكريُّ حُبَيْبات اللَّقاح التي تُلقِّحُ الجُزْءَ الأُنثويَّ (غالِبًا في زَهْرةٍ أُخرى). هذا التلقيحُ (أو التأبير) يُنْتِجُ بِزْرةً يُمكِنُ أن تَنْمُو منها نَبْتةٌ جديدةٌ. بعضُ النَّباتات تَنْشُرُ حُبَيْباتِ لَقاحِها من نَبْتةٍ إلى أُخرى بواسِطةِ الرِّيح، وبعضُها الآخَرُ يَعْتمِدُ على الحَشَراتِ وحيواناتٍ أُخرى لِنَقْلِ هذه الحُبَيْبات. بعضُ الأزهار تَنْمُو مُفْرِدةً، وبعضُها الآخرُ يُشَكِّلُ عناقيدَ زَهْريَّة. والأَزْهارُ في مُعْظَمِها



ذاتُ ألوانٍ رائعةٍ ورَوائحَ زكيَّةٍ، لكِنَّ البَعضَ منها باهِتُ اللَّون عديمُ الرائحة.

داخِلَ جُبَيْلاتِ اليَخْضور في خلايا النَّبْتة، تَتواجَدُ أكداسٌ من قُرَيْصاتِ اليَخْضور الدقيقة. كُلُّ قُرَيْصٍ منها يَحْوي يَخْضُورًا يَمْتَصُّ أشِعَّةَ الضَّوء.

أوراقُ الميمُوزا پُوديكا، «المُسْتَحِيَة أو النَّبْتةِ الحَسَّاسة» تَنْطبِقُ معًا عندما تُلْمَسُ. هذه الحَرَكةُ الدِّفاعيَّةُ تُحْدِثُها تَغَيُّراتٌ في الضَّغْطِ ضِمْنَ بعضِ الخلايا.

أشواكُ الوَردِ الحادَّةُ هي أوراقٌ مُحَوَّرةٌ، تَمْنَعُ الحيواناتِ الجَوعَى من الْتِهامِ أوراقِ النَّبْتةِ وثِمارِها وأَزْهارِها.

اُنْظُر أيضًا

اللَّازَهْريَّات ص 58
النباتاتُ المُزْهِرة ص 59 – 61
الثِّمارُ والبُزُور ص 62 – 63

بواطِنُ وظَواهِرُ الحياة النباتيَّة

عمليَّةُ تَصْنيعِ الغذاءِ في أوراقِ النَّبات تُسَمَّى التَّخْليقَ الضَّوئيَّ (أو التمثيلَ الكلوروفيليّ). فالماءُ من الجُذورِ وغازُ ثاني أكسيد الكربون من الهواء يَتَّحدانِ كيماويًّا في هذه العمليَّة لِيُنْتِجا الغلُوكوزَ (نوعًا من السُّكَّر) وغازَ الأكسِجين. تَستَخْدِمُ النَّبْتةُ الغلُوكوزَ كوَقُودٍ لإنتاجِ الطاقة في عمليَّةِ التنَفُّس.

تَترابطُ جُزَيْئاتُ الغلُوكوز معًا في سِلْسِلتَيْن طويلتَيْن، إحداهُما تُسَمَّى السِّليُولوز، الذي يُستَخْدمُ في النمُوِّ وبناءِ جِسْمِ النَّبْتة، والسِّلْسِلةُ الأُخرى هي النَّشا الذي يُسْتَخْدمُ كمَخْزونِ غِذاءٍ احْتِياطيّ. كذلك تُصَنِّعُ النَّباتاتُ أيضًا حوامِضَ أمينيَّةً للپروتينات والأنزيمات والهُرْمونات.

هذه الصُّوَرُ المُتَعاقبة زَمَنِيًّا تُبَيِّنُ زَهْرةَ زَنْبقٍ تَتَفَتَّح. الكثيرُ من الأزهارِ يُؤَبِّرُ بواسطةِ الحَشَراتِ التي تَجْتذِبُها ألوانُ التَّوْيجيَّات الزَّاهِيَة والرَّحيقُ الطَّيِّبُ المَذاق والرَّائحة. وَسَطُ الزَّهْرةِ، حيثُ تَتواجَدُ أعضاءُ التناسُل، هو المِنْطقَةُ المُسْتَهْدفةُ للحَشَراتِ الزَّائرة.

اللَّازَهْريَّات

مُنْذُ حَوالى 400 مِليون سَنة، بدأَتِ النَّباتاتُ تَسْتوطِنُ اليابِسة - فكانت أسلافَ بعضِ أنواعِ النَّباتاتِ المُتواجدة حاليًا كالسَّراخِس والكُنباثيَّاتِ (أذناب الخَيْل) والحَزاز والكَبِديَّات.

▲ تَتكتَّلُ الحزازيَّاتُ معًا، مُكَوِّنةً غالبًا حُصُرًا كَثيفةً لا تَسْتَطيعُ أيُّ نباتاتٍ أُخرى العيشَ فيها. الاسمُ العِلْميُّ لهذا الحَزاز هو لِيُوكُبْرِيُوم غلوكُم.

في عُصورٍ ما قَبْلَ التاريخ، كانت الأرضُ مُغَطَّاةً بحَصيرٍ كَثيفٍ من السَّراخسِ والكُنْباثيَّات والكَبِدِيَّات وحَزازيَّاتِ رِجْل الذئب. هذه النَّباتاتُ لا تزالُ شائعةً حاليًّا؛ وهي تُمَثِّلُ بعضَ أبسَطِ الأنواعِ البِدائيَّة في عالَمِ النَّبات. وخِلافًا للنَّباتاتِ المُزْهِرةِ الأكثرِ مألوفيَّةً، فإنَّ تلك النَّباتاتِ اللَّامُزْهِرةَ تَفْتَقِرُ إلى الأزهارِ أو البُزُور. وهي تَسْتَعيضُ عنها للتَّكاثُرِ بِبَثْرٍ وَحَداتٍ تناسُليَّةٍ دَقيقةٍ تُسَمَّى الأبواغَ في التيَّاراتِ الهوائيَّة.

الحَزازُ والكَبِديَّات

الحَزازُ والكَبِديَّاتُ تؤلِّفُ شُعبةَ الحَزازيَّات في عالَمِ النَّبات. وخِلافًا لِلنَّباتاتِ المُزْهِرةِ، فإنَّ الحَزازيَّاتِ لا جُذُورَ حقيقيَّةً لها؛ فَتَسْتَعيضُ عنها بشِبْهِ جُذُورٍ خيطيَّةٍ ضَحْلةٍ تُثَبِّتُ النَّبْتةَ في الأرض دونَ أن تكونَ لها القُدرةُ على امْتِصاصِ الماءِ أو الغِذاء. والحَزازيَّاتُ ذاتُ أوراقٍ عديمةِ العروق، ومُعْظَمُ أنْواعِها صَغيرٌ نَوعًا.

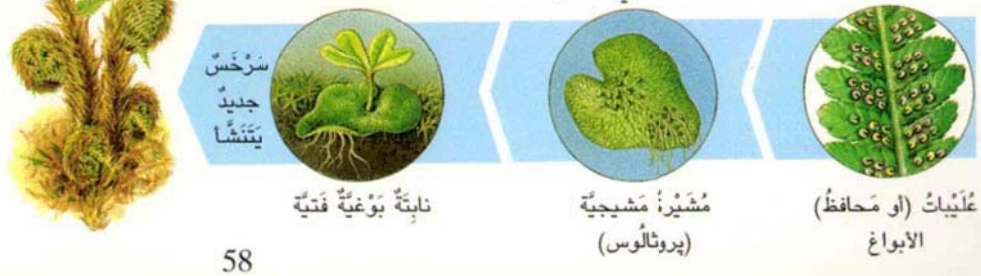
يَنْزِعُ الحزازُ والكَبِديَّاتُ إلى الأماكنِ الظَّليلةِ الرَّطْبة، لكِنَّ الحَزازَ قد يتلَصَّقُ بالفُسَحِ المكشوفةِ على الصُّخورِ والجُدْران. ويُكَوِّنُ حَزازُ الإسفَغْنُون حُصُرًا سَميكةً في المناقِعِ والسَّبَخات. وتَتحوَّلُ البَقايا المَذْهوكةُ لهذه النَّباتاتِ المَيْتةِ في نِهايةِ المآلِ إلى خُثّ.

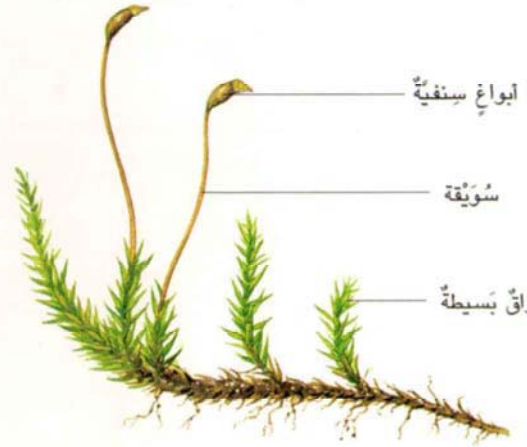
كُزْبَرَةُ البئرِ الطِّحاليَّة واحدةٌ من 10 000 نوعٍ من السَّراخِس المَعْروفة. والسَّراخِسُ إجمالًا، مع الحَزازيَّات والكُنباثيَّات (أذناب الخَيْل) والكَبِديَّات هي من أبْسَطِ الأنواعِ النباتيَّةِ البِدائيَّة.

الكُنْباثيَّات (أَذْنابُ الخَيْل)

هنالك 29 نوعًا من أذنابِ الخَيل تَنْتَمي كُلُّها إلى جِنْسِ الكُنباثيَّات (الإكْوِسِيتُوم). وهي نباتاتٌ مُتمَفْصِلةٌ، شَبيهة بالأسَل (السّمار) تنمُو في التُّرَبِ المَنْقعيَّةِ الرَّطْبة، وتَحوي سُوقُها كمِّيَّاتٍ قليلةً من المَعادن، بما فيها الذَّهَب.

يُبَيِّنُ الرَّسْمُ أدناه مَراحِلَ نمُوِّ نَبْتةِ سَرْخسٍ نَمُوذَجيَّة. تَنْتَثِرُ الأبْواغُ من عُلَيْباتِها (مَحافظِها) بواسِطةِ الرِّيح. وقد يَحُطُّ بعضُها على بُعْدِ عِدَّةِ كيلومتراتٍ من النَّبْتةِ الأُمّ. يَنْمُو البَوغُ إلى مُشَيْرةٍ مَشيجيَّة (پروثالُوس) تتَنشَّأُ منها نابتَةٌ بَوغيَّةٌ فَتيَّةٌ تتحَوَّل إلى سَرْخسٍ بالِغ. وهذا السَّرْخسُ يُنَمّي، في أعلاه، الرأسَ المُعكَّفَ النموذجيَّ الكَمَنْجيَّ الشَّكْل.





لِلحَزازيَّات شِبْهُ جُذُورٍ خيطيَّة بدَلَ الجُذُورِ الحقيقيَّة، وأوراقُها عديمةُ العُروق. وهي تُنْتِجُ بدَلَ الأزهارِ بِنًى تناسُليَّةً تُسَمَّى أسنافًا بَوْغيَّةً.

السَّراخِس

تَنْمُو معظمُ السَّراخسِ في الأماكنِ الظَّليلةِ الرَّطْبة. في البِدايةِ، تتعكَّفُ الأوراقُ السَّرْخسيَّةُ (السَّعَفات) في رأسٍ كَمَنْجيِّ الشَّكْل لكِنَّها تَنْبَسِطُ مع تَنامي النَّبْتة. وتتواجَدُ تحتَ كُلِّ سَعَفةٍ مَحافِظُ (عُلَيْبات) الأبواغ. ومِنْ ثَمَّ تَنْتَثِرُ الأبواغُ بواسِطةِ الرِّيح وتَحُطُّ على الأرض - فَيُنْبِتُ بَعضُها پروثالُوساتٍ (مُشَيْرًا مَشيجيَّةً) ذاتَ خلايا ذَكَريَّةٍ وأُنثويَّة. وتَعتمِدُ نَبْتةُ السَّرْخس الجديدةُ في غِذائها على جِسْمِ البروثالُوس حتَّى تُنْبِتَ جُذُورًا وتَسْتطيعَ العَيْشَ مُسْتَقِلَّة.

قد تَعْلُو السَّراخِسُ الشَّجريَّةُ المَداريَّةُ إلى ارتفاع 24 مترًا. وهي ذاتُ جُذوعٍ خَشَبيَّةٍ دُونَ أغصانٍ، يُعَمِّمُها تَحشُّدٌ قِنْويٌّ من السَّعَفاتِ أو الأوراق الرِّيشيَّة.

سَرْخس شَجَريّ

سَعَفة (ورقةُ سرخَس)

اُنْظُر أيضًا

الحياة: الأُصولُ والتطَوُّر ص 50 - 51، النَّبات - عَرْضٌ تَشْريحيّ ص 56 - 57، الحَيُوماتُ والمواطِنُ البيئيَّة ص 68 - 69
إنقاذُ الغاباتِ المَطيرة ص 438 - 439

النَّباتاتُ المُزْهِرة

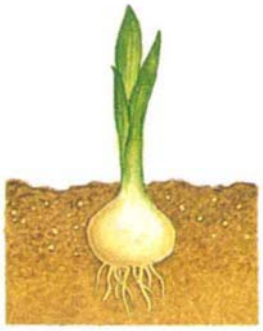
النَّباتاتُ المُزْهِرةُ (أو وِعائيَّاتُ البُزُور) هي الأنْجَحُ بينَ جميعِ النَّباتات. تتكاثَرُ وِعائيَّاتُ (أو مُغَلَّفةُ) البُزُورِ بِبُزُورٍ تَتَنَشَّأُ وتَنْمُو في مَبِيضاتِ أَزْهارِها.

تُعتَبرُ النَّباتاتُ المُزْهِرةُ، وِعائيَّاتُ البُزُور، من بين أَنْجَحِ المُتَعضِّيات على الأرض. وهي تَشْمَلُ مُعْظَمَ نَباتاتِ حَدائقنا، ومَحاصيلِنا الزِّراعيَّة، والأزهارَ التي تُزرَعُ غالبًا للزِّينة. ويَتراوحُ قَدُّ هذه النباتاتِ بين أعشابِ البَرَكِ الدقيقةِ وبينَ الأشجارِالكبيرةِ كالبَتُولا والبَلُّوط. أَجِنَّةُ وُعائيَّات البُزُور الناميَةُ مُحاطةٌ بِبِنًى خاصَّةٍ، ضِمْنَ الزَّهْرة، تُسَمَّى بُزُورًا؛ وبعدَ الإخصابِ تُصانُ البُزُورُ داخِلَ الثَّمَرة. وهكذا، تتوَفَّرُ للنَّباتاتِ المُزْهِرةِ إستراتيجيَّةُ بَقاءٍ أَقَلُّ خَطَرًا من أَنواعِ نباتاتٍ أُخرى. ولعَلَّ ذلك من أسبابِ نَجاحِها وازْدِهارِها.

الفِلْقَةُ هي الجُزْءُ الوَرَقيُّ من جَنينِ النَّبْتة. وهي تُوَفِّرُ للجَنين المُغَذِّياتِ التي يَحتاجُ إليها خِلالَ فَتْرَتَي الإنتاشِ والنَّماء.

العالَمُ أغْنَى بِها

يعتقِدُ العُلماءُ أنَّ النَّباتاتِ المُزْهِرةَ قد تَطَوَّرَت من مَجموعةٍ صَنَوبَرِيَّاتٍ بائدةٍ عاشَت منذُ حوالى 250 بليون سَنة في العَصْرِ البرميّ. وبتَطوُّرِها، كان لِتِلكَ النَّباتاتِ المُزْهِرة تأثيرٌ عظيمٌ على المُتَعضِّياتِ الحيَّةِ الأُخرى. فالكثير من الحيواناتِ اغتذَى بها قُوتًا أو استَمْتَع بما تحويه أزهارُها من رَحيق (مِغْثِر). وبعضُ الحيَوانات اتَّخذَ منها وفيها مَلجأً وبيئةَ عَيْش. وبها وبأزهارِها أضحى العالَمُ، بمُختَلِف كائناتِه، أجمَلَ وأغنَى.

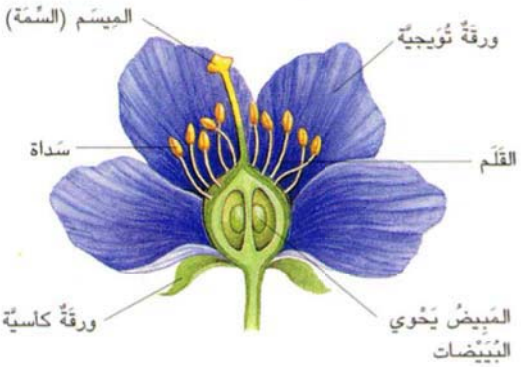


▲ تتميَّزُ أُحاديَّاتُ الفِلْقة بأوراقٍ مُتَساوِية التَّعْريق تَنْمُو من قاعدةِ النَّبْتة. وأجزاءُ الزَّهْرةِ فيها عادةً ثُلاثيَّةُ التَّضاعُف.

فِئتان رَئيسيَّتان

هنالك فئتانِ رَئيسيَّتان من النَّباتاتِ المُزْهِرة تَتمايَزان بطريقةِ تَكَوُّنِ أوراقِهما عندَ إنتاشِ البِزْرةِ ونُمُوِّها. الفئةُ الأُولى

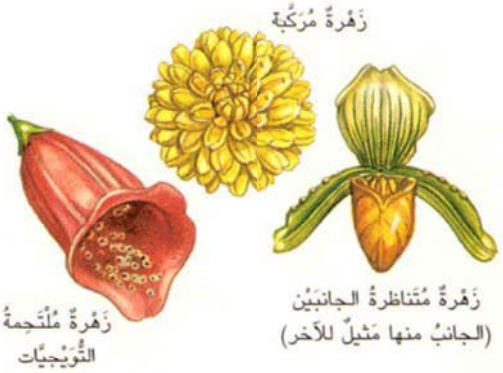
أجزاءُ الزَّهْرة



وِعائيَّاتُ البُزُور تُبْرِزُ أعضاءَ التناسُل فيها للمُبَثِّراتِ الحشَريَّةِ المُحْتَمِلة بواسِطةِ أزهارِها، التي أيضًا تَحْمي هذه الأعضاء. الأسْدِيةُ تُنْتِجُ خلايا جِنْسيَّةً ذَكَريَّةً تُسَمَّى حُبَيْباتِ اللِّقاح (غُبارَ الطَّلْع). وهذه تُنْقَلُ إلى الخلايا الجِنْسيَّةِ الأُنثويَّة، المُسَمَّاةِ بُيَيْضاتٍ، عَبْرَ المِيسَم (السَّمَة).

المُسَمَّاةُ أُحاديَّاتِ الفِلْقة ذاتُ ورقةٍ (فِلْقة) بِزْريَّةٍ واحدة. والفئةُ الثانية، المُسَمَّاةُ ثُنائيَّاتِ الفِلْقة، ذاتُ ورَقتين بِزْريَّتَيْن. أُحاديَّاتُ وثُنائيَّاتُ الفِلْقةِ تَخْتلِفان في نواحٍ عِدَّة. فأوراقُ ثُنائيَّاتِ الفِلْقة، مثلًا، تكونُ عادةً عَريضةً وتَنْمُو من طَرَفِها القِمِّيّ. كما إنَّها تَتَّخِذُ أشكالًا مُتعَدِّدة، وحَوافُّها إمّا مَليسةٌ أو غَيْرُ مُنْتَظِمة. أمّا أوراقُ أُحاديَّاتِ الفِلْقة فنَصْليَّةٌ (طويلةٌ ضَيِّقةٌ) كوَرقةِ العُشْب. وهي تَنْمُو عادةً من القاعِدة – لا مِن طَرَفِها القِمِّيّ. لذا فإنَّ الأعشابَ لا تَذْوي وتَموتُ عندما تَقْضِمُ الحيَواناتُ رُؤوسَها. أمّا أوراقُ ثُنائيَّات الفِلْقة فتَموتُ عادةً عندما تُقْضَمُ رُؤوسُها. ◄

◄ البُستانيُّونَ يَخْتارون مُمَيِّزاتٍ نَوعيَّةً خاصَّةً عندَ استِيلادِ أزْهارِ الحدائق الزِّينيَّة.



▲ تَتَّخِذُ الأزهارُ تَصاميمَ مُتَفاوِتةً عديدةً تَعكِسُ تَنَوُّعَها الهائل. فزَهْرةُ الأُقحوان مِثالٌ على زَهْرةٍ مُرَكَّبة، والقِمْعيَّةُ الأُرجوانيَّةُ (الدِّيجيتالِس) مُلتحِمةُ التُّوَيْجيَّات، والزَّنابقُ ثُنائيَّةُ التَّماثُل (مُتَناظِرةُ الجانبَيْن).

على مَدى العُصور طوَّرت بعضُ النَّباتات أَزْهارًا تُحاكي الحَشَرات لِاجْتذابِها كمُبَذِّراتٍ مُحتَملة. فزَهْرةُ الأركيد (السَّحلَبيَّة) النَّحليَّةُ شَبيهةٌ بالنَّحْلة. فتُقارِبُها النَّحْلُ العابِرةُ للتزاوُج فتَجْمَعُ حُبَيْباتِ اللِّقاح وتُبَذِّرُ بها الزَّهْرةَ التاليةَ التي تَحُطُّ عليها.

النَّباتاتُ المُزْهِرةُ التي تَعيشُ في الصَّحاري الحارَّة، كالصَّبَّارِ المُبَيَّن أعلاه، تُزْهِرُ بِسُرعةٍ بعدَ الأَمطارِ المَوسِميَّة، وتُنْتِجُ بُزُورًا قد لا تُنْبِتُ حتَّى مَوسِمِ المَطر التالي.

خَنَّاقُ الذُّباب نَبْتةٌ لاحِمةٌ تَغْتذي بالحَشَرات. ولَوْنُ أوراقِها المُحَوَّرةِ الأحمَرُ الزَّاهي يَجْتَذِبُ الحَشَرات، فتُحْتَبَسُ الحَشَرةُ عندما تُطْبِقُ عليها تلكَ الأوراق بِحَرَكةٍ خاطِفة.

وثُنائيَّاتُ الفِلْقة ذاتُ سُوقٍ مُعَقَّدةٍ خَشَبيَّةٍ أو رِخْويَّةٍ لَيِّنة. وفي داخِلِ السَّاقِ حُزَمٌ أُنبوبيَّةٌ مُنْتَظِمةٌ حَلْقيًّا حولَ لُبٍّ مَرْكزيّ. وهذه الأنابيبُ أو الحُزَمُ الوِعائيَّةُ هي بِنًى مُهِمَّةٌ تَنْقُلُ الماءَ والأَملاحَ والمُغَذِّياتِ حولَ النَّبْتة. ومع تَنامي النَّبْتةِ الخَشَبيَّةِ الثّائيَّةِ الفِلْقة، تُضيفُ السَّاقُ حَلَقاتِ نُموٍّ جديدةً. فتَثْخُنُ وتَغْلُظ. أمَّا بتنامي النَّبْتةِ الأُحاديَّةِ الفِلْقةِ فإنَّ السَّاقَ تطولُ دونَ أن تَثْخُنَ ودونَ إضافةِ حَلَقاتِ نموٍّ جديدة.

النُّمُوُّ النَّباتيُّ

النَّباتاتُ، خِلافًا لِلحيَوانات، تَسْتَمِرُّ في النُّمُوِّ طَوالَ حياتِها. وفي الظُّروفِ المُؤاتيَةِ، تَنْمُو بعضُ النَّباتاتِ بِسُرعةٍ فائقة. ففي مُناخِ الغاباتِ المَداريَّةِ المَطيرةِ، يُمكِنُ أن تنمُوَ نَبْتةُ الخَيْزُرانِ (القصَب) 30 سم في اليوم.

الكثيرُ من النَّباتاتِ حَوليٌّ، أي إنَّ النَّبْتةَ منه تَنْمُو وتُزْهِرُ وتُبْذِرُ وتَموتُ في مَدى عامٍ واحد. وبعضُ النَّباتات مُحْوِلٌ أي ثُنائيُّ الحَوْل، تَتْبَعُ النَّبْتةُ منه دَورةً حياتيَّةً من عامَيْن. فهي تُنْمي ساقًا وبِضْعةَ أوراقٍ خِلالَ الصَّيْفِ الأوَّل. ثُمَّ، بعدَ الضَّقيعِ الأوَّل، تَموتُ تِلك السَّاقُ والأوراقُ ولا يَبْقَى من النَّبْتةِ إلَّا الجُذُور. وخِلالَ مَوسِمِ النَّماءِ الثاني تُنَمِّي النَّبْتةُ ساقًا جديدةً وكَثْرةً من الأوراق وأزهارًا زاهيةَ الألوان تُنْتِجُ البُزُور. وتَموتُ ثُنائيَّاتُ الحَوْل بعدَ عامِها الثاني. وبعضُ النَّباتاتِ مُعَمَّر يَعيشُ أكثرَ من سَنَتَيْن ويُثْمِرُ عِدَّةَ مَرَّاتٍ في حياته. ومن هذه النباتاتِ ما له سُوقٌ عُشبيَّةٌ تَموتُ سوقُه وأوراقُه في الشِّتاء، كالنَّجيلِ وزَهْرةِ الرَّبيع. وتَبْقى الجُذُورُ فتعودُ النَّبْتةُ على مَدى مواسِمَ مُتَعاقبة. ومنها ما له سُوقٌ خَشَبيَّةٌ كالشَّجر.

إستراتيجيَّاتُ التَّناسُل

أبواغُ عَيشِ الغُراب (وهي وَحَداتُ التكاثُر) تَنْتَشِرُ مع الرِّيح

الفنيسْتريا نَبْتةٌ في إفريقية الجَنوبيَّة تَقْبَعُ أوراقُها محميَّةً تحتَ الرَّمْل، ولا يَبْرُزُ منها فوقَ سَطْح الأرض سِوى رُؤوسِها لِامْتِصاص ضوءِ الشَّمْس.

بالملايين. لكِنَّ قِلَّةً منها فقَط تَسْقُطُ في مَواقِعَ مُلائمةٍ لِتَنْمُو كفُطُورٍ جديدةٍ من عَيْشِ الغُراب. إستراتيجيَّةُ النَّباتاتِ المُزْهِرة أقَلُّ مُخاطرةً لأنَّها لا تَعتمِدُ على الإخصاب (التلقيح) صِدْفةً. فالخلايا الذَّكَريَّةُ (حُبَيْبات اللِّقاح) تَتَّحِدُ بالخلايا الأُنثَويَّةِ (البُيَيْضات) لِتُنْتِجَ جَنينًا مُحْتَوًى في بِنْيَةٍ واقِيةٍ هي البِزْرة. ثُمَّ تُنْثَرُ البُزُورُ بوَسائلَ عديدةٍ - حَمْلًا مع الرِّيح أو بواسِطةِ حيَواناتٍ تَتَمَسَّحُ بالنَّبْتةِ، أو قد يَلْتَهِمُها مع النَّبْتةِ حيوانٌ فيَنْثُرُها لاحِقًا في رَوْثِه.

دَواخِلُ الزَّهْرة

رُغْمَ التنَوُّعِ الهائلِ في نَمَطِ الأَزْهار، فهي كُلُّها تُزْهِرُ بِطَريقةٍ مُماثِلة. هنالك عادةً أربَعُ مَجْموعاتٍ رئيسيَّةٍ من الأَعضاءِ الزَّهْريَّة هي الكأسِيَّاتُ والتُّوَيْجيَّاتُ والأَسْدِيَةُ (تتألَّفُ السَّداةُ من مِئبرٍ وخيط) والمِدَقَّات (تتألَّفُ المِدقَّةُ من مِيسَمٍ وقَلَمٍ ومَبيض). وتُسَمَّى هذه الأعضاءُ مُجْتَمِعةً حَوِيَّةً أو دَوَّارةَ الزَّهْرة، وقد تَتَراتَب في نَسَقٍ لَوْلَبيٍّ أو في المُسْتَوى نَفْسِه.

◄ يَزْدرعُ المُزارعون كثيرًا من النَّباتاتِ المُزْهِرة كنَبَتاتِ الشَّاي والبُنِّ، التي تُحَضَّرُ منها أشربةُ الشاي والقهوة. وتُسْتَنْبَتُ نَباتاتٌ مُزْهِرةٌ أُخرى لِخَصائصها الطِّبِّيَّة - كالقِمْعيَّاتِ الأُرجوانيَّة، مثلًا، التي يُسْتَخْرَجُ من أوراقِها مادَّةُ الدِّيجيتالِس الكيماويَّة المُستخدَمةُ في مُعالجةِ حالاتٍ قَلْبيَّةٍ مُعَيَّنة. أمَّا نباتاتُ عبّادِ الشَّمْس (الطُّرْنْشول أو دَوّار الشَّمْس) المُبَيَّنةُ هنا فتُزْرَع لِبُزُورِها التي يُسْتَخْرَجُ منها زَيْتُ دَوّار الشَّمْس.

السُّبُلةُ (ثَعلبيَّةُ المُروج) والخَرْطالُ العالي (إلى اليمين) هما نَبْتتان مُتداخِلَتان من مَجْموعةِ الأعشابِ الأحاديَّةِ الفِلْقة. امّا غُرْنوقيَّةُ المُروج (إبرةُ الراعي) (إلى اليَسار) فهي من ثُنائيَّاتِ الفِلْقة.

الكأسيَّاتُ هي وُرَيْقاتُ الطَّبَقةِ الخارجيَّةِ الخَضْراءِ من الزَّهْرة؛ ووَظيفَتُها الأساسيَّةُ هي حمايةُ بُرْعُمِ الزَّهْرة ودَعْمُ التَّوَيْجيَّاتِ المُرْهَفة. وتُؤلِّفُ التَّوَيجيَّاتُ الزَّاهيةُ الألوان الطبقةَ الثانية من الزَّهْرة؛ وهي تَجْتَذِبُ الحَشَراتِ بألوانِها ورَوائحِها والمِغْبَر (الرحيق الحُلْو المَذاق) الذي تُنْتِجُه.

في قَلْبِ الزَّهْرة تَتواجَدُ الأسْدِيَةُ والمِدَقَّة، الأسْدِيَةُ تتواجَدُ داخلَ التَّوَيْجيَّات؛ وتتألَّفُ السَّداةُ من رأسٍ – هو المِئبرُ الذي يُنْتِجُ خلايا جِنْسيَّةً ذَكَريَّةً تُسَمَّى حُبَيْباتِ اللَّقاح (أو غُبارَ الطَّلْع) – ومِن خَيْطٍ يَصِلُ المِئبرَ بالزَّهْرة.

خِلالَ عَمليَّةِ التأبير (التلقيح)، تُنْقَلُ حُبَيْباتُ اللَّقاحِ من المِئبَرِ إلى المِيسَم (السِّمَة). وما إنْ تَعْلَقُ حبَيْبةُ اللَّقاح على المِيسَم، حتى تُرسِلَ أُنبوبًا يَنْمُو نُزُولًا عَبْرَ القَلَمِ إلى المَبيض – حيثُ تُخصِبُ الخلايا الذَّكَريَّةُ البُيَيْضات. بعدَ عمليَّةِ الإخصاب، تَتَطوَّرُ البُيَيْضاتُ إلى بُزُورٍ وتَذْوي الزَّهْرةُ. ومن ثَمَّ تُسَخِّرُ النَّبْتةُ جُلَّ طاقتِها في إنتاجِ الثِّمار لحِمايةِ البُزُورِ المُتَنَشِّئة.

أَزْهارٌ مُفْرَدةٌ ومُرَكَّبة

بَعضُ النَّباتاتِ تُنْتِجُ أزهارًا مُفْرَدةً – كُلٌّ منها تَعْتلي سُوَيْقَتَها الخاصَّة. أمّا الأزهارُ المُرَكَّبةُ، كدَوَّارِ الشَّمْس والأُقْحُوان، فهي في الواقعِ زُهَيْراتٌ كَثيرةٌ مُنْتَظِمةٌ في مَجْموعةٍ تُسَمَّى ازْهِرارًا. بعضُ التَوَيْجيَّاتِ الزَّهْريَّةِ تَلْتَحِمُ معًا بشَكْلِ أُنبوبٍ أو قِمْع، وبَعْضُها الآخَرُ غيرُ دائريٍّ بَلْ جانبيٌّ التناظُر (الجانبُ منها مَثيلٌ للآخَر). وبعضُ الأزهارِ عديمُ التَّوَيْجيَّات كازْهِراراتِ البُندق السُّنْبُليَّة. وكثيرٌ من الأزهار يَنْغلِقُ لَيلًا أو في الطَّقْسِ البارد، وبَعْضُها قد يَنْغلِقُ حتّى عندما تَحْجُبُ غَيْمةٌ ضوءَ الشَّمْس.

اكبَرُ زَهْرةٍ في العالَم هي زَهرةُ نباتِ الرَّفْليزيا – النباتِ المسْخ العديم السَّاق والأوراق والذي يَعيشُ مُتَطفِّلًا على سُوق بعض أنواع الكرمَة في جراج جاوة وسومَطرة. يَبْلُغ قُطْرُ زَهرةِ الرَّفليزيا قُرابةَ المِتر؛ وتُبْتَعَثُ منها رائحةٌ كرائحةِ اللَّحْمِ الفاسِد تَجْتَذِبُ بها الذُّباب.

نباتاتُ المَناقِع، كالنِّيْلُوفَريات، مُهايأةٌ بخاصَّةٍ للطَّفْو على سَطْحِ البُحَيْرات والبِرَك الضَّحْلة. جذورُ النِّيْلُوفَر تَتشَبَّثُ بالتُّرْبةِ في قاع البُحَيْرة أو البِرْكة، وتتفَتَّحُ من جوانب أوراقها العِملاقةِ زهورٌ بَيْضاءُ فوّاحة.

الدَّوْرةُ التناسُليَّة

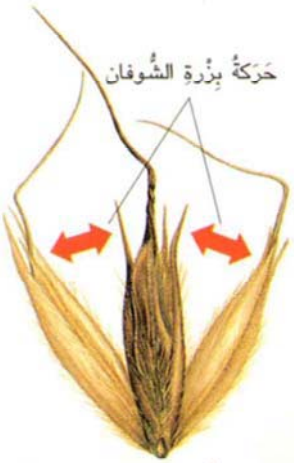
النَّباتاتُ المُزْهِرةُ، كالخَشْخاش، تَحْمي ازهارَها ضِمْنَ بَراعمَ عاسيةٍ حتَّى تَنْضَجَ حُبَيْباتُ اللَّقاح. وعندما تتفَتَّحُ الازهارُ، تُطْلِقُ المآبِرُ الخلايا الجِنْسيَّةَ الذَّكَريَّةَ او حُبَيْبات اللَّقاح. تَنْتقِل حُبَيْباتُ اللَّقاحِ من ازهار نَبْتةٍ إلى ازهارِ نَبْتةٍ أُخرى بواسِطة الحَشَرت (إخصاب تَهْجينيّ)، أو قد تَسْتقِرُّ على مِيسَمِ الزَّهرةِ ذاتِها (إخصاب ذاتيّ). وتَسْتَثيرُ حُبيبةُ اللَّقاح على المِيسَم إنباتَ أُنبوبِ لَقاحٍ دَقيقٍ يَنْمُو عَبْرَ القَلَم نُزُولًا إلى المَبيض والخَلايا البَيْضيَّة. وعندما يَمَسُّ الأُنبوبُ بُيَيْضةً يَنْدَمِجُ بها وتتَّحِدُ حُبَيْبةُ اللَّقاح مع نَواةِ البُيَيْضة. هذه العمليَّةُ تُسَمَّى إخصابًا، ويَنْتُجُ عنها تَنَشُّؤُ جَنينٍ داخِلَ بِنْيةٍ واقيَةٍ تُسَمَّى عُلَيْبةَ البِزْرة.

اُنْظُر أيضًا

النَّبات – عَرْضٌ تشريحيّ ص 56 – 57
اللّازَهْريَّات ص 58
الثِّمارُ والبُزُور ص 62 – 63

الثِّمارُ والبُزُور

بُزُورُ النَّباتاتِ المُزْهِرة توجَدُ داخِلَ الثِّمار. والثِّمارُ جميعُها لها وسائلُها الخاصَّةُ لِنَثْرِ بُزُورِها بالشَّكل الذي يُهيِّئُ لتلكَ البُزورِ فُرصةً أوفَرَ لِلبَقاء.



بُزورُ الشُّوفان تَتْغَرِسُ ذاتيًّا بنَقْبِ التُّربة. ففي كُلِّ بِزْرةٍ بِنْيةٌ طويلةٌ هُلْبيَّةُ الشَّكْل تُسَمَّى الحَسَكة. وأثناء تَجفافِ هذه الحَسَكة، تَلْتَفُّ وتَنْحَلُّ تكرارًا فاتِلةً البِزْرةَ داخِلَ التُّرْبةِ حتَّى تبلُغَ العُمْقَ المُلائمَ لِلإنْتاش.

البُزورُ أجِنَّةٌ أو نَبَتاتٌ كامِنةٌ قائمةٌ بِذاتِها، مُزَوَّدةٌ بِمَدَدٍ غذائيٍّ كافٍ وغلافٍ عاسٍ يَحميها. وما تحتاجُه في هذه الحال هو الإبتعادُ عن أُمِّها لِتَجدَ لها موقِعًا مناسِبًا تَنْمُو فيه. وهي تَسْتطيعُ البَقاءَ لِمُدَّةِ شُهورٍ أو حتَّى سَنَواتٍ بانتِظار الظُّروف المُلائمةِ لذلك.

وعندما تتوفَّرُ هذه الظروف – من حيثُ درجةُ الحرارةِ والضوءُ والرُّطوبةُ المُلائمةُ تأخذ البِزرةُ بالإنتش – فتُنْبِتُ جُذَيْرًا وسُوَيْقةً وتَبْدأ تَتنامى نَبْتةً جديدة.

الثِّمارُ الجافَّةُ والرَّيَّانة

تَتواجَدُ البُزُورُ داخلَ الثِّمار. ومنَ الثِّمارِ ما هو جافٌّ، كعُلَيْبةِ الخَشْخاش وقَرْنِ البسِلَّى، يُطْلِقُ بُزُورَه عَبْرَ ثُقوبٍ أو يَنْشُرها بالتفتُّق والتفتُّح. ومنها ما هو جافٌّ تَشُقُّ بِزْرتُه طريقَها إلى الخارج عَنْوةً عَبْرَ القِشْرةِ كجَوْزةِ البَلُّوط.

هنالك ثِمارٌ رَيَّانةٌ عُصاريَّةٌ كالعِنَبيَّات قد تَحوي أكثرَ من بِزْرةٍ واحدة. الكَرَزُ والمِشمشُ والدراقِن تُنْتِجُ ثِمارًا نَوويَّةً بُزُورها مُغطَّاةٌ بِغلافٍ قاسٍ يُسَمَّى النواةَ أو العجمة. أمَّا ثمرةُ التوت العُلَّيْق فهي عُنْقودٌ من الثُّمَيْراتِ النَّوويَّة، تتواجَدُ

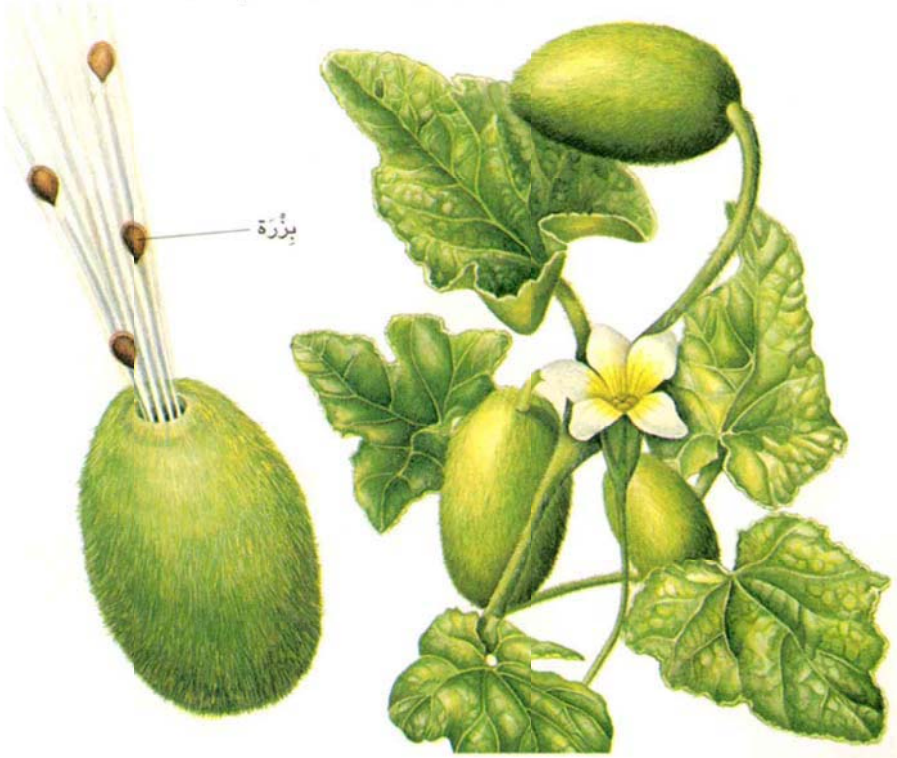
كثيرٌ من البُزُورِ تَنْتَثِرُ مع الرِّيح. وبُزورٌ أُخرى تأكُلها الحيواناتُ ثُمَّ تطرَحُها في رَوْثِها. وبعضُ البُزورِ مُهاياةٌ بزوائدَ خُطَّافيَّةٍ تَعْلَقُ بفِراءِ الحيواناتِ العابِرة.

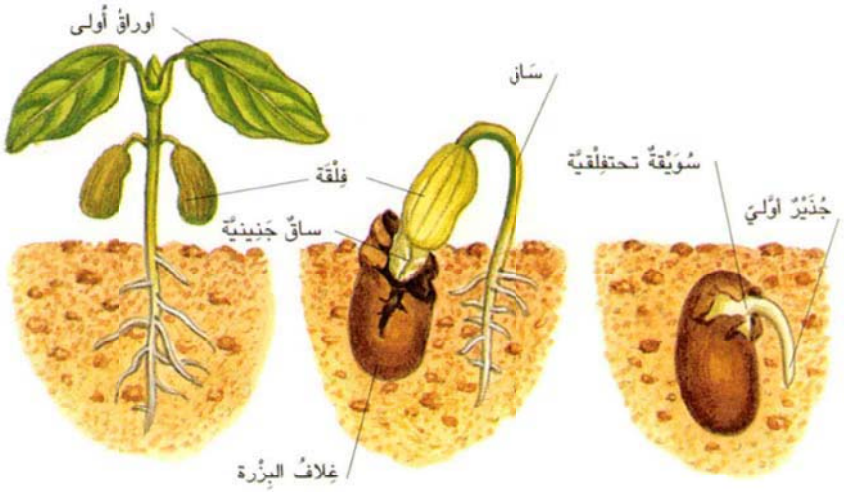
بُزورُها داخلَ الحَبَّاتِ الدقيقة.

هذا وتُسَمَّى ثِمارُ التُّفَّاح والإجَّاص (الكُمَّثْرى) ثِمارًا تُفاحيَّةً. وهي تتألَّفُ من طَبَقةٍ خارجيَّةٍ لَحِيمةٍ (ثَمَرةٍ كاذبة) حولَ لُبٍّ (ثَمَرةٍ حَقيقيَّة) يَحْوي بُزورًا. والتُّفاحيَّاتُ عادةً حُلوةُ المَذاق تستطيبُ الحيواناتُ أكلَها فتُساعِدُ في انْتِشارِ بُزُورِها.

بَراعِمُ المَوْز تَتفَتَّحُ زُهَيْراتٍ تُشَكِّلُ قِنْوًا (قُرْطًا). ويكونُ المَوْزُ، في البِداية، أَخْضرَ. ويُمكِنُ إنباتُ شُجَيْرات موزٍ جديدةٍ بواسِطةِ الفُسولِ أو الأرآد الناشئة على الجُذُور.

تَنْتمي نَبْتَةُ قِثَّاءِ الحِمار إلى فَصيلةِ اليَقْطينيَّات. وهي تَقْذِفُ بُزُورَها في شِبْهِ نافُورةٍ سائليَّة، بتَزايُدِ ضَغْطِ الماءِ داخِلَ الثَّمَرة حتَّى تَنْفصِلَ عن السُّوَيْقة وتُطْلِقَ نافُورةً مائيَّةً تحوي البُزُور.





عندما تَبْدأُ البِزْرةُ بالإنتاش، تَنْفلِقُ أوّلًا وتُكَوِّنُ جُذَيْرًا أوّليًا يَنْدَفِعُ نُزولًا. وتَتفَرَّعُ جميعُ الجُذُور الأُخرى من هذا الجَذْر الرَّئيسيّ. أمّا السَّاقُ فتنمُو من السُّوَيْقةِ التحتفِلْقيّة صُعُدًا عَبْرَ التُّرْبة، وتَنفَصِلُ الفِلْقتان عن غِلافِ البِزْرة. ثُمَّ يَبْدأُ نموُّ الجُذُور وتتكَوَّنُ الأوراقُ الأُولى فيما تنمُو السَّاقُ صُعُدًا نحوَ ضوءِ الشَّمْس.

أزْهارٌ ذَكَريَّةٌ وأُنثويَّة

بعضُ النَّباتاتِ المُزْهِرة، كالكُوسى، تُنْتِجُ أزهارًا ذَكَريَّةً وأُنثويَّةً مُنْفَصِلة على النَّبْتةِ نَفْسها. بينما تُنتِجُ نَباتاتٌ مُزْهِرةٌ أُخرى، كأشجارِ الصَّفْصاف والآسِ البرّيّ (شُرّابة الراعي)، الأزهارَ الذَّكَريَّةَ والأُنثويَّةَ على نَبَتاتٍ مُنْفَصِلة. ولا تُنتِجُ أشجارُ الآسِ البرّيِّ ذاتُ الأزهارِ الذكريّة ثِمارًا. كذلك فإنَّ أشجارَ نَخيلِ البَلَح الأُنثويَّة هي وَحْدَها تُنْتِجُ البَلَح.

بُزورٌ ولا ثِمار

بعضُ النَّباتات، فَضلًا عن السَّراخس والطَّحالب، لا تَحْوي بُزُورًا داخِلَ الثِّمار، كالصَّنَوبريّات.

الصَّنَوبريّاتُ (المَخْروطيّاتُ) في مُعظَمها أشجارٌ وجنَباتٌ. وكثيرٌ منها، كالصَّنَوبَر، ذو أوراقٍ إبريّةٍ رَفيعةٍ جِدًّا. وكُلُّ الصَّنَوبريّات تقريبًا ذاتُ أكوارٍ عاسِيَةٍ – تُنْتِجُ الذكريّةُ منها حُبوبَ اللَّقاح (غُبارَ الطَّلْع)، والأُنثويّةُ تحوي البُيَيْضات. وتَنْقُلُ الرِّيحُ حُبوبَ اللَّقاحِ من الأكوازِ الذكريَّةِ إلى الأُنثويَّةِ لإنتاج البُزُور.

هنالك مَجْموعتانِ صغيرتان قَديمتان من النَّباتات هما: الجِنْكِيّاتُ والسِّيكاسيّات (عارياتُ البُزُور). الجِنْكِيّاتُ ذاتُ أوراقٍ مِرْوَحيَّةِ الشَّكْل وبُزُورٍ لَحِيْمةٍ لا تُضُمُّها أكواز. والسِّيكاسيّاتُ أشبَهُ مَظهرًا بالسَّراخسِ الضَّخْمةِ، لكِنَّها، بخلافِها، تُنْتِجُ أكوازًا بِزْريّةً. أمّا النِلْفِشْيا، وهي نَبْتةٌ غريبةٌ كئيبةُ المَظْهر تكيَّفَت لِلعَيْشِ في الصَّحاري، فذاتُ بُزورٍ تَلْفُّها أوراقٌ مُحَوَّرةٌ تُسَمَّى قُنابات.

اِنْتِشارُ البُزُور

يَعتمِدُ الكثيرُ من النَّباتات على الرِّيح لِنَثْرِ البُزُور. فالخَشْخاشُ ذو عُلَيْباتٍ مَبْهَرِيَّةِ الشَّكْل تَنْتَثِرُ منها البُزُور. أمّا بُزُورُ الطرَخْشَقون فتَتَساقَطُ مع الهواءِ كالباراشوتات. وتَطْرَحُ بعضُ اليَقْطينيّات بُزُورَها بقُوَّةٍ قَذْفًا.

البُزُورُ المُجَنَّحةُ، كبُزُورِ الجُمَّيْز والدَّرْدار هي، في الحقيقة، ثِمارٌ. والبُزُورُ التي تأكلُها الحيواناتُ ذاتُ أغلفةٍ عاسِيَةٍ تَحميها أثناءَ عبُورِها جهازَ الحيَوانِ الهَضْميّ. وبعضُ هذه الأغلِفةِ هي من السَّماكةِ بحيثُ لن تستطيعَ البِزْرةُ الإنتاشَ ما لَمْ يُوَهَّنْ غِلافُها بالعُصارات الهَضْميَّة لِلحيَوان. كما إنَّ رَوْثَ الحيَوان، الذي تَسْقُطُ مَعه البُزُور إلى الأرض، يعمَلُ كسَمادٍ يُساعِدُ النَّبْتةَ الغَضَّةَ على النَّماء.

نَماءٌ جَديد

عندما تُنْتِشُ البِزْرةُ تَمْتَصُّ ماءً وتَتَنَفَّخُ. فتَنْغَلِقُ قِشْرتُها ويَنْدَفِعُ الجُذَيْرُ الجَنينيُّ نُزولًا في طَلَب الماءِ ولإرْساءِ النَّبْتةِ جيّدًا في الأرض. وتَسْتطيعُ السَّاقُ الجنينيَّةُ حينئذٍ فَكَّ لَفَّاتِها والنَّماءَ صُعُدًا. وعندما تَبْلُغُ ضَوءَ النَّهار، تَنْبُتُ الأوراقُ الأُولى وتَبْدأُ النَّبْتةُ بتَخْليقِ غذائها، ولا تعودُ بِحاجةٍ إلى مَخْزونِها الغِذائيِّ (الفِلْقة) في البِزْرةِ التي نَبَتَتْ منها.

تَنبتُ بُزُورُ بعضِ النَّباتات بِسُرعةٍ فائقةٍ فَتُنْتِجُ نَبْتةً كامِلةَ النموِّ في غُضونِ أسابيعَ مَعْدودات. وأمثالُ هذه النَّباتاتِ تُعَمَّرُ بِضْعةَ شُهورٍ فقط تُزْهِرُ في غُضونها وتُنْتِجُ بُزُورَها الخاصَّة بانتِظار فَصْلِ النموِّ في العامِ التالي. أمّا النَّباتاتُ المُعَمَّرةُ، كالأشجار، فتَسْتغرِقُ أوقاتًا أطولَ لِتَنمو من بُزُورِها؛ ولَن تُنْتِجَ بُزُورَها الخاصَّةَ إلّا بعدَ عِدَّةِ سَنَوات.

جَوْزتا بلُّوط

ثَمَرةُ عُلَّيْق

سِنْفة بِسِلَّى

بلَحة (تَمْرة)

إجَّاصة

بِزْرتا دَرْدار مُجنَّحتان

بَندورة (طماطِم)

كُوسى

الثِّمارُ قد لا تَتشابَه. لكِنَّ لَها جَميعها الوَظيفةَ نَفْسَها. الكثيرُ مِمَّا نَدعوه خَضراوات (خُضَرًا) كالكُوسى والبَندورة واللُّوبياء، هو في الحقيقة ثِمارٌ تَحْوي بُزُورًا.

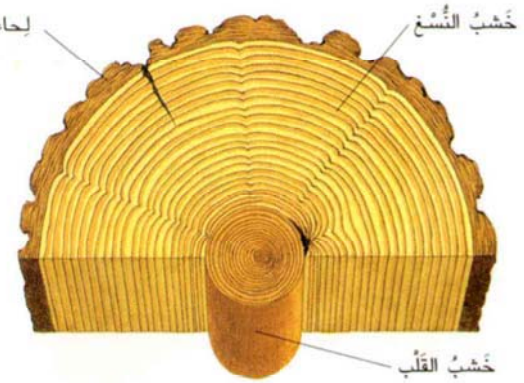
◄ نَخْلةُ جَوْز الهِنْد تُنْتِجُ ثِمارًا ضَخْمةً. وقد تَنْساقُ جَوزاتٌ من هذه الثِّمار عَبْرَ البِحار فَتَتَجَذَّرُ نَخلاتٍ سامِقةً في جُزُرٍ تَبْعُدُ آلافَ الكيلومترات عن النَّخْلةِ الأُمّ.

اُنْظُر أيضًا

النَّبات – عَرْضٌ تشريحيّ ص 56 – 57
النَّباتاتُ المُزْهِرة ص 59 – 61
التناسُلُ الحيَوانيّ ص 88 – 89

الأَشْجار

هنالكَ مَجْموعتانِ رئيسيَّتان من الأشجار – الصَّنَوبريَّاتُ والعَريضةُ الوَرَق. والأشجارُ هي من بين أَضْخَمِ الكائناتِ الحيَّةِ وأطولِها عُمْرًا على الأرض.



يُبيِّنُ هذا المَقْطعُ المُسْتَعرِضُ عَبْرَ جِذْعِ شَجَرةٍ خشبَ القَلْبِ مُحاطًا بخشبِ النُّسْغِ الأفتحِ لونًا. وحيثُ إنَّه تُضافُ حَلْقةُ نموٍّ جديدةٌ سنَويًّا فإنَّ هذا المَقْطعَ يُبيِّنُ أيضًا عُمْرَ الشجرة. والمَعروفُ أنَّ الشجرةَ أبطأُ نموًّا خِلالَ الشتاء فتُخَلِّفُ حَلْقةً داكِنة، فيما يُنْتِجُ نموُّ الصيف الأسرعُ حَلْقةً أسمَكَ وأفتَحَ لونًا.

الصنوبريَّاتِ مَخْروطيَّةٌ مُثلَّثيَّةُ الشَّكْل فِعلًا فتَمْنَعُ الثَّلْجَ من التكَدُّسِ فوقَها وتكسيرِ أَغْصانِها.

عَريضةُ الأَوراق

في المُناخاتِ الباردة ذاتِ الشتاءِ الطويل القاسِم، تَفْقِدُ الأشجارُ العَريضةُ الوَرَق أوراقَها في الخريف. أمّا في المناطِق المَداريَّة، حيثُ لا يَخْتلِفُ طولُ الأيّامِ كثيرًا بين الفُصول، فتَحْتفِظُ عريضةُ الوَرق بأوراقها طَوالَ السَّنة. سُقوطُ الأوراقِ في الخريف هو وَسيلةٌ بارعةٌ لِتَوفيرِ الطاقة – حيثُ إنَّ ضوءَ الشَّمْس ليسَ كافيًا في الشتاءِ لكي تُخَلِّقَ الأوراقُ غِذاءً للشجرةِ الكامِلة. لِذا، تُسَدُّ أنابيبُ نَقْلِ الماءِ

الصَّنَوبريَّاتُ (المَخْروطيَّات) هي المَجْموعةُ الأقْدم من مَجموعَتَي الأَشجار الرئيسيَّتَيْن على وَجْه الأرض. تُعرَفُ الأشجارُ الصَّنَوبريَّةُ أيضًا بأشجارِ الخَشَب اللَّيِّن. وهي تَشْمَلُ الصَّنوبَرَ والتِّنُّوبَ والأَرْزَ والشُّوحَ والعَرْعَرَ والسَّرْوَ والسِّكُّوية ذاتَ الخشبِ الأحمر التي هي أَضْخمُها جميعًا. أمّا الأشجارُ الشائعةُ العَريضةُ الوَرَق فتَشْمَلُ السِّنْديانَ والدُّرْدارَ والصَّفْصاف.

أشجارُ الغاباتِ المَطيرة المَداريَّة تَعْلُو حتَّى ارتفاع 50 م. جِذْعُ الشجرةِ السُّفْليُّ الضخم العظيمُ الكتلة يُثَبِّتُها وَطيدةً مُسْتَقِرَّةً – فيما يَترجَّحُ أعلاها بِعَصْفِ الرِّيح.

الأَراقُ الصَّنَوبَريَّة

معظمُ الصَّنَوبريَّاتِ ذاتُ أوراقٍ إبْريَّةٍ صَغيرةٍ؛ وكُلُّها، عدا اللَّارِكس، دائمةُ الخُضْرة. فهي تُنْبِتُ أوراقًا جديدةً وتُسْقِطُ الأوراقَ القديمةَ على مَدارِ السَّنة وليسَ في الخريف دُفْعةً واحدة كالكثير من الأشجار العَريضة الوَرق. أوراقُ الصنوبريَّات الإبْريَّةُ الجاسِئةُ تَفْقِدُ ماءً أقلَّ بكثيرٍ من أوراقِ الأشجار الأُخرى. لِذا، فالصَّنَوبريَّاتُ قادِرةٌ على النموِّ في المناطقِ الباردة، كما على الجِبالِ وحَوافِّ الصَّحاري. ففي كَنَدا وأوروبا الشماليَّة وروسيَّا، تُشَكِّلُ المَخْروطيَّاتُ حِراجًا شاسِعةً دائمةَ الخُضْرة. والكثيرُ من

الأَشْجارُ المُعْبِلَة (النَّفْضيَّة)

الأشجارُ المُعْبِلةُ عَريضةُ الوَرَق ذاتُ ذُرًى مُنْفَرِشة وجُذُورٍ تَمْتَدُّ عميقًا في التُّرْبةِ بَحْثًا عن الماء. هذه الأشجارُ تُزْهِرُ في الرَّبيع، وتُنْتِجُ أزهارُها ثِمارًا. فشَجرةُ قَسْطَل الحِصان (المُبيَّنةُ هنا) ذاتُ أزهارٍ بيضاءَ قرَنْفُليَّةٍ نوعًا، وبِزُورٍ مُعَلَّبةٍ داخِلَ قِشرةٍ أسَليَّة. في الخريف، تُسْقِطُ الشجرةُ أوراقَها فتَتكَشَّفُ أَغْصانُها عاريةً، وتَبدو البراعِمُ الجديدةُ جاهزةً لِتَتفَتَّحَ أوراقًا عندَ حُلولِ الرَّبيع. سُقوطُ الأوراق في الخريف سببُه أنَّ قِلَّةَ الضوءِ خِلالَ الشِّتاء لا تَكْفُلُ تحقيقَ تَخْليقٍ ضَوئيٍّ فعَّال.

إسقاطُ الأوراق يَعني أنَّ الشجرةَ المُعْبِلةَ أقلُّ احتياجًا إلى الماءِ في الشِّتاء. فَيُقْطَعُ المَدَدُ الغِذائيُّ على مَقْرُبةٍ من البُرعم فتَذْوي الوَرقة.

قَسْطَلُ الحِصان (صَيْفًا)

قَسْطَلُ الحِصان (شِتاءً)

نَوْرةٌ ووَرَقة

بِزْرةٌ مُؤسَّلة

تَمْتَصُّ الجُذُورُ الماءَ والمَعادِنَ من التُّرْبةِ وتُرَسِّخُ الشجرةَ في الأرض. بعضُ الأشجار ذاتُ جُذُورٍ طويلةٍ تَمْتَدُّ تحتَ الأرض بقَدْرِ امْتِدادِ الأغصانِ فوقَها. وبعضُ الأشجارِ الأُخرى، كالمَخْروطيّات، ذاتُ جُذوعٍ ضَخْمةٍ مُصْمَتةٍ وجُذُورٍ ضَحْلةٍ مُنْتَشرةٍ تَجْمعُ الماءَ من مِساحةٍ واسِعة.

شَجَرةُ تِين

والغِذاءِ في السَّاق مُضَوِّرةً ومُجَفِّفَةً الأوراقَ غيرَ المَرغوبِ فيها خِلالَ تِلك الفَتْرة.

لقد اختَزَنَتِ الشجرةُ ما يكفي من الغذاءِ لِنَماءِ بَراعِمِها للسَّنةِ التالية. لكنَّ الأوراقَ، بانقِطاعِ مَدَدِها الغِذائيّ، تَذْوي وتَموت. واليَخْضورُ (الكلوروفيل)، الذي كان يُخَضِّرُ الورقةَ الحيَّةَ يَنْحَلُّ ويَتفكَّكُ فتُعاوِدُ الشجرةُ امْتِصاصَه لِيُستَخْدمَ في أوراقِ السَّنةِ التالية. أمَّا الكِماوِيّاتُ المُلَوِّنةُ المُتبَقِّيةُ في الورقة فهي التي تلَوِّنها بألوانِ الخريف الزاهيةِ الحمراءِ والصفراءِ والبُنِّيَّة.

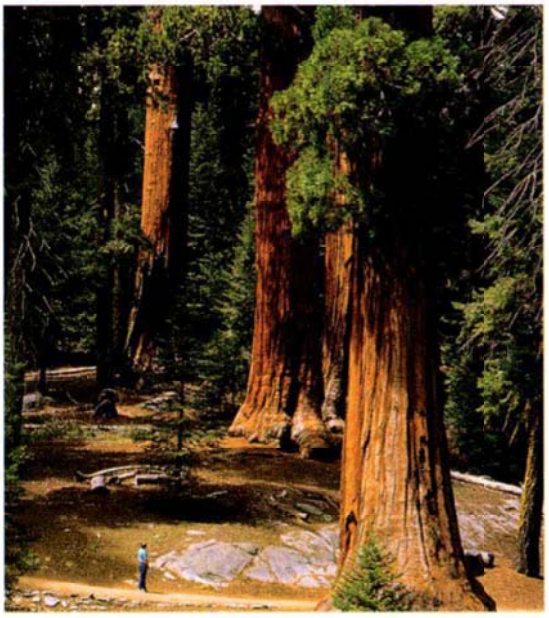
دَواخِلُ الشَّجَرة

عندما تُقْطَعُ شَجرةٌ، يُمكِنُك مُشاهَدةُ حَلَقاتِ النُمُوِّ السَّنويَّة في شريحةِ الجِذْع. اللِّحاءُ الخارجيُّ (القِشْرةُ أو القِلْفُ) طَبَقةٌ من النَّسيج المَيْت تَقي الأَجزاءَ الحيَّةَ الأَلْيَنَ داخِلَ الشَّجَرة. واللِّحاءُ قادِرٌ على التَمَدُّدِ كي يُتيحَ للجِذْعِ والأغصان أنْ تَنْمو وتَتَشَخَّرَ تحتَه.

ويُوجَدُ تحتَ القِشْرةِ في مُعظمِ الأشجار لِحاءٌ داخليٌّ يَنْقُل الغِذاءَ من الأوراق عَبْرَ أنابيبَ إلى مُخْتلف أجزاءِ النَّبات. أمَّا الخشَبُ (النَّسيجُ الداخليُّ المُتَخشِّب) فمُقَسَّى بمَوادَّ شَمْعِيَّةٍ لمَزيدٍ من القُوَّة. ويَعملُ بعضُ النسيج الخَشَبيّ الفتيّ كشبكةِ أنابيبَ تنقلُ الماءَ ومذاباته (ويُسَمَّى النُّسْغَ) من الجُذُور إلى الأوراق. في نباتاتٍ أُخرى يُنْقَلُ النُّسْغُ عَبْرَ نَسيجٍ خَشَبيٍّ لا يَخْشوشبُ ولا يَتيَبَّس. إنَّ تَيَبُّسَ النَّسيجِ الخَشَبيِّ هو الذي يُكْسِبُ الأشجارَ جُسُوءَتها ويُتيحُ لها أن تَنْمو وتطُولَ أكثر بكثيرٍ من النَّباتاتِ اللَّامُخْشَوْشِبة الأُخرى.

الأَشجارُ والبيئة

أوراقُ الأشجار، كأوراقِ أيِّ نَبْتةٍ خَضْراء، تُخَلِّقُ الغذاءَ في عمليَّةِ التَّخْليقِ الضوئيّ. والناتِجُ الثانويُّ في هذه العمليَّةِ هو


سَكُويَّةٌ عِملاقةٌ في مُتَنزَّه السَّكُويَة القوميّ في كاليفورنيا، بالولايات المتَّحدة الأمريكيَّة. ونَذْكرُ انَّ أشجارَ السَّكُويَة العملاقةَ قد يبلغُ ارتفاعُها 130 مترًا وقطرُها حوالى 8 أمتار. وهذه المَخْروطيَّاتُ يُمكِنُها أنْ تعيشَ أكثرَ من 4000 سنة.

غازُ الأُكسِجين الذي يُعادُ إلى الهواءِ عَبْرَ مَسامَّ دَقيقةٍ في الأوراق تُسَمَّى ثُغَيْرات. وبامتِصاصِ ثاني أكسيد الكربون من الهواء وإطلاقِ الأُكسِجين، تَحْفَظُ الأشجارُ هواءَ الجوِّ نَقيًّا صِحِّيًّا. وهكذا تُعْتَبَرُ الجِراجُ «رِئاتِ» الأرض.

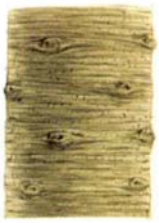
والأشجارُ أيضًا تَحْمي اليابِسةَ من التَّحاتِّ والتَّعريَة. فتَمْتَصُّ أوراقُها وأغصانُها الأمطارَ الغزيرة، وتُكسِبُ جُذورُها التُّرْبةَ ترابُطًا وتَماسُكًا يَقيها من الإنجراف بالماءِ أو الذَّرْوِ بالرِّياح.

تَتَدلَّى من أغصان أشجارِ الآث (تِين البَنْغال) مئاتٌ من الجُذُور الهوائيَّة.

تَنْتَمي السِّيكاسيةُ إلى فصيلة المَخْروطيَّات لكِنَّها أشبهُ بشَجَرِ نَخيل. ظهرتِ السِّيكاسيَّاتُ على الأرض منذُ 225 مليون سَنة.

بعضُ الصَّنَوبريَّاتِ الهُلْبيَّة الآك في الولايات المتَّحدة الأمريكيَّ يَبْلُغُ عُمْرُها حوالَى 4000 سَنة تَزال في نُمُوٍّ مُسْتمِرّ.

المَخْروطيَّات

المَخْروطيَّاتُ (الصَّنَوبريَّات)، كَشَجرةِ صَنوبَر الشيلي هذه المُسَمَّاةِ أروكاريَة أ مَتاهة القُرود، نادِرًا ما تُسْقِطُ أوراقَها الإبْريَّة. وهذه الأشجارُ ضَحْلةُ الجُذُورِ وتُنْتِجُ بُزُورَها داخلَ أكواز. وهذه الأكْوازُ قد تَسْتَغْرِقُ ثلاثَ سَنواتٍ لِتَنْضُجَ وتُطْلِقَ بُزُورَها التي تَسْقُط رَفْرافةً إلى الأرض. والأروكاريَة (مَتاهةُ القُرود شجرةٌ غريبة إذْ تنمُو أكوازُها الذكريَّةُ والأنثويَّةُ على أشجارٍ مُنْفَصِلة - فيما الكثيرُ من المَخْروطيَّات تُنْتِجُ أكوازَها الذكريَّةَ والأنثويَّةَ على الشَّجرةِ نَفْسِها. الأكوازُ الذكريَّةُ تُطْلِقُ حُبَيْباتِ لَقاحٍ تُخْصِبُ البُيوضَ في الأكوازِ الأُنثويَّة.

لِحاء

كُوزٌ أُنثَوِيّ

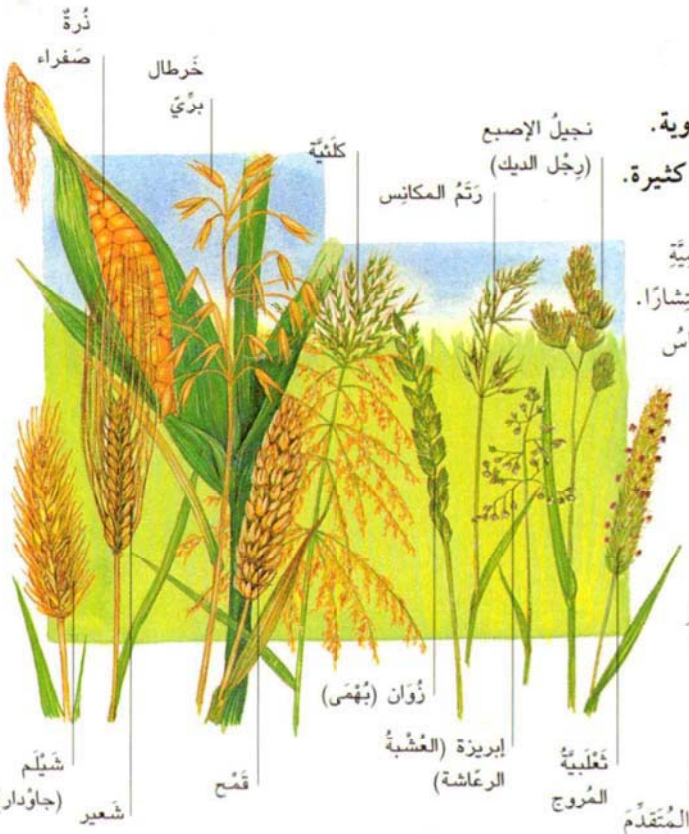
أروكاريَة (صَنَوبرُ الشيلي أو مَتاهةُ القُرود)

اُنْظُر أيضًا

النَّعْريَةُ والتَّجْويَة ص 32 – 33
النَّبات – عَرْضٌ تشريحيّ ص 56 – 57
الخَشَبُ والوَرَق ص 206

النَّباتاتُ والنَّاس

زرعَ النَّاسُ النَّباتاتِ مُنْذُ القِدَم لاستِخْدامِها طعامًا ولِيَتَّخِذوا من بَعضِها أدْوية. وتُستَخْدمُ الموادُّ النباتيَّةُ أيضًا في صُنْعِ المَلابسِ والوُقُدِ ومُنْتَجاتٍ أُخرى كثيرة.



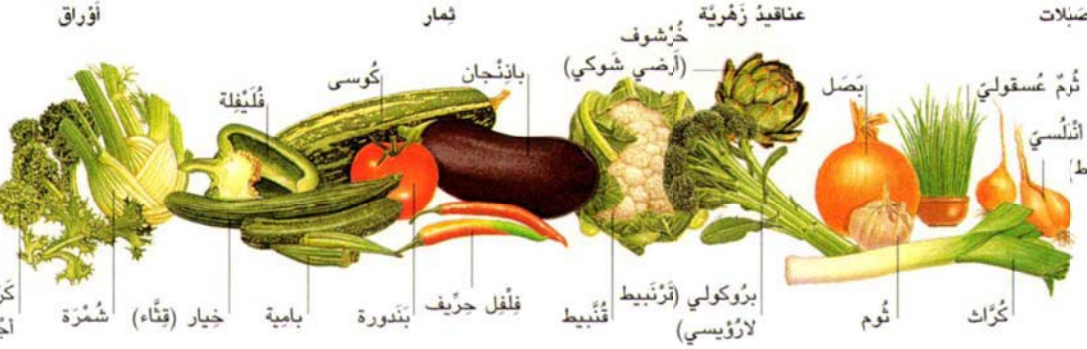
تَنْمُو الأعشابُ وتَزْدَهر أكثَرَ في مناطق البَراحِ المَكْشوفة، ويتَواجدُ مِنها أنواعٌ كثيرة. المُزارعون الأوائلُ انتَقَوا أعشابًا بَرِّيَّةً واستَولدوا منها ضُروبًا مُحَسَّنَة. وأهمُّ الزُّروعِ الحَبِّيَّة (الغِلالِيَّة) حاليًا هي القَمْحُ والأرُزُّ والذُّرة الصفراء والشُّوفان والشَّعير والشَّيْلَم.

والسِّياسِيِّين كما للمُسْتَهْلكين.

طَعامٌ وشَراب

هناكَ مِئاتٌ من المحاصيل تُزْرعُ لإنتاج طعامٍ مُغذٍّ - نَذْكُر منها اللُّوبياءَ والفاصوليا والمَنيهوت (الكَسّافا) والذُّرةَ الصفراء (الشاميَّة) والبَطاطا وخَضراواتِ الأرُزِّ والقَمْح. الزُّروعُ الغِلالِيَّةُ، كالشَّعيرِ والدُّخْنِ والشُّوفان والأرُزِّ والقَمْح غنيَّةٌ بالكَرْبوهِدْراتات - كما الكَسّافا والبطاطا. أمَّا حُبوبُ اللُّوبياءِ والفاصوليا والفُول والفُسْتُق وفولِ الصويا فغَنِيَّةٌ بالبروتينات.

العَديدُ من المَشْروباتِ الشَّائعة تُحَضَّر من المُنْتَجاتِ النباتيَّة. فالجِعةُ وسِدْرُ التُّفّاح والقَهْوة والشَّايُ والكاكاو وعُصاراتُ الفواكِه والمَشْروباتُ غيرُ الكحوليَّة والمَشْروبات



تُحَضَّرُ القَهوةُ من حُبوبِ البُنِّ المُجَفَّفة بعدَ تَحْميصِها وطَحْنِها. تُزرعُ شُجَيْراتُ البُنِّ في مزارعَ شاسِعةٍ في الأقطار الاسْتِوائيَّة كالبرازيل وكوستاريكا وكينيا.

يُزْرعُ الإجّاصُ والتُّفّاحُ تِجاريًّا في بَساتينِ الفاكهة. وتَجودُ أمثالُ هذه الأشجارِ المُثْمِرة في المُناخاتِ المُعْتَدِلة الأبْرَد.

ثِمارُ الكَرْمةِ العَناقيديَّةِ تُجْنَى وتُهْرَسُ عَصيرًا. وقد يُخَمَّرُ هذا العَصيرُ ويُنَبَّذُ. ونَوعا العِنَبِ الرئيسيَّان هما الأبيضُ والأسْود.

الشَّمَنْدرُ (البَنْجَر) وقَصَبُ السُّكَّر هما مَصْدرا السُّكَّر. فالجُذُورُ من البَنْجَر والسُّوقُ من القَصَب هما أجزاءُ النباتات التي تَحْوي السُّكَّر.

خَضْراواتُ الأكْل

الخَضْراواتُ الأكُولةُ (الصالِحةُ لِلأكل) مَصْدَرُها أجزاءٌ مُتَنَوِّعةٌ من النَّباتات. فالبَصَليَّاتُ، كالبَصَلِ والثُّوم؛ والأزْهارُ، كالقُنَّبيط (القَرْنَبيط) المعروف والبروكُولي (اللارُوْيسي)؛ والأوراقُ، كالكَرَنْب والخَسّ؛ والجُذُورُ، كالجَزَر والفُجْل؛ والقُرونُ والبُزُور، كالبازِلا (البِسِلّى) واللُّوبياء والفاصوليا؛ والسُّوقُ، كالكَرَفْس؛ والعَساقيلُ، كالبَطاطا؛ كُلُّها صالِحةٌ للأكْل، ويَحْوي الفِلْفِلُ الحِرِّيف والكُوسى والبَنَدورة بُزُورًا - وهي، في الواقع، ثِمارٌ.

لا يَزالُ الخَشَبُ يُستَخدَمُ للبِناءِ في سائرِ أنحاءِ العالَم. ومُعظمُ الخشَبِ المُستَخدَمِ هو خشَبٌ لَيِّنٌ يُؤخَذُ من أشجارِ المَخروطيّاتِ السَّريعةِ النَّماء. إنَّ إدارةَ واستِغلالَ الحِراجِ بعِنايةٍ وحِكمَةٍ ضروريَّةٌ لِلحِفاظِ على مَواردِ الخشَبِ الطبيعيَّة.

الرُّوحيَّة والمُنبَثِقةُ تُصنَّعُ كُلُّها من أجزاءٍ مُتنوِّعة من نباتاتٍ مُختلِفة.

النَّباتاتُ الطِّبِّيَّة

غالبًا ما جَرى اكتِشافُ خَصائِصِ النَّباتاتِ الطِّبِّيَّةِ بمُلاحَظةِ كيف إنَّ بعضَ الحيَوانات تأكُلها لِتَشفى من اعتِلالاتٍ وأمراضٍ مُعيَّنة. في أمريكا الجنوبيَّة، يُستَخدَمُ لِحاءُ الكينا في إنتاجِ الكينين – الدَّواءِ الفعَّال ضِدَّ المَلاريا (البُرَداء). كذلك فإنَّ أوراقَ القِمْعيَّةِ الأُرجُوانيَّة تحوي الدِّيجيتالِس – الدَّواءَ الذي يُستَخدَمُ غالبًا في مُعالَجةِ بعضِ العِلَلِ القَلْبيَّة. والأَدْوِيَةُ (العقاقيرُ) المُستَخرَجةُ من النَّاتات قد يكونُ لها استِخداماتٌ مُفيدةٌ وضارَّة. فالمُورفين عَقَّارٌ تَخْديريٌّ قَيِّمٌ مُسَكِّنٌ للأَلَم يُستَخرَجُ من الخَشْخاش المُنَوِّم. أمّا الهيرُوين أحدُ مُشْتَقَّاتِ المُورفين فهو مُخَدِّرٌ عالي الإدمانيَّةِ تجري المُتاجَرةُ به بِصُورةٍ غيرِ شَرْعيَّة.

المَوادُّ الأَوَّلِيَّة

النَّباتاتُ تُزَوِّدنا بالكثير من المَوادِّ الخام (الأَوَّلِيَّة) – كالأَلْيافِ الطبيعيَّةِ من نَباتاتِ القُطْنِ والكَتَّانِ والقِنَّب

نباتاتٌ عَديدةٌ تُنتِجُ أَلْيافًا يُمكِنُ مُعالَجتُها لصُنْعِ الخُيوطِ التي تُستَخدَمُ في صناعةِ الأَقْمِشة. ومن أهمِّ هذه النباتات القُطْنُ والجُوتُ والقِنَّبُ والكَتَّان.

والجُوت التي تُحاكُ أقمِشةٌ وتُستَخدَمُ في صِناعةِ المَلابس والحُصُرِ والحِبال. وتُستَغَلُّ الأشجارُ لِلحُصولِ على الخشَب. وهذا يَجْري أحيانًا بوَعْيٍ وحِكْمة – فتُغْرَسُ أشجارٌ جَديدةٌ لِتَحُلَّ مَحَلَّ الأشجارِ المُجْتَثَّة. لكنْ من المُؤسِفِ أنَّه في أحيانٍ كثيرةٍ، تُدَمَّرُ الحِراجُ طَلَبًا للرِّبْحِ السَّريعِ دُونَ اعتِبارٍ للمُستَقبَل.

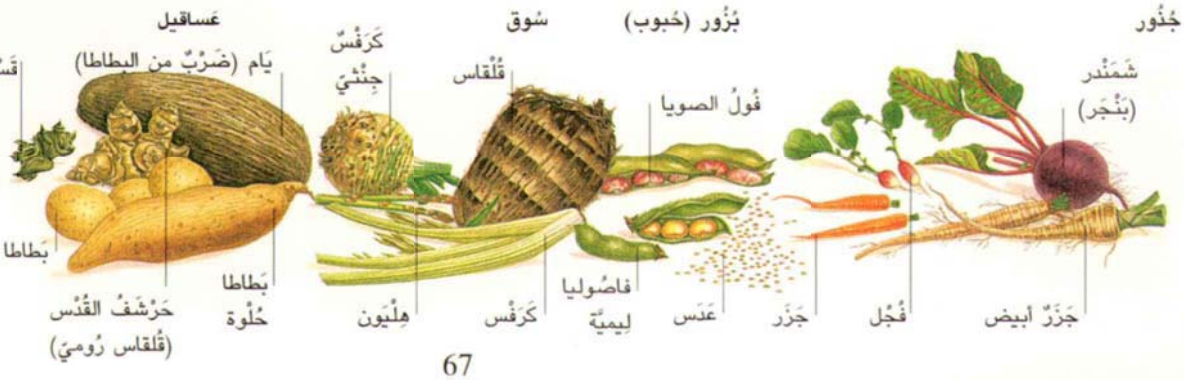
أَلْيافُ سُوقِ نباتِ الكَتَّان تُستَخدَمُ في صُنْعِ الأقمِشةِ الكَتَّانيَّة. والقِنَّبُ يُستَخدَمُ في صُنْعِ الحِبالِ وخيوطِ المِصَّيص – ومَصْدرُه نباتاتٌ عِدَّة.

مُنتَجاتٌ من الأشجار

يَستَخدِمُ الناسُ الخشَبَ في بِناءِ المَنازِل وصُنْعِ الأَثاث. فالأخشابُ اللَّيِّنةُ من أشجارِ الصَّنَوبَر والأَرْز سَهْلةُ القَطْعِ والتشكيل. والأخشابُ الصَّلْدةُ، كالسِّنْديانِ والماهوغُوني الإستوائيِّ، باهظةُ الثمن لكِنَّها أقوى وأَطْولُ دَيْمُومةً. ومن مُنتَجاتِ الأشجارِ الأُخرى المُهِمَّة نذكُرُ الوَرَقَ والمَطَّاطَ والفِلِّينَ. فمُعظمُ الوَرَقِ يُستَخرَجُ من لُبِّ الخشَب، ويُستَخرَجُ المَطَّاطُ الطبيعيُّ من نُسْغِ أشجارِ المَطَّاط، ويُتَّخذُ الفِلِّينُ من لِحاءِ شَجَرِ الفِلِّين. ولَسْنا نَجْهلُ أنَّ اللُّبانَ (العِلْكة) مَصْدَرُه شَجَريٌّ كذلك.

والخشَبُ، حَطَبًا، كان أوَّلَ وَقُودٍ يَحْرِقُه الناسُ وهو لا يَزالُ يُستَخدَمُ لهذا الغَرَضِ حتَّى اليوم. والفَحْمُ والخُثُّ، المَعْروفان بالوُقُودِ الأُحفوريَّة، هُما من بَقايا نَباتاتٍ ما قَبْلَ التاريخ.

هنالك وَصفةٌ صينيَّةٌ قديمةٌ تُتَّخَذُ من نَبْتةِ الأرطُماسْيا يجري تطبيقُها حاليًّا لِمُعالَجةِ المَلاريا.



اُنْظُر أيضًا

اللَّازَهْريَّات ص 58
النَّباتاتُ المُزْهِرة ص 59 – 61
الطِّبّ ص 140 – 141
الغِذاءُ والتِّقاناتُ الزِّراعيَّة ص 448 – 449

الحَيُّوماتُ والمَواطِنُ البيئيَّة

الحَيّوم إقليمٌ من الأرض يَتميَّزُ بِمُناخٍ مُعَيَّنٍ ويشتمِلُ على أشكالٍ حياتيَّةٍ نَباتيَّةٍ وحيَوانيَّةٍ مُتميِّزة. وهو يتألَّفُ من مَثاوٍ بيئيَّةٍ مُختلِفة.

الصَّحاري تُعرَفُ كمناطِقَ يَتبَخَّرُ منها ماءٌ أكثرَ مِمَّا يأتيها من تَساقُط. ويُقدَّرُ أنَّ خُمْسَ اليابسةِ من العالَم أرضٌ صَحْراويَّة. ورُغْمَ أنَّ الصَّحاري مَواطِنُ بيئاتيَّةٌ جافَّةٌ قاسِيةٌ، فإنَّها بَعيدةٌ جِدًّا عن كَوْنِها مَواتٍ عَديمةَ الحياة. فالحيَواناتُ والنَّباتاتُ فيها قد طوَّرت وسائلَ تهايُؤٍ تكَيَّفَت به لِلبَقاء.

الطيّاتُ على ساقِ صَبّار السَّاغُوارُو تَمْتَصُّ الماءَ وتَنْبَسِطُ بعدَ الأمطارِ الغزيرة.

تَبْدو الأرضُ من الفَضاءِ الخارجيِّ مُغَطّاةً بِمناطِقَ مُتَمَيِّزةٍ شاسِعةٍ كالصَّحاري والمُحيطاتِ والغابات، التي نُسَمِّيَ كُلًّا منها حيُومًا. وتَفْصِلُ بين مُختلِف هذه الحيُومات تَغَيُّراتٌ مُناخِيَّةٌ – بِخاصَّةٍ في مُعَدَّلاتِ المَطَرِ السَّنَويَّة ودَرَجاتِ الحرارة. والمُناخُ، كما هو مَعلوم، يُحَدِّدُ أنواعَ النَّبيتِ في المِنطقةِ المُعَيَّنة؛ وأنواعُ النَّبيتِ بدَوْرِها تُحَدِّدُ أنماطَ الحيَوانات المُستَوطِنَةِ هناك. وهٰذه الحيُومات مُجْتَمِعةً تُشَكِّلُ الغِلافَ الحيَويَّ – أجزاءَ الأرض (من بَرٍّ وبَحرٍ وجَوّ) التي تَسْكُنُها الكائناتُ الحيَّة.

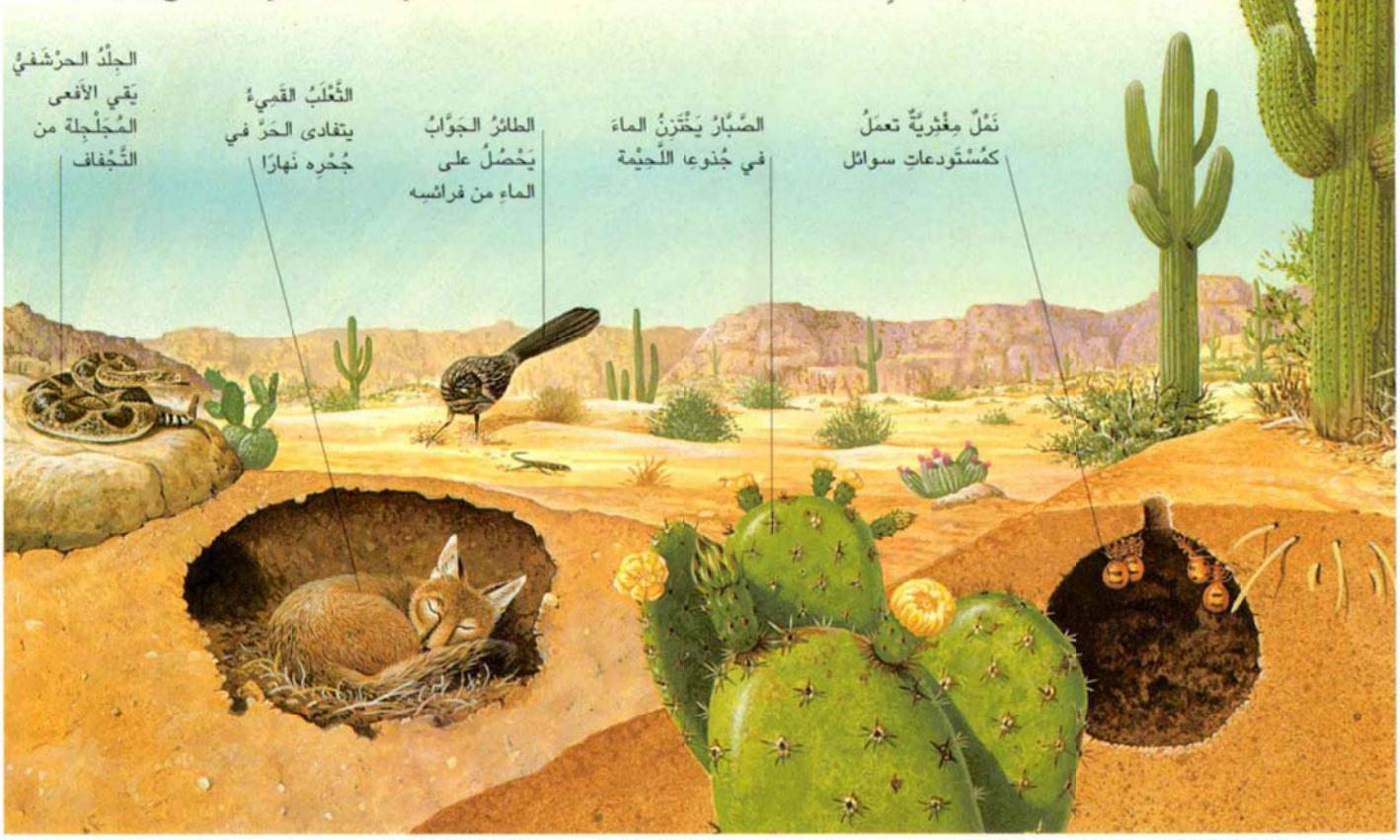
مناطِقُ العَيْش

هناكَ حَيُوماتٌ كثيرةٌ مُختلِفةٌ على الأرض، لكِنَّ العُلماءَ ليسوا مُجْمِعينَ على تَصْنيفٍ مُحَدَّدٍ لها. والحيُومات المُتوافَقُ عليها إجمالًا تَشْمَلُ التُّندرا، والتَّيْغا، والغاباتِ المُنتَدِلةَ، والأَعياصَ (الحِراج القَميئة)، والغابتِ المَطيرةَ الاستوائيَّةَ، والسُّهوبَ المُعْشِبةَ، والصَّحاري (بما فيها مِنْطَقتا القُطْبَيْن)، والبِحارَ، والمياهَ العَذْبةَ، ومَصَبّاتِ الأنهار.

يتألَّفُ الحَيُوم من نُطَقٍ أصغرَ تُسَمّى مَثاويَ بيئيَّة. ويُعَرَّفُ المَثْوَى البيئيُّ بأنَّه مَكانُ اعتِياشِ المُتَعَضِّي. فمثلًا، المَثْوَى البيئيُّ للقَمَص (البَقِّ الطويلِ القوائم) هو بِرْكةٌ أو بُحَيْرة، والمَثْوَى البيئيُّ للخُرطون (دُودةِ الأرض) هو التُّرْبة، والمَثْوَى البيئيُّ لشَجرةٍ صَنَوبريَّةٍ هو التُّرْبة – إضافةً إلى الحَيِّزِ فوق الشَّجرةِ وحَوالَيها. والمُتَعَضِّياتُ التي تَعيشُ في مَثْوًى بيئيٍّ مُعَيَّنٍ تُسَمَّى مَجموعة.

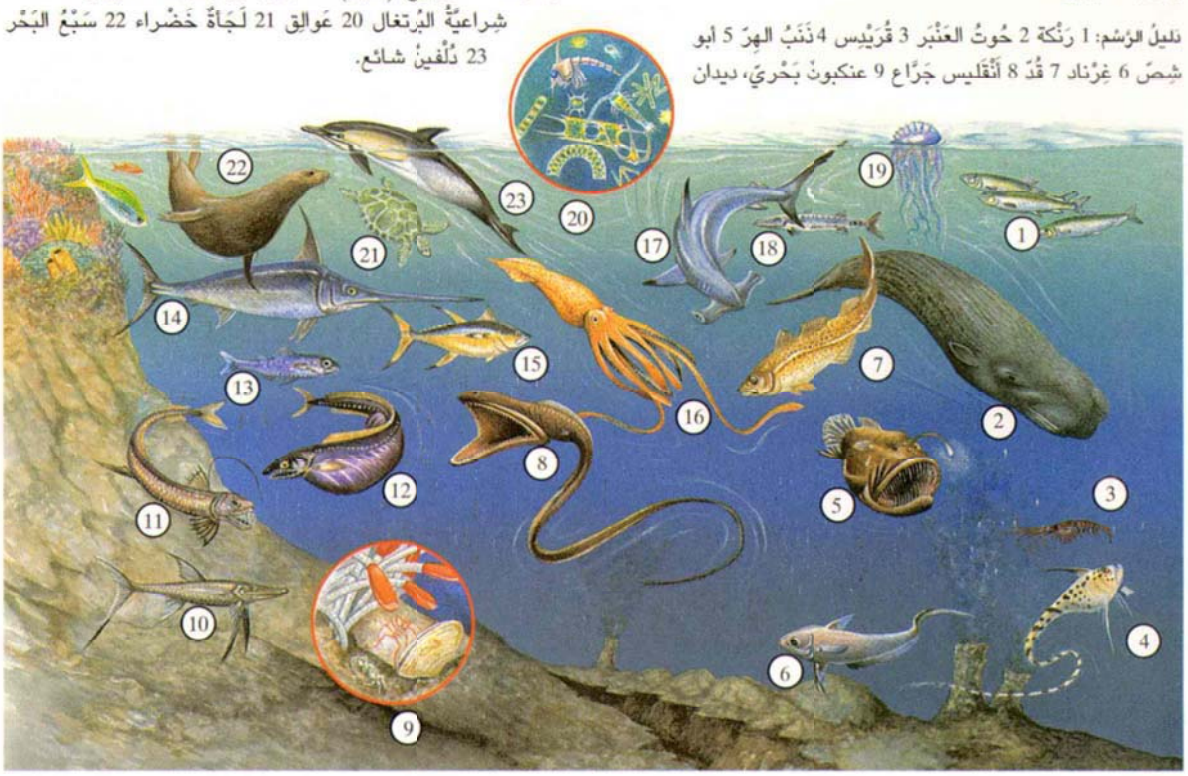
تَتَعايَشُ في المَثْوَى البيئيِّ عِدَّةُ أنواعٍ يَعتَمِدُ واحدُها

تتواجَدُ القُرودُ العَوّاءَةُ عادةً في غاباتِ الأمازون المَطيرة في أمريكا الجنوبيّة. وهي تَغْتَذي غالبًا بالمَوادِّ النباتيَّةِ الوَفيرة حولَها – إضافةً إلى الحَشَراتِ واللَّبُوناتِ الصَّغيرة والطُّيُور.



المُحيطُ حَيُومٌ ضَخْم يَضُمُّ عِدَّةَ مَثاوٍ بيئيَّة - من الشواطئِ الضَّحْلةِ إلى الأغوارِ العَميقة. وهو يَحْوي لافقاريَّاتٍ لا حَصْرَ لها وأسماكًا وزَواحِفَ ولَبُونات.

دليلُ الرَّسْم: 1 رَنْكة 2 حُوتُ العَنْبَر 3 قُرَيْدِس 4 ذَنَبُ الهِرّ 5 أبو شِصّ 6 غِرْناد 7 قُدّ 8 أنْقَليس جَرَّاع 9 عنكبونٌ بَحْريّ، ديدان أنبوبيَّة، مَحار وسَلَطعونٌ أبيض 10 سَمكةٌ ثلاثيَّةُ الزَّعانِف السُّفليَّة 11 سَمَكةٌ نهَّاشة 12 مُزْدَرِدة 13 سمكةٌ فانوسيَّة 14 أبو سَيف 15 صَفراءُ الزَّعانِف 16 سَبيدَج (حَبَّار) 17 قِرْشٌ أبو مِطْرقة 18 بَرْكُودة 19 شِراعيَّةُ اليُرْتغال 20 عَوالِق 21 لَجَأةٌ خَضْراء 22 سَبْعُ البَحْر 23 دُلْفينٌ شائع.



البَطاريقُ طُيورٌ عاجِزةٌ عن الطَّيران تَسْتَوطِنُ القارَّةَ القُطْبيَّةَ الجنوبيَّة. وهي تَتَّقي البَرْدَ القارِسَ بطَبَقاتٍ شحميَّةٍ سَميكةٍ عازِلةٍ تحتَ جُلودِها. وتَحْتَشِدُ كِبارُ البَطاريق وتتكَتَّلُ مع فِراخِها في مَجْموعاتٍ طَلَبًا لِلدِّفْء.

أرانبُ المِنْطقةِ القُطبيَّة الشماليَّة تُغَيِّرُ لونَ فِرائها بتَغَيُّرِ الفُصول. ففي الصَّيْفِ تَكْتَسي بِفِراءٍ بُنِّيٍّ؛ وفي الشِّتاءِ، تُنْمِي فِراءً جديدًا أبيضَ يأتَلِفُ تمويهًا مع لونِ الثَّلْجِ الأبيض.

الشِّعَابُ المَرْجانيَّةُ تتكَوَّنُ من مُسْتَعْمراتِ المَرجانيَّات اللَّافقاريَّةِ الدَّقيقة. ويُوَفِّرُ الشِّعْبُ المَرْجانيُّ مأوًى للأَسْماكِ وللعديدِ من الكائناتِ البَحْريَّةِ الأُخرى.

على الآخَرِ في ما يُعرَفُ بِصِلاتِ المُعايَشةِ التكافُلِيَّةِ المُفيدةِ للنَّوعَيْن. فالنباتاتُ تُوَفِّرُ الغذاءَ والمأوى للحيَوانات؛ وفي المُقابِل، قد تُساعِدُ الحيَواناتُ في تَبْثير النَّباتات، والعاشِباتُ من الحيَوانات بذَوْرِها هي غذاءٌ للَّواحِم.

مَواطِنُ الحيَوانات

كُلُّ مَثْوًى بيئيٍّ يُوَفِّرُ الظُّروفَ المُلائمةَ للنَّباتاتِ والحيَواناتِ التي تَعيشُ فيه. فالبَطاريقُ والدِّبابُ القُطْبيَّةُ مُهايِأَةٌ، بوسائلَ مُخْتلِفةٍ، للعَيْشِ في مِنْطَقَتَي القُطْبَيْن القارِسَتي البَرْد. والثَّعْلبُ القَمِيءُ وثَعْلبُ الفِنك يَبْدُوانِ مُتَشابِهَيْن، لكنْ لا صِلةَ رابطةً بينَهُما - فالثَّعْلبُ القَمِيءُ يَعيشُ في صَحاري أمريكا الشماليَّة، بينَما الفِنكُ ثَعْلَبٌ صَحْراويٌّ يَعيشُ في شمالي إفريقية. وإذا ما تَغَيَّرَ المَثْوى البيئيُّ الذي يَسْتَوطِنُه المُتَعَضِّي، فإنَّ بعضَ أنواعِه قد تكونُ قادِرةً على تَغْييرِ وَسائلِ عَيْشِها لتَتَكيَّفَ مع الظُّروفِ المُتَغَيِّرة. غَيْرَ أنَّ أنواعًا أُخرى قد لا تَسْتطيعُ مُجابَهةَ التغَيُّراتِ البيئيَّة، فيكونُ لِزامًا عليها أنْ تَرْحَلَ إلى مَواطِنَ أُخرى أو تَمُوتَ وتَنْقَرِض. هذه القُدْرةُ على المُهايأةِ والتكَيُّفِ هي سِرُّ القُوَّةِ المُحرِّكَةِ وراءَ عمليَّةِ التطوُّر.

مَثاوٍ بيئيَّةٌ غَريبة

بعضُ الحيَواناتِ تهايأَت للعَيْشِ في أشَدِّ المَواطِنِ البيئيَّةِ قَساوةً. فبعضُ الأَسْماكِ القُطْبيَّةِ، مَثلًا، طوَّرَت شَكْلًا طبيعيًّا من مُقاوماتِ التَّجَمُّد في دَمِها وأنسِجَتِها. وهذه الموادُّ تَمْنَعُ تكَوُّنَ البِلَّوراتِ الجليديَّةِ حتَّى دُونَ دَرَجةِ التجَمُّد، فتَضْمنُ لتِلك الأسماكِ إمكانيَّةَ البَقاء. كذلك فإنَّ قُرودَ المَكَّاكِ اليابانيَّةَ تَسْتَدفِئُ شِتاءً بالمُكوثِ في بِرَكٍ دفيئةٍ من المياهِ الجَوفيَّةِ السَّاخنة.

اُنْظُر أيضًا

الهِجْرة ص 93
التَّهايُؤُ التكَيُّفيُّ والدِّفاع ص 95
نُطُقُ الفِعْل البيئيّ ص 436 - 437
إنقاذُ الغاباتِ المَطيرة ص 438 - 439
الحياةُ في المُحيطات ص 440 - 441
أسبابُ أنْقِراضِ الأنواع ص 442 - 443

اللَّافقاريَّاتُ البَحْريَّة

أُولى الحيَوانات المُتعَدِّدةِ الخلايا كانتِ اللَّافقاريَّاتِ (الكائناتِ عديمةِ العَمود الفَقَريّ)، وعاشَتْ في البِحار. ولا تَزالُ المُحيطاتُ تَزْخَرُ بالحيوانات اللَّافقاريَّة.

سَلالُ (ج. سَليلة) لَافقاريَّاتٍ ما قَبْلَ التاريخ لا تَزالُ تَسْبَحُ وتَدِبُّ في المُحيطات. وهي تَشْمَلُ الدِّيدانَ والمَرجانيَّاتِ والمَحارَ والقواقعَ ونَجْمَ البَحْر والأُخْطُبوطَ والسَّبيدَج (الحبَّار).

شُقَّيقُ البَحْر أقْرَبُ شَبَهًا بالنَّباتات مِنه بالحيَوانات. ويوجَدُ هذا الحيوانُ مُلْتَصِقًا بالصُّخور، ويَتلقَّطُ فرائسَه بلَوامِسه اللطيفةِ التَّمَوُّج.

لا عمودَ فَقاريًّا لها

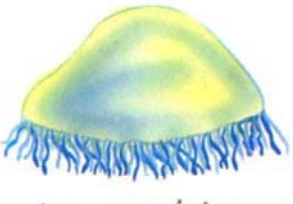
كَوْنُ اللَّافقاريَّاتِ عديمةَ العَمود الفَقَريّ ليسَ مَعَثَّ إعاقةٍ بالنِّسْبةِ لهذه الحيوانات الفائقةِ النَّجاح. في الواقع، هنالك حيواناتٌ لَافقاريَّةٌ أكثَرُ بِكثيرٍ من الحيواناتِ الفَقاريَّة. واللَّافقاريَّاتُ البَحْريَّةُ قد تكونُ ضَخْمةً جِدًّا، فقد يبلغُ طولُ دُودةِ بَحْرِ الشَّمال الشريطيَّةِ حوالى 25 مترًا؛ والمَحارُ العِملاقُ في المُحيط الهادي قد يَزِنُ أكثرَ من 300 كيلوغرام. واللَّافقاريَّاتُ أيضًا قد تُعَمَّرُ طويلًا، بحُدود 220 سنة، كما هي الحالُ في مَحارِ المُحيطِ الأطلسيّ الثَّخينِ الصَّدفة.

الإسفَنْجيَّاتُ تجَمُّعاتٌ من خلايا فَرْديَّةٍ مُنْتَظِمةٍ في جِسْم واحدٍ على قاعِ البَحْر. والإسفَنْجُ عاجزٌ عن الحركة، وهو يَسْتَفِطُ ماءَ البَحْر ويَسْتَصْفي منه قِطَعًا دقيقةً من الغِذاء.

المَرْجانيَّات

يتألَّفُ المَرْجانُ من الهياكلِ الجيريَّةِ للمُرَجِّلاتِ المَرْجانيَّةِ الصغيرة جِدًّا. وهذه المُرَجِّلاتُ تَتَنامَى «بالتَّبَرْعُم» – بحيثُ إنَّ كُلَّ مُرَجِّلةٍ جديدةٍ تَدْفِنُ الأصلَ الذي نَشأتْ منه، وبهٰذه الطريقة، تَكْبُرُ كتلةُ المَرْجان أكثرَ فأكثر مُكوِّنةً أشكالًا نَباتيَّةً وشِعابًا ضخمةً.

بعضُ أنماط المَرجانِ التي تستوطِنُ المياهَ الدَّافئةَ الضَّحلةَ تحوي بداخِلها نباتاتٍ طُحلُبيَّةً وَحيدةَ الخليَّة. هذه الطَّحالبُ تُصَنِّعُ سُكَّرًا بالتَّخليقِ الضوئيّ، وتَتقاسَمُه مع المَرْجان العائل (المُضيف). والمَرْجان بدَوره من التعايُش التكافُليّ هذا يَجْني الطحالِبَ ويُوَفِّرُ لها المعادِنَ، التي تَحْتاجُ إليها لِصُنْعِ البروتيناتِ وكيماويَّاتٍ مُهِمَّةٍ أُخرى.

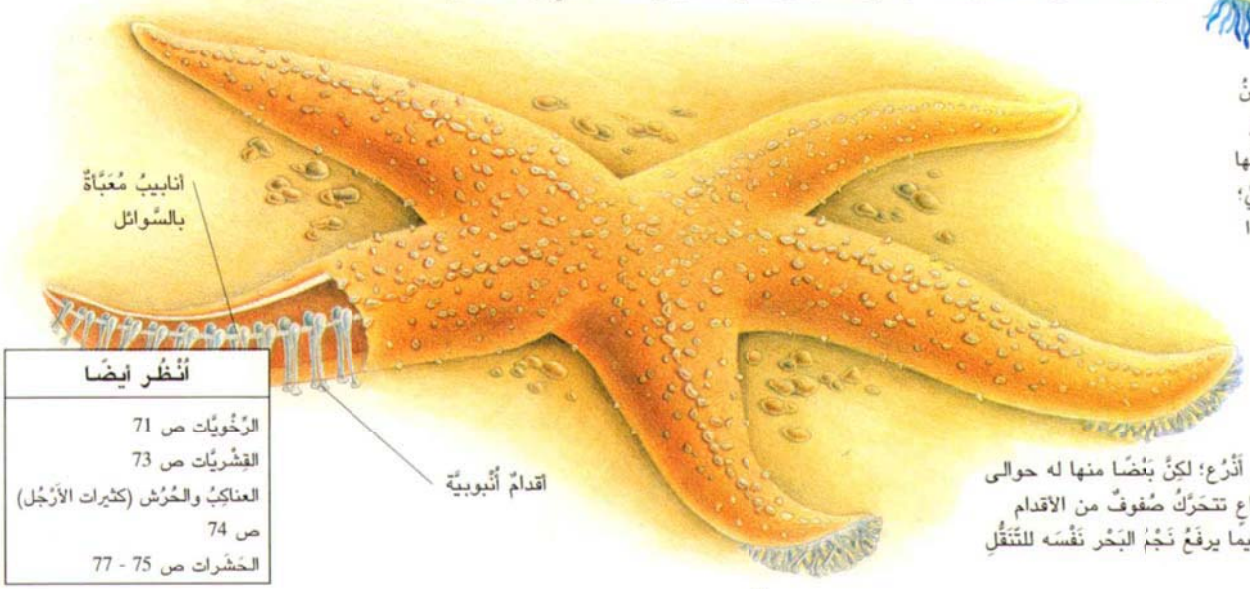


المِدوزا (قِنْديلُ البَحْر) قد تكونُ صغيرةً بِحَجْم حَبَّةِ البسِلَّى أو كبيرةً، بِحَجْمِ طاولةٍ، يتدَلَّى فَمُها ولَوامِسُها تحت جِسْمِها الطريّ؛ واللَّوامِسُ تَسْتَجِرُّ الغِذاءَ صُعُدًا إلى فَمِها

قِنْديلُ البَحْر (المِدوزا) يَصْطاد فريستَه بلَوامِسَ لاسِعةٍ؛ ويَسْبَحُ بفَتْحِ جَسَدِه المِظلِّيّ الشَّكْل وغَلْقِه لِضَغْطِ الماءِ خارجًا.

لَوامِسُ وأَشْواك

قناديلُ البَحْر والشَّقائقُ البَحْريَّةُ ذاتُ لوامِسَ مُسَلَّحةٍ بخلايا لاسِعة. والشَّراعيَّةُ البُرتغاليَّة هي في الحقيقة عَميرةٌ من المُتعَضِّيات تعمَلُ معًا كحيَوانٍ واحد. وهي بلَوامِسها الطويلةِ تَشُلُّ أيَّ سَمكةٍ تُلامِسُها – إذْ إنَّ سُطوحَ هذه اللَّوامِس مُغطَّاةٌ بخلايا لاسِعةٍ تَحْوي إبريَّات دقيقةً سامَّة. أمَّا شَوكيَّاتُ الجِلْد (كنُجوم البَحْر وقنافذِ البَحْر وقِثّائيَّات البَحْر) فذاتُ جلدٍ شوكيٍّ وأقدامٍ أُنبوبيَّة. وهي تَضُخُّ سوائلَ داخِلَ أقدامِها فتَجْعَلُها تَتَمَدَّد. وإذا فقَدَ نَجْمُ البَحْر رِجلًا، فإنَّه غالِبًا ما يُنَمِّي رِجْلًا غَيْرَها.



مُعظمُ نُجومِ البَحْر ذاتُ خَمْسِ أَذْرُع؛ لكِنَّ بَعْضًا منها له حوالى 50 ذِراعًا. وعلى امْتدادِ كُلِّ ذِراعٍ تتحَرَّكُ صُفوفٌ من الأقدام الأنبوبيَّةِ في نَسَقٍ مُنْتظِم – فيما يرفَعُ نَجْمُ البَحْر نَفْسَه للتَّنَقُّل فوقَ قاعِ البَحْر.

اُنْظُر أيضًا

الرَّخْويَّات ص 71
القِشْريَّات ص 73
العناكِبُ والحُرُش (كثيرات الأَرْجُل) ص 74
الحَشَرات ص 75 - 77

الرِّخْويَّات

هُنالِك أكثرُ من 000 100 نَوْعٍ من الرِّخْويَّات؛ تَتَفاوَتُ بين الحَلازين (القواقِع) الصغيرة والسَّبيدَجات (الحَبَّارات) العِملاقةِ، يَعيشُ بَعضُها على اليابِسةِ لكِنَّ مُعظمَها يَعيشُ في الماء.

قواقِعُ الحدائق تتحَرَّكُ ببُطءٍ فَوقَ مُفْرَزٍ لُعابِيٍّ لَزِجٍ. وللقَوقعِ قَرْنا اسْتِشعارٍ على رأسِه يَسْتَخْدِمُهما في تَلَمُّسِ طريقِه حولَ الأَجْسام.

تَسْتَفِطُ الماءَ تحتَ دِثارِها الطَّرِيِّ وتُتْجُه عَبْرَ مِنْفَثٍ إلى الخارج.

جِسْمُ الحَيوانِ الرِّخْويِّ طَرِيٌّ يُغَطِّيه دِثارٌ وَاقٍ. الكثيرُ من الرِّخْوِيَّاتِ ذو مَحارةٍ (صَدفة) جِيريَّة مُرتَبطةٍ بالدِّثار – قد تكونُ خارِجَ الجِسم (كما في البَطلينوس والحلزون) أو داخِلَه (كما في السَّبيدَج). أمَّا الأُخطبُوطُ فحيوانٌ رِخْوِيٌّ لا مَحارِيّ. تَعيشُ الرِّخْوِيَّاتُ على اليابِسة كما في الماءِ العَذْبِ والمالِح.

بعضُ الرِّخْوِيَّاتِ، كبَلَحِ البَحْر، قَلَّما تتحَرَّكُ مُطْلَقًا؛ فهي تَلْتصِقُ بمَوقعٍ مّا وتَغْتذي بفَتْحِ مِصْراعَيْها. ومن الرِّخْوِيَّات ما هو ذو قَدَمٍ مُفْرَدةٍ تُمَكِّنُه من التحَرُّك ببُطء. أمَّا البَطلينوس فإنَّه يَحُولُ هنا وهناك حول مَوقِعه للِاغْتِذاء – لكِنَّه يَعودُ دَومًا إلى المَوقع نفسِه.

مَحارةٌ أُحاديَّةٌ أو مُزْدوجةُ الصَّدَفة

القواقِعُ ذاتُ مَحارةٍ أُحاديَّةٍ يَسْتطيعُ الحيَوانُ التحَوِّي أو التلَفُّفَ بداخِلِها لِاتِّقاءِ الخَطَر.

هُناك رِخْوِيَّاتٌ مُزْدَوِجةُ الصَّدفة يَنفَصِلُ مِصْراعاها بِمُفَصِّلةٍ بحيثُ يُمكِنُ فَتْحُهما أو غَلْقُهما بسُهولة. وهي تُعْرَفُ بذَواتِ المِصْراعَين، ومُعظمُها يَغْتذي باستِصْفاءِ الجُسَيْماتِ الدَّقيقةِ من ماءِ البَحْر. والكثيرُ منها يَعيشُ مَطْمورًا في قاعِ البَحْر ونادِرًا ما يَبْرَحُ مكانَه.

الأُخْطبوطُ والسَّبيدَج

الأُخْطُبوطاتُ والسَّبيدَجاتُ (الحبَّارات) هي الأكبَرُ، وربَّما الأَذْكى، بين سائرِ الرِّخْوِيَّات. فهي ذاتُ أدمغةٍ كبيرةٍ وبَصَرٍ حادّ؛ وتتحَرَّك بِسُرعةٍ لِتفادي الخَطَر. وتَسْتطيعُ أيضًا تَغْييرَ لَوْنِ دِثارِها.

يَستَخْدِمُ الأُخطُبوطُ أذرُعًا طويلةً مَصَّاصةً يَقْبِضُ بِها فرائسَه. ثُمَّ يَعَضُّها بفَمِه المِنْقاريِّ الشَّكل. والأُخطبوطاتُ في مُعظمِها صغيرةُ الحَجْم، لكِنَّ السَّبيدَجَ العِملاقَ قد يَبْلُغُ طولُه 15 مِتْرًا.

هذه الحيواناتُ تَسْبَحُ بالدَّفْعِ النَّفَّاث ورَدِّ الفِعْل. فهي

السَّبيدَجُ يَصْطادُ خُلْسةً وتَسَلُّلًا. وهو يَستطيعُ التهرُّبَ مُسْرعًا بتَقْليصِ عَضلاتٍ تَثُجُّ نافورةً من الماء خارجَ جِسْمِه فيندفعُ هو بقُوَّةِ رَدِّ الفِعْل في الِاتِّجاه المُعاكس. ويَسْتطيعُ السَّبيدَجُ بهذه الطريقةِ تحقيقَ سُرعةٍ تَبلُغُ 30 كم/سا لِلتَّهَرُّب من سَمكةٍ أو حُوتٍ عَنْبَرٍ جائع.

البِيْئك حيوانٌ رِخويٌّ من ذواتِ المِصْراعَيْن. ومَحارتُه المُزْدوجةُ الصدفة ذاتُ أسنانٍ دَقيقةٍ ساجِنةٍ، كَلَقَمِ المِثْقاب، تحفِر ثُقوبًا في الخشَبِ أو الطين أو الصخر يختَبئُ البِيْئك بداخلِها.

المَحارُ رِخْوِيَّاتٌ مُزدَوجَةُ مِصْراعَي الصدَفة. وهي تَفْتَحُ وتُغْلِقُ صدفَتَها المُتَمَفْصِلةِ المِصراعَين بواسطةِ عَضَلةٍ قويَّة. وتَسْتَصْفي المَحارةُ غذاءَها من ماءِ البَحْر باستِخْدامِ بِنًى شَعْريَّةٍ تُسَمَّى أهْدابًا.

الكثيرُ من الرِّخْوِيَّات تَحْتَفِر جُحورًا في الرَّمْل لِتَخْتَبئَ من المُفْتَرِسات. وهي تَغْتذي عَبْرَ انابيبَ مَتْعَبِيَّةٍ تَبْرزُ فوقَ الرَّمْل.

اُنْظُر أيضًا

اللَّافقاريَّاتُ البَحْريَّة ص 70
الدِّيدان ص 72
التهايُؤُ التكيُّفيُّ والدِّة
الحياةُ في المُحيطات ص 440 – 441

الدِّيدان

الدِّيدانُ لافَقاريَّاتٌ (حيَواناتٌ عديمةُ العَمود الفَقَريّ) عَديمةُ الأَرجُل. بعضُها يَعيشُ في التُّرْبةِ أو في الماء، وبعضُها الآخَرُ طُفَيليٌّ يَعيشُ داخِلَ حيَواناتٍ أُخرى.

الدُّودةُ الهُلْبيَّةُ سبَّاحةٌ ماهِرة، تَدْسُرُ نَفْسَها عَبْرَ الماءِ بحَرَكاتِ جِسْمِها التمَوُّجيَّة. وهي ذاتُ مِجَسَّاتٍ على رأسِها، ونُتوءاتٍ رِجليَّةٍ الشَّكْل على كُلِّ شُدْفةٍ من جِسْمِها.

هنالك أكثَرُ من 55 000 نوعٍ مُختلِفٍ من الدِّيدان. لكِنَّ المَجْموعاتِ الأربعَ الرئيسيَّةَ هي: الدِّيدانُ الشَّريطيَّة والدِّيدانُ المُسَطَّحةُ والدِّيدانُ المُدَوَّرة (المَمْسُودات) والدِّيدانُ المُشَدَّفة (الحَلْقيَّات).

الطُّفَيليَّات

مُعظمُ الدِّيدانِ البَسيطةِ، كالدِّيدان المُسَطَّحة، مُنعَضِياتٌ مِجْهريَّةٌ أصغَرُ من أن تُرى بالعَيْنِ المُجَرَّدة. لكِنَّ بعضَ الشَّريطيَّات (الدِّيدان الوَحيدة) الطُّفَيْليَّةِ تنمُو لِتَطولَ أكثرَ من 20 بترًا. والدِّيدانُ الطُّفَيْليَّةُ تَعيشُ داخِلَ النَّباتاتِ والحيوانات أو علَيها. فيَرَقاناتُ إحدى الدِّيدانِ الخَيطيَّة قد تَدْخُل جِسْمَ الإنسان فتُهاجِرُ إلى الرِّئتَيْن. وعندما يَسْعُلُ العائلُ البَشَريُّ يَبْتلِعُ اليَرَقاناتِ فتَسْتَقِرُّ في المَعِدةِ وتَغْتذي بغِذاءِ العائل وتضَعُ بُيوضًا تَسْري إلى خارجِ الجِسْم مع بِرازِه. هذه البُيوضُ قد تُلْتَقَطُ لِتُعدِيَ شخصًا آخر.

الخَراطين (ديدانُ الأرض)

الخُرطونُ دُودةٌ مُشَدَّفةٌ (أو حَلْقيَّة). وهي تَبْتلِعُ التُّرابَ وتَهْضِمُ المادَّةَ النباتيَّةَ فيه؛ ثُمَّ تُفْرِغُ أو تُبَرِّزُ الفَضَلاتِ التُّرابيَّة كمُصَرَّحاتٍ دُوديَّة تُخْصِبُ التُّرْبة.

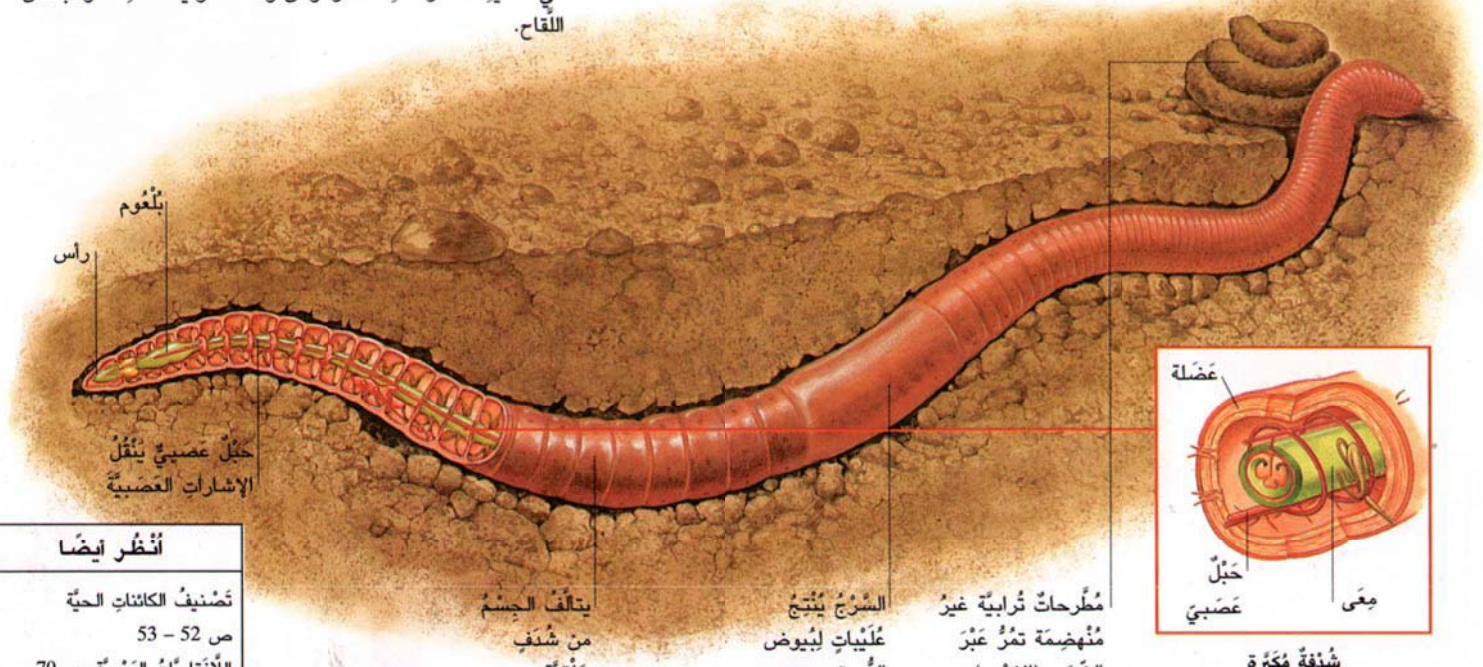
بتألَّفُ جِسْمُ الدُّودةِ من سِلْسلةٍ من الشُّدَفِ الحَلْقيَّةِ مُغَطَّاةٍ بِهُلْبٍ دقيقة تُساعِدُ على الحَرَكة. الخَراطينُ خُنْثيَّةٌ (مُزْدَوجةُ الجِنْس)، يَعْني أنَّها تحوي أعضاءً جِنْسيَّة ذَكَريَّةً وأُنثيَّة.

ليسَتِ الدِّيدانُ كُلُّها شَبيهةً بالخَراطين (ديدانِ الأرض) المُشَدَّفةِ التي نَجِدُها في الحديقة. فالعَلَقُ أشبَهُ بالبَزَّاق وهي ذاتُ مِمَصَّاتٍ، فيما الدُّودةُ المَحاريَّةُ البَحْريَّةُ مُغَطَّاةٌ بِنُتوءاتٍ هُلْبيَّة.

الدِّيدانُ البَحْريَّة

التركيبُ الجَسديُّ للدِّيدانِ البَحْريَّة (أو كثيراتِ الشَّعْر) مُماثِلٌ لتَركيبِ أجسامِ الحَلْقيَّات، لكِنَّ الهُلْبَ على أجْسادها أطولُ. بعضُ الدِّيدان البَحْريَّة تَغْتذي بالنَّباتات، لكِنَّ الكثيرَ منها صيَّادةٌ تَقْذِفُ أُنبوبًا طويلًا (خُرْطومًا) تَقْبِضُ به فَريسَتَها.

الجانِبُ السُّفْليُّ من خُرطونِ حدائقَ نَمُوذَجيَّةٍ مُغَطًّى بهُلْبٍ دَقيقةٍ تَستَخْدِمُها الدُّودةُ لِجَرِّ نَفْسِها قُدُمًا. والخَراطينُ تَتَنفَّسُ عَبْرَ جِلْدِها. في عمليَّةِ التكاثُر تتَّخِذُ الخُرطونان وَضْعًا طوليًّا مُتَعاكِسًا وتتبادلان اللِّقاح.



انْظُر أيضًا

تَصْنيفُ الكائناتِ الحيَّة ص 52 – 53

اللَّافَقاريَّاتُ البَحْريَّة ص 70

القِشْريَّات

تؤلِّفُ طائفةُ القِشْريَّات قِسمًا مُهمًّا من شُعْبةٍ كبيرة من المُتعضِّيات تُسمَّى المَفْصِليَّات. وهي تَضُمُّ أكثرَ من 42 000 نَوْعٍ مُختلِفٍ - يَعيشُ الكثيرُ منها في المُحيطات.

كَرْكَندٌ (سَرطانٌ بَحريّ) أمريكيٌّ يَغْتَذي بسَمكةٍ رَنْكَة. الكركَند من أضْخَم القِشْريَّات - فقد يبلُغ وَزنُه 20 كغ. وهو مُهمٌّ في الصِّناعةِ السَّمكيَّة، إذ يُعْتَبر لَوْنًا فائقَ الرَّواجِ من ألوانِ الطَّعام.

كَثيرٌ من القِشْريَّات، كالقُرَيْدِس (الجَمْبَري) والكَرْكَند والسَّرطان (السَّلْطَعون) وجَرادِ البَحْر مألوفةٌ في المَطابخ كما في كُتُبِ عِلْم الأحياء. لكنْ هنالك أنواعٌ كثيرةٌ كحِمار القبَّان ورُغوث الماء والبَرْنَقيل تَختلفُ شَكلًا وحَجْمًا - من مِجذافيَّات الأرجُل وبَراغيثِ الماء، التي لا تكادُ تبلغ المليمِتْر طولًا، إلى السَّرطان العنكبوتيِّ العملاق الذي يزيدُ امتدادُه على ثلاثةِ أمتار. والقِشْريَّاتُ ذاتُ هيكلٍ خارجيٍّ صُلْب، يَحْمي أنسِجةَ الجِسْم الطَّريَّة؛ وهي حيَواناتٌ مُتمَفْصِلةُ الجِسْمِ والأَرجُل.

قِلَّةٌ من القِشْريَّاتِ تَعيشُ على اليابسة، كحِمار القبَّان الذي يَستوطِنُ الأماكنَ المُظْلِمةَ الرَّطْبة. وهو إذا أحَسَّ بِخَطَر يتكوَّرُ لاتِّقائه. أمَّا مُعظمُ القِشْريَّاتِ الأُخرى فتَعيشُ في الماء. لكِنَّ بعضَ السَّرَطاناتِ تَسْتطيعُ العَيْشَ على الشواطئ - حتَّى إنَّ بعضَها، كالسَّرَطان السَّلَّاب، يَتسَلَّقُ الأشجارَ بِنَزَقٍ ويَغْرَقُ في الماء.

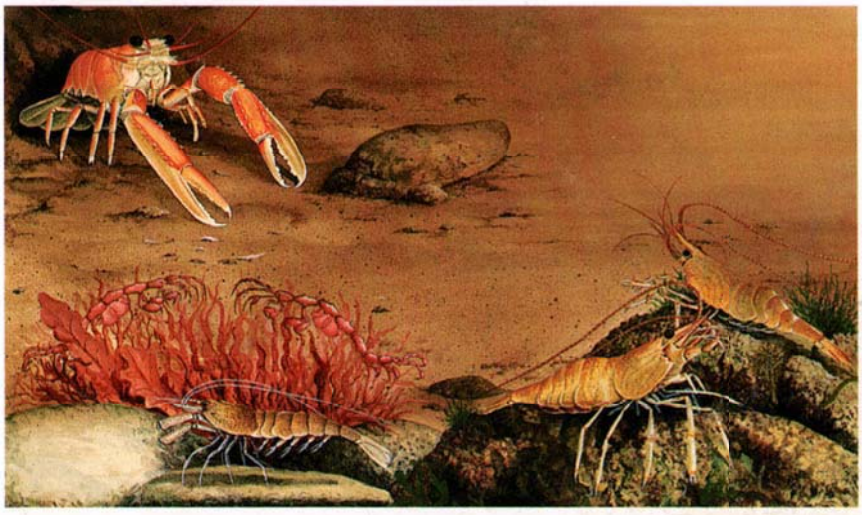
حِمارُ القبَّان ذو سَبْعةِ أزواجٍ من الأرجُل. طولُه حوالى 1,5 سم وجسمُه مُغَطًّى بصفائحَ قَرْنيَّةٍ مُتَراكِبةٍ تَحْميه من المُفْتَرِسات.

ذكُورُ السَّرَطانات الكَمانيَّةِ ذاتُ مِخْلَبٍ إضافيٍّ كُلّابيٍّ يُلَوِّح به واحِدُها لاجتِذاب رَفيقةٍ أو لِتَحْذيرِ الذُّكورِ الأخرى.

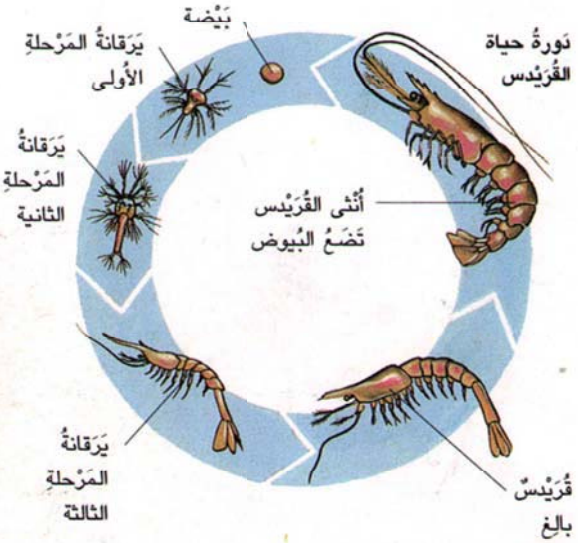
من البَيْضةِ إلى البُلوغ

تَبْدأُ القِشْريَّاتُ حياتَها بُيوضًا تَفْقِسُ عن يَرَقاتٍ دَقيقة. ونُكَوِّنُ الملايينُ من هذه اليَرَقات عوالِقَ تَطْفو في البِحار. ويُلاحَظُ أنَّ الكثيرَ من يَرَقاتِ القِشْريَّات لا تُشْبِهُ والِدَيها أبدًا. فيَرَقانةُ البَرْنَقيل سبَّاحةٌ رَشيقةٌ، لكِنَّها عنْدَ البلوغِ تُلْصِقُ نفْسَها مَكينًا بصَخرٍ أو بجدار سفينةٍ وتَسْتَقِرُّ عليه.

البَرْنَقيل قِشْريٌّ صغيرٌ يَلْتصِقُ بالصُّخورِ والسُّفُنِ والأَرْصفةِ البَحْريَّة. ويَمُدُّ أقدامًا رِيشيَّةً لِالْتِقاطِ غِذائه.



القُرَيْدساتُ (في أماميَّةِ الصُّورة) والكَرْكَنداتُ (في أعلى اليَسار) هي من أشهر القِشْريَّات. وهي، بالإضافةِ إلى السَّرَطانات وجَرادِ البَحْر، ذاتُ خمسةِ أزواجٍ من الأطراف وتُؤلِّفُ رُتْبةً كبيرةً من القِشْريَّاتِ تُسمَّى عُشاريَّاتِ الأَرْجُل.



تضَعُ أُنْثى القُرَيْدس بُيوضًا تَفْقِسُ عن يَرَقاناتٍ سَبَّاحة. تَمُرُّ اليَرَقاناتُ في مَراحِلَ تطَوُّريَّةٍ مُتعَدِّدةٍ قَبْل أنْ تُصْبِحَ قُرَيْدساتٍ بالِغةً تامَّةَ النمُوّ.

أُنْظُر أيضًا

اللَّافقاريَّاتُ البَحْريَّة ص 70
الرَّخْويَّات ص 71
الحَرَكة والتنَقُّل ص 92
الهِجْرة ص 93

العَناكِبُ والحُرُشُ (كثيرات الأَرْجُل) والعَقارِب

هذه الحيواناتُ هي طائفةٌ من شُعْبةِ المَفْصِليَّات كما السَّرَطاناتُ والحَشَرات. العناكِبُ والعَقارِبُ ثُمانيَّةُ الأرجُل وتُسَمَّى، مُجْتمِعَةً، العنكبيَّات؛ والحُرُشُ المُسمَّاةُ مئويَّةَ الأرجُل لمُعظمِها ما بين 15 وَ 23 زوجًا – زَوجٌ في كُلِّ شُدْفة. أما أَلْفِيَّة الأرجُل فلا تزيدُ أرجلُها على 750. وتُسَمَّى الحُرُشُ مُجتمِعَةً كثيراتِ الأرجُل.

عُقَيرَباتٌ مَحْمولةٌ على ظَهْرِ العَقْرب الأُمّ

قِلَّةٌ من المَفْصِليَّات تَعْتَني بصِغارِها وتَتعَهَّدُها؛ لكِنَّ بعضَ إناثِ العَقارب تَلِدُ صِغارَها نَشِطةً فتَحْمِلُها على ظَهْرِها لِحمايَتِها من الضَّواري.

العَنكبيَّاتُ في مُعظمِها حيواناتٌ صَيَّادة، وهي مُسَلَّحةٌ بكُلّابتَيْن سامَّتين ومُستَودعٍ من أحابيل الصيد. مئويَّاتُ الأرجُل لاحِمةٌ صيَّادةٌ تَغْتذي بالحَشَرات والعناكِب والديدان وسِواها من صغار الحيوان؛ أمَّا أَلْفِيَّاتُ الأرجُل فعاشِباتٌ تَغْتذي بالنَّبْتِ الأخضر أو المُتَحلِّل. بعضُ أَلْفِيَّات الأرجُل سامَّةٌ، لكِنَّها تَسْتَخْدِمُ سُمَّها دفاعًا عن النَّفْس فقَطْ ضِدَّ المُفترِسات.

العَناكِب

العَناكِبُ من أنجَح الحيَواناتِ الصيَّادة في العالَم. فبعضُها يَنْسُجُ شِعاعًا (ج. شُعّ) حريريَّةً يَصْطادُ بها الحَشَراتِ الطيَّارةَ؛ وبعضُها الآخرُ يُطارِدُ فرائسَه بِسُرعةٍ، أو يَكْمُنُ في أَجْحارٍ لينقَضَّ عليها. العَناكِبُ السَّرطانيَّةُ تَعيشُ داخِلَ الأزهارِ وتَعْدو جانبيًّا. أمَّا العَناكِبُ المائيَّةُ فتَصْطادُ في الماءِ أو على مَقْرُبةٍ منه.

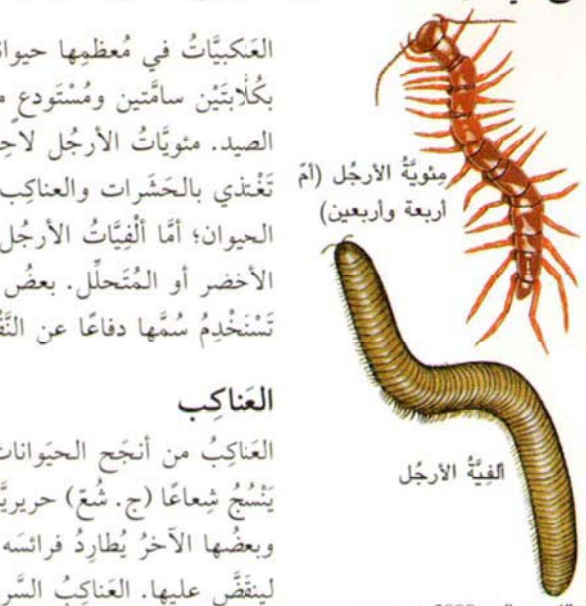
جميعُ العناكِب تَغْزِلُ حَريرًا، حتَّى تلك التي لا تَنْسُجُ شِعاعًا؛ وهي تَشُلُّ فرائسَها بكُلّابتَيْن سامَّتَيْن. بعضُ الأنواع، كالأرملة السَّوداء سامٌّ مؤلمُ اللَّسْع - لكِنْ نادرًا ما يكونُ مُميتًا للبَشَر. العناكِبُ تَغْتذي فقط بغِذاءٍ مُسَيَّل. لذا فهي تَبْجُس عُصاراتٍ هاضِمةً على ضحاياها فتُسَيِّلُها ثُمَّ تَمْتَصُّها.

العَقارب

العَقارِبُ في الغالِب تَستوطنُ المُناخاتِ الدافئة الجافَّة. وهي ذاتُ كُلّابتَيْن، تَقْبِضُ بهما على فرائسِها، ومِخْلَبٍ سامٍّ في ذَيْلِها. وهذا الذَّيلُ يلْتَوي فوق رأسِ العَقْرب جاهِزًا للانقِضاض. إنَّ لَدْغةَ الكثيرِ من العَقارب قد تُمْرِضُ الشخصَ، لكِنَّها نادرًا ما تكونُ قتّالةً.

مِئويَّاتُ وأَلْفِيَّاتُ الأَرْجُل

لَسْعةُ مئويَّاتِ الأرجُل سامَّةٌ كلَسْعةِ العَناكِب. فالزَّوجُ الأوَّلُ من أرجُلِ الحَريش (أمّ أربعٍ وأربعين) مُحَوَّرٌ إلى كُلّابتَيْن. جميعُ مِئويَّاتِ الأرجُل لَيْليَّةُ النَّشاط – تُلاحق فرائسَها، من رِخْوِيَّاتٍ وديدانٍ وحَشَراتٍ صغيرة، بِخُطًى قصيرةٍ سَريعة. أمَّا أَلْفِيَّاتُ الأرجُل الأكثر أرجُلًا فتَقْتاتُ بأوراق النَّباتاتِ والمَوادِّ العُضْويَّة المُنحَلَّة.



مِئويَّةُ الأرجُل (أمّ أربعة وأربعين)

أَلْفِيَّةُ الأرجُل

هنالك حوالى 3000 نوع من مئويَّات الأرجُل – تَتفاوَتُ أطوالُها من 2 سم إلى 27 سم. وحيثُ إنَّها عديمةُ القِشْرة الجَسَديَّة الواقية فإنَّها مُضطرَّةٌ لِلعيش في بيئةٍ رَطْبة. أجْسامُ أَلْفِيَّات الأقدام أكثر استِدارةً من مئويَّاتِ الأقدام وأطوالُها تَتَراوحُ ما بين 2 ملم و28 سم ويُوجَدُ منها حوالى 6500 نوع.

بُوَيْب المِصْيدة

عَنْكبٌ في جُحْره

كَثْرةٌ من العناكِب تَصْطادُ من مَكْمَنها مُتَرَبِّصةً بالفرائسِ العابرةِ عَرَضًا. عَنكَبُ بوَيْب المِصْيدة يَخْتبئ في جُحرِه، فاتحًا البُوَيْبَ المُمَفْصلَ ومُتَهيِّئًا للانْقِضاض على حَشَرةٍ مارَّة عندما يتحَسَّسُ حركةَ عُبورِها.

العَنْكبُ المُغْتذي بالطُّيُور

العَنْكبُ المُغْتذي بالطُّيُور هو نوعٌ من الرُّتَيْلاءِ العِملاقة. يَبْلُغُ طولُ جِسْمِه حوالى 9 سم؛ وهو يَقْوَى على قَتْلِ أفراخِ الطيُور في أعشاشِها. لكنَّ الحَشَراتِ هي مُعظمُ غِذائه اليَوميّ.

عَنْكبُ الشُّعِّ الدائريّ

عناكِبُ الشُّعِّ الدائريّ تَنْسُجُ شِعاعًا تُعتَبرُ أكثرَ جميعِ شِعاعِ العناكب تَعْقيدًا. وقد يَقْبَعُ العَنْكَبُ مُنْتَظرًا في وَسَطِ الشُّعِّ، أو يَخْتَبئُ على مَقْرُبةٍ منه مُمْسِكًا بِخَيْطِ إشارةٍ يُنْذِرُه باعتِلاقِ حَشَرةٍ في شُعِّه الدَّبِق.

اُنْظُر أيضًا

الرَّخْويَّات ص 71
الدِّيدان ص 72
القِشْريَّات ص 73
التهايُؤُ التكيُّفيُّ والدِّفاع ص 95

الحَشَرات

ليسَ للحَشَراتِ ما تَقْصُرُ به عن سائرِ الحيوانات سِوى محدوديَّةِ الحَجْم. فهي تَسْتطيعُ العيشَ حَيثُما كانَ في العالَم، وتَقْتاتُ بأيِّ نوعٍ من الغِذاء، لكِنَّها لا تَسْتطيعُ النُّمُوَّ ألى أكثرَ من بِضْعةِ سنتيمترات طولًا.

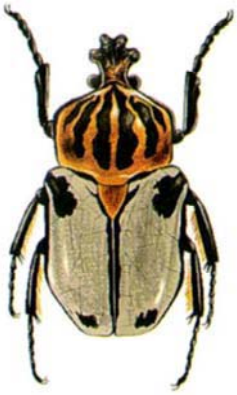
القَمْلَةُ البَشَريَّةُ كسائرِ القَمْلِ المَصَّاصة تَغْتَذي بدَمِ اللُّبُونات؛ وبعضُها لَسَّاع. وأجزاءُ الفَم في جميعِ أنواعِ القَمْلِ مُهايأةٌ لِطَريقةِ أغْتذائها.

الحَشَراتُ أكثَرُ أنواعِ الحيوانات عددًا. فالمَعْروفُ منها يَزيدُ على المليون نوعٍ – أي أكثر من مُجْمَلِ أنواع الحيوانات الأُخرى مُجْتمِعةً.

جِسْمُ الحَشَرة

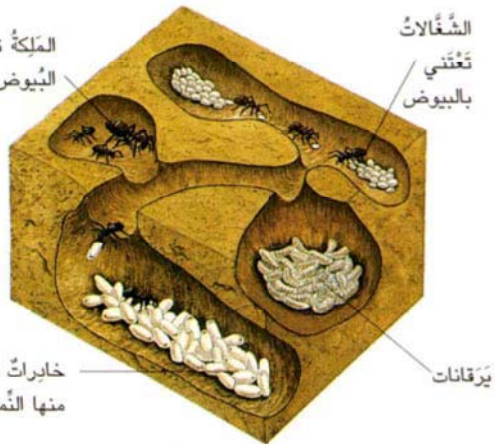
حَجْمُ الحَشَرات يَتَراوحُ بينَ البَراغيثِ الدقيقة المِجْهَريَّةِ والخنافِسِ بِحَجْمِ قَبْضةِ اليَد. والحَشَراتُ لا هَيْكلَ عَظْميًّا لها وهي تَسْتَعيضُ عنها بأغلفةٍ قِشْريَّةٍ أو هياكِلَ خارجيَّةٍ صَلْدة تَحْمي الأعضاءَ الداخليَّة وتلتصقُ بها عَضَلاتُ الحَشَرةِ من الداخل.

جميعُ الحَشَرات مُتماثِلَةٌ في تَصْميمِ الجِسْم. فالجِسْمُ يَنْقَسِمُ إلى ثلاثةِ أجزاء: رَأس وصَدْرٍ وبَطْن. فالرأسُ فيه العينان والفكوك (الفكّان الأماميّان والفكّان الخلفيّان) وقَرْنا الاستِشعار. والصَّدْرُ هو الجُزْءُ الأَوسَط الذي تَتَّصِلُ به الأرجُل السِّتُّ وزَوجُ أو زَوجا الأجنحة في الحَشَرات الطيَّارة. والبَطْنُ، وهو الجُزْءُ الخَلْفيُّ، يَحْوي المَعِدةَ والأعضاءَ التناسُليَّة وأنابيبَ التنفُّس وفوهاتِها المُنْتَشرةَ على هذا الجُزْءِ كثُغورٍ تَنفُّسيَّة. وتَحُلُّ هذه الأنابيبُ مَحَلَّ الرِّئتَيْن؛ وبسَبَبِها لا تَسْتطيعُ الحَشَراتُ النُّمُوَّ إلى أحجامٍ كبيرة. لأنَّ الهواءَ حينئذٍ لن يَتَمَكَّنَ من الدُّخولِ والانْتِشارِ في أجسامِها بالسُّرعةِ الكافيةِ عَبْرَ ثُغورِ التنفُّس.



ذَكَرُ الخَنافِسِ الإفريقيَّة الجبَّارة أضخمُ وأثقلُ حَشَرةٍ في العالَم، إذْ يَبْلُغُ طولُه 110 ملم ويَزِنُ 100 غرام. ولَو كانَ أثقَلَ لانهارَ تحتَ وَطأةِ وَزْنِه وعُسْرِ تنَفُّسِه.

للكثيرِ من الحَشَراتِ زَوجٌ من الأعيُنِ المُرَكَّبة، تتألَّفُ واحدتُها من مئاتِ العَدَسات (أو العُيَيْنات) التي تكَوِّنُ كُلٌّ



النَّمْلُ من الحَشَراتِ الاجتماعيَّة. في عُشِّ النَّمْل الجَماعيِّ تضَعُ المَلِكةُ البُيوضَ؛ والشَّغَّالات تَرْعى البُيوضَ واليَرَقانات؛ والجُنودُ تَحْمي القَرْيَةَ العُشّ.

منها صورةً دقيقة. لكِنَّ دِماغَ الحَشَرة يُوَحِّدُ هذه الصُّوَرَ في صُورةٍ واحدة.

الحَشَراتُ الاجتماعيَّة

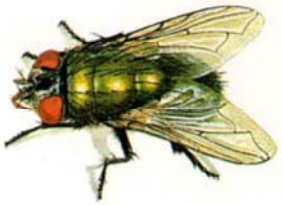
النَّمْلُ والأَرَضُ والكثيرُ من الزَّنابيرِ والنَّحْلِ كُلُّها حَشَراتٌ اجْتماعيَّة – تَقومُ أفرادُها بوَظائفِها كأعضاءٍ في عَميرةٍ واحدة. وتَتَرَكَّزُ حياةُ العَميرةِ على مَلِكةٍ واحدةٍ تضَعُ البُيوض. وتَقْتَصِرُ وَظيفةُ الذُّكورِ على إخصابِ المَلِكاتِ الجديدة التي تَطيرُ لِتُؤَسِّسَ عَميراتٍ جديدة. وتَنْتَهي حياةُ الذكور بانتِهاءِ وَظيفتها. الشَّغَّالاتُ تَقومُ بمُهِمَّاتٍ مُتَنَوِّعةٍ لِتَسْييرِ شؤونِ العَميرة؛ وهي تَنْقَسِمُ إلى فِرَقٍ مُتَراتِبة تَقومُ كُلٌّ منها بأعمالٍ مُعَيَّنة – فالنَّملُ الجُنديَّةُ، مثلًا، تَحْمي العَميرة.

الحَشَراتُ الاجتماعيَّةُ تَبْني بِنًى مُعَقَّدة. فالزَّنابيرُ تَصْنَعُ أعشاشًا وَرَقيَّةً من مُضاغة النَّبْت. والنَّحْلُ تَبْني أقراصَ عَسَلٍ شَمْعيَّةً هَنْدسيَّةً مُنَخْرَبةً بعُيونِ الشِّهاد. والنَّمْلُ والأَرَضُ تَبْني من التُّربةِ قُرًى عُشِّيَّةً ضخمة. ◄

جِسْمُ هذا الزُّنْبارِ ثُلاثيُّ الأَجْزاء كسائرِ الحَشَراتِ. والحَشَراتُ البالِغةُ لها ثلاثةُ أزواجٍ من الأرجُلِ المُتَمَفْصِلةِ وغِلافٌ جِسْميٌّ عاسٍ هو هيكَلُها الخارجيّ. وللكثيرِ من الحَشَرات زَوجٌ من العُيون المركَّبةِ الضخمة.

قَرْنا الاستِشْعار هما عُضْوا حِسّ الشَّمِّ في الحَشَراتِ وفي بعضِ الحَشَرات الذَّوْقِ أيضًا

رأسٌ يتكوَّنُ من 15 أو 6 شُدَفٍ مُنْدَمجة – وهو يَحْوي العَيْنين وقَرْنَي الاستِشْعار وأجزاءَ الفَم



فَصيلة الذُّباب إحدى أكبرِ الفِئات الحَشَريَّة؛ ففيها أكثَرُ من 750 000 نَوْع. كَثيرٌ من أنواع الذُّبابِ تضَعُ بُيوضَها في رَوْثِ الحيَواناتِ أو في الأطعمةِ المُتعَفِّنة. والبعضُ منها يَنْشُرُ أمراضًا، كالكُوليرا (الهواءِ الأصْفر) والمَلاريا (البُرَداء).

السُّرْمانَاتُ أسْرعُ الحَشَراتِ الطيَّارة في عالَم الحَشَرات. وهي تَسْتطيعُ التَّحْويمَ، وحتَّى الطيرانَ إلى الوراءِ أثناءَ قَنْصِ فرائسِها بأرجُلِها الطويلة. حَواري (ج. حَوراء) السُّرْمانات مائيَّةُ العَيْش تَتطَوَّرُ تحت الماءِ في البِرَكِ والمُسْتَنْقَعات.

تضَعُ أُنثى الجُنْدُب بُيوضًا تَفْقِسُ عن حواري (عذارى) عديمةِ الأجنِحة. وحينَما تُنْمي الحواري أجنِحةً تَبْدو كأنَّها نُسَخٌ مُصَغَّرةٌ عن أبوَيْها. وهي تَسْتَطيعُ القَفْزَ فقَط، لِذا فإنَّها تَتواجَدُ على مَقْرُبةٍ من الأرض. أمَّا الجنادبُ البالِغةُ فتَسْتطيعُ الطيرانَ إلى سُوق النباتات.

دَورةُ حَياةِ الفَراشة المَلكيَّة

تضَعُ هذه الفَراشةُ بُيوضَها على نَبْتةِ الصُّقلاب ذتِ العُصارة اللبنيَّة. وتفقِسُ كُلُّ بَيْضةٍ عن يَرَقانةٍ أو أُسْروع يأكُلُ الأوراقَ ويَنْمُو بسُرعة؛ وتعملُ ألوانُ حَلَقاته الزاهية المُخطّطة على تَرْويع الطيور الجائعةِ وإبعادِها. وعندما يكتمِلُ نمُوُّ الأسروع يتحَوَّلُ إلى خادِرةٍ (حَوراء). وداخِلَ الغِلافِ (الفَيلَجة أو الشَّرْنَقة) الذي يَبْدو لا حياتيًّا في الظاهر، تَحْدُثُ عِدَّةُ تَغَيُّرات. ثُمَّ تَنْشَقُّ الشَّرنقةُ عن حشَرةٍ بالِغةٍ تَزْحفُ خارجَها. وما إن تجِفَّ أجنِحَتُها حتَّى تَطيرَ في سَبيلها.

1 تضَعُ الأُنثى بُيوضًا على أوراق الصُّقلاب

2 تَتفَقَّسُ البُيوضُ عن ساريعَ تبدأ بالأكْل

3 الأسروعُ المُكْتمِلُ النمُوّ يَغزِلُ خُيوطًا حَريريَّة

4 يُطَرْحِ الجِلْدُ كاشِفًا عن حَوراء (خادِرة)

الطَّبَران

مُعظمُ الحَشَراتِ لها زَوْجانِ من الأَجنِحَة. لكِنَّ شَغَّالاتِ النَّمْلِ والبَراغيثِ عديمةُ الأَجْنِحة. ولا يَبْدو الجُعَلُ (الخُنْفُساء) ذا أجنِحةٍ لأنَّ جَناحَيْه الأماميَّيْن يُشكِّلان غِلافَيْن صُلْبَين يُغَطِّيان الجَناحَيْن الخَلْفيَّيْن المُرْهفَيْن اللَّذَيْن يَطيرُ بهما. أمَّا الحَشَراتُ الطيَّارةُ الأَسْرعُ، كالزَّنابير، فلها زَوْجانِ من الأجنِحة. الذُّبابيَّاتُ الحَقَّة ذاتُ زَوجٍ واحدٍ من الأجنِحةِ الطيرانيَّة، والجَناحان الخَلْفيَّانِ يتطَوَّران إلى نَوعَيْنِ دبُوسيَّيْن يُستَخْدمان للتَّوازُن.

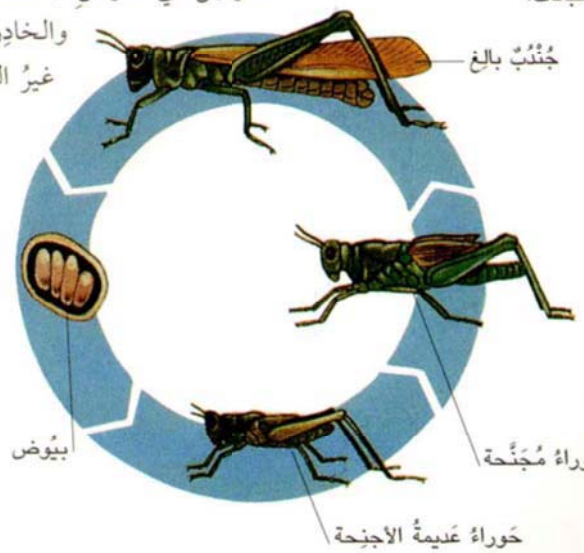
الدَّوراتُ الحياتيَّة

إناثُ الحَشَرات كُلُّها تَسْراً (تضَعُ) بُيوضًا. وصِغارُ مُعظمِ الحَشَرات تَمُرُّ عَبْرَ مراحِلَ أَرْبعٍ من النمُوِّ والتطَوُّر. وهذه المرحِلُ في الفَراشِ والعُثِّ هي: البَيْضةُ، واليَرَقانةُ، والخادِرةُ، والحَشَرةُ البالِغة. والحَشَرةُ غيرُ المُكْتَمِلةِ النُّمُوّ هي سُرْفَةٌ (أُسروعٌ) لا شَبَهَ مُطلقًا بينَها وبينَ الحَشَرةِ البالِغة. والأساريعُ لا عَملَ لها سِوى ٱلْتِهامِ النَّباتات. أمَّا الفراشُ والعُثُّ البالِغة فوَظيفَتُها الرئيسيَّةُ هي التَّزاوُج.

بعضُ حَشَراتٍ أخرى، كالجنادبِ والصراصير (بَنات وِرْدان) تَمُرُّ عَبْرَ عمليَّةِ نُمُوٍّ ثُلاثيَّةِ المَراحِل – بَيْضة، وحَوراء، وحَشَرةٍ بالِغة. وتَبْدو الحَوراءُ كأنَّها نُسْخَةٌ مُصغَّرةٌ عن الحَشَرةِ البالِغة، لكِنَّها غالبًا عديمةُ الأجنِحة – في حين أنَّ الحَشَرةَ البالِغةَ مُجَنَّحَةٌ عادةً.

الطَّعام

عمليَّاتُ التطَوُّرِ والتكيُّف البيئيِّ على مَدى العُصور جَهَّزتِ الحَشَراتِ بأجزاءِ فَمٍ تَسْتطيعُ أكْلَ ضُروبٍ مُخْتلِفةٍ من الأطعمة. فبعضُ الحَشَراتِ لاحِمٌ يَصْطادُ فَرائسَه بالمُلاحقةِ السَّريعة (كالسُّرْمان) أو يَقْنِصُها خُلْسَةً (كالسُّرعوفَة). فيما بعضُها الآخَر عاشِبٌ يَمْضَغُ الأوْراقَ أو يَمْتَصُّ النُّسْغَ أو يَنْقُبُ الخشَب.



◄ التَّزاوُجُ عندَ بعضِ الحَشَرات عمليَّةٌ خَطِرة. فالسُّرعوفَةُ الأُنْثى تَلْتهِمُ أيَّ شيءٍ في مُتناوَل فَكَّيْها – بما فيه الذَّكَرُ الذي تزاوَجَت معه منذُ لَحَظات.

5 داخِلَ الشَّرْنَقة، تتكَوَّنُ فراشةٌ بالِغةٌ تخرُجُ عندَ انفِلاق الجِلْد

6 تتَشبَّثُ الفَراشةُ بعُسْلوجٍ (غُصَينٍ) فيما يَسْري لدَّمُ في أجنِحَتِها الجديدة

7 عندما تَتقَسَّى الأجنِحَةُ وتَجِفُّ، تَطيرُ الفراشةُ في سَبيلها. ويُمكِنُ حينئذٍ بَدْءُ الدَّورةِ مُجَدَّدًا.

الحَشَراتُ المُؤذِيةُ والمُفيدة

بعضُ الحَشَرات، كالجَرادِ الصَّحْراويِّ في إفريقية، هي آفاتٌ مُدَمِّرة. فأَسْرابُ الجَراد قد تَمْحَقُ حَقْلًا كامِلًا من الزُّروع في بِضْعِ ساعاتٍ وتُسَبِّبُ مَجاعةً في بِضْعةِ أيّام. لكِنَّ كثيرًا من الحَشَراتِ الأُخرى هي حَشَراتٌ مُفيدةٌ. فَبِدُون النَّحْلِ والحَشَراتِ الطيّارةِ الأُخرى، لَنْ تَتَأَبَّرَ (تتلَقَّحَ) النباتاتُ المُزْهِرة، والأَشْجارُ المُثْمِرةُ لَنْ تُنْتِجَ ثِمارًا. وقد دأَبَ البَشَرُ على جَنْيِ العسَلِ الذي تَصْنَعُه النَّحْلُ من رَحيقِ الأَزْهار، على مَدَى آلافِ السِّنين.

والحَشَراتُ القَمَّامةُ، كالخنافِس الدَّفّانة تَغْتذي بالموادِّ المَيْتةِ وتُساعِدُ في تَسْميدِ التُّرْبة. والدَّعسوقيّاتُ وبَعضُ الزَّنابير مُفيدةٌ لأنَّها تأكُلُ حَشَراتٍ أُخرى، كالأَرْق (حَشَراتِ المَنّ) ويَرَقاناتِ حَشَراتٍ ضارَّة أُخرى. ويَقومُ النَّاسُ بتَرْبيةِ دُودةِ القَزّ من أجْلِ حريرِ شرنَقَتِها الذي تَغْزِلُه أثناءَ تَحَوُّلِها إلى خادِرة.

خَوارِقُ صُغْرِيَّةٌ رائعة

هنالِكَ بعضُ الأَرقام القياسيَّةِ الخارِقة في عالَمِ الحَشَرات. فصَريرُ زيزِ الحَصاد يُمكِنُ سَماعُه عن بُعْد 500 مِتْر. ومَلِكةُ الأَرَضِ قد تُعَمِّرُ 50 عامًا. وتَسْتطيعُ حَشَراتٌ كثيرةٌ رَفْعَ أو سَحْبَ أَجْسامٍ أَثْقَلَ من وَزْنِها 20 مَرَّة. لكِنَّ الحَشَرةَ الأَضْخَمَ، وهي فراشَةُ المَلِكة ألكسَنْدرا الطائريَّة الأجنِحة، لا تزيدُ بَسْطةُ أجنِحَتِها على 28 سم.

الجَرادُ حَشَراتٌ مُنفَرِدةُ العَيش. لكِنَّها تُشكِّلُ أَسْرابًا مُهاجِرةً ضَخْمةً حينما تتجَمَّعُ بالآلافِ لِسَرْءِ البَيْض. وجَحافِلُ الحواري العديمةِ الأجنِحَة تَدِبُّ على الأرض بَدْءًا، ثُمَّ تَطير. وبعضُ أسرابِ الجَراد تَلْتهِمُ ما يُلاقيها من زُروع دونَ أنْ تَتْرُكَ فيها وَرقةً نَباتيَّةً واحدة.

خُطّافِيّاتُ الذَّيْلِ فَراشاتٌ كبيرةٌ في إفريقية وأوروبا وآسيا. مُعظمُ الفراشِ يَطيرُ نَهارًا.

تَطيرُ العُثُّ لَيلًا في الغالِب. وهي إجمالًا اقلُّ تلوُّنيَّةً وتألُّقًا من الفَراش. والبَسْطَةُ الجناحِيَّةُ للعُثَّةِ القَمَريَّة حوالى 11 سم.

عُثَّةٌ إمبراطوريَّة. تُبقي العُثُّ أجنِحَتَها مَبْسوطةً أثناءَ السُّكون. وتَسْتطيعُ بخَفْقِ أجنِحَتِها المُبَقَّعة تَجْفيلَ الأعداء.

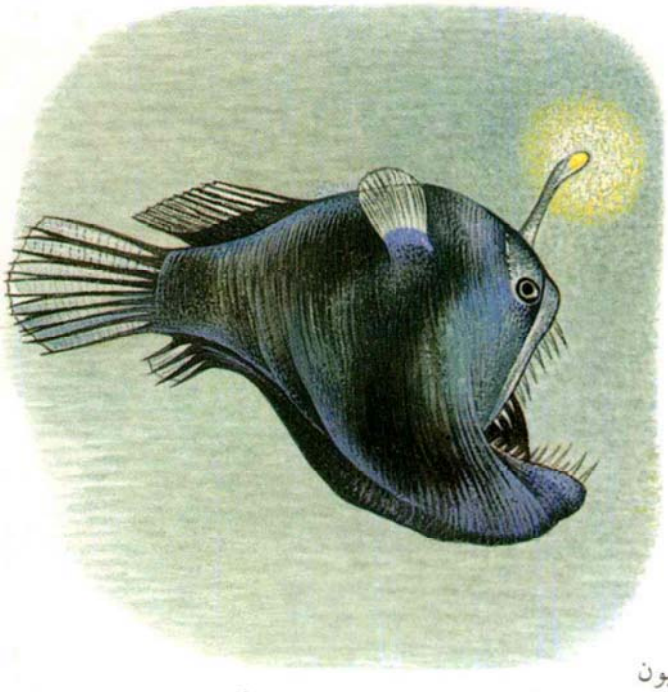
الفَراشاتُ الكَبيرة، كهٰذه الزَّاجابْرُوك الطائريَّةِ الجَناح، تتَواجَدُ في الغاباتِ المَداريَّة. والفَراشاتُ عادةً تَطْوي أجنِحَتَها إلى أعلى عندَ السُّكون.

أُنْظُر أيضًا

العَناكِبُ والحُرُش (كثيرات الأَرجُل) والعَقارِب ص 74
التناسُلُ الحيَوانيّ ص 88 – 89

الأَسْماك

الأَسماكُ كانت الحيواناتِ الفَقاريَّةَ الأُولى ذاتَ العَمودِ الفَقَريِّ والهيكلِ العَظميَّيْنِ؛ وهي الحيَواناتُ الأفضَلُ مُهايأةً للعَيْشِ في الماء.



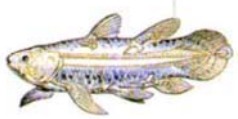
سَمَكةُ الأعماق «أبو شِصّ» تعيشُ في الظُّلْمةِ وتَجْتَذِبُ فرائسَها بِطُعْمٍ شَرَكيٍّ مُضيءٍ. والكثيرُ من أسماكِ الأعماق تُوَلِّدُ أضواءَها الخاصَّةَ لاجتذابِ القَرينِ أحيانًا.

أنواعُ الأَسْماك

تُصَنَّفُ الأَسماكُ حسَبَ بِنْيةِ أَجسامِها وهياكِلِها. هنالك أسماكٌ عديمةُ الفَكَّيْنِ وأسماكٌ غُضْروفيَّةٌ ونوعانِ من الأسماكِ العَظْميَّة.

الجَلَكي (أعلاه) والجِرِّيثُ أسماكٌ بدائيَّةٌ جِدًّا ذاتُ أفواهٍ ماصَّةٍ بدَلَ الفكَّيْنِ والأسنانِ الصُّلْدة. ويعتقِدُ العلماءُ أنَّ جميعَ الأسماك في مياهِ العالَمِ تحَدَّرَت مِنْ مِثْل هذه الأسماك.

هياكِلُ سَمَك القِرْشِ غُضْروفيَّةٌ لا عَظْميَّة. وأسلافُ هذه الضَّواري الشرِسةِ سبَحَت وتَصَيَّدت في بِحارٍ ما قَبْلَ التاريخ؛ والكثيرُ منها الآنَ مُهَدَّدٌ بالإنْقِراض.



السِّيلاكانت سَمَكةٌ عَظْميَّةٌ بدائيَّةٌ في المُحيط الهِنْدي. ويُمكِنُ اعتبارُها «أُحفورةً حيَّةً» إذ إنَّها مُتَواجِدةٌ على الأرض مُنْذُ قُرابةِ 400 مِليون سَنة.

سَمَكُ الفَرْخ مَثَلٌ على الأسماك العَظْميَّةِ المُعاصِرة التي تَعيشُ في المياهِ العَذْبة. هنالك حَوالى 20 000 نوعٍ من الأسماك العَظْميَّة، وهي أكثَرُ بِعِدَّةِ مَرَّاتٍ من الأسماكِ الأُخرى.

السَّمكةُ الرِّئويَّةُ الإفريقيَّةُ تطمِرُ نَفْسَها في الطِّين إذا جَفَّت بِرْكَتُها. وهي تَبْقَى حَيَّةً وساكِنَةً دونَ حَراكٍ بتنَفُّسِ الهواءِ عَبْرَ رِئَتَيْها.

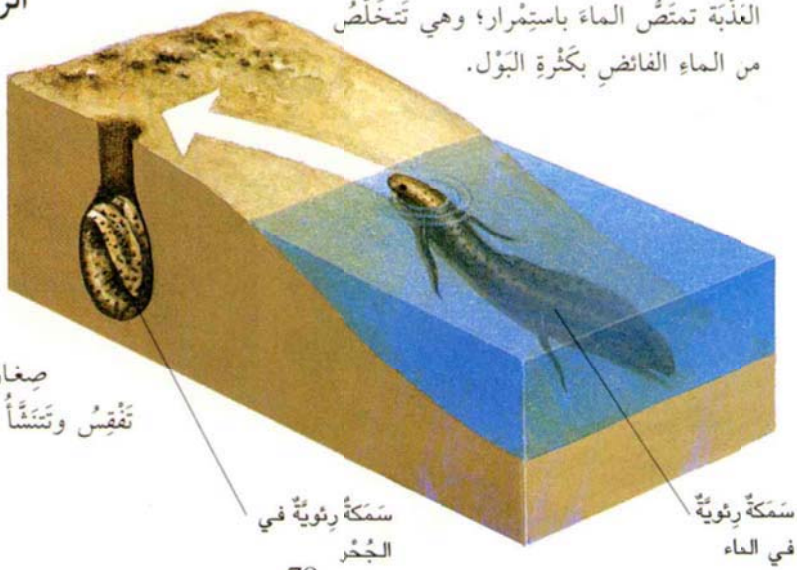
هنالك ثلاثُ فِئاتٍ من الأَسماك، تتَواجَدُ كُلُّها في مياه البِحار والمياهِ العَذْبة. فالأسماكُ الغُضْروفيَّةُ غُضروفيَّةُ لا عَظْميَّةُ الهياكلِ وجِلْديَّةُ لا حَرْشَفيَّةُ الجِلد؛ وهي تَشْمَلُ القِرْشَ والشَّفْنين. وأَصْغَرُ الفئاتِ هي الأسماكُ اللَّافكيَّةُ، كالجَلَكي والجِرِّيث. أمَّا كُبْرى الفئاتِ إلى حَدٍّ كبيرٍ فهيَ الأسماكُ العَظميَّةُ ذاتُ الحَراشفِ العَظميَّةِ، التي تُغَطّي أجسامَها، وذاتُ الهياكلِ العَظميَّة. وهذه الأسماكُ مُتَواجِدَةٌ حاليًّا بكِلا النَّكْلَين القديمِ والمُتَطَوِّر.

العَيْشُ في الماء

تواجَدت الأسماكُ الأُولى في البِحارِ مُنْذُ حَوالى 540 مِليون سَنة. وهيَ بمُنْظومةِ التنَفُّسِ عَبْرَ الخَياشيم، مُهايأةٌ تمامًا للعَيْشِ في الماء. مُعظمُ الأَسْماك لا تَسْتَطيعُ العيشَ خارِجَ الماء. فقَط الأسماكُ الرِّئويَّة هي التي تَسْتطيعُ تنَفُّسَ الهواءِ لأنَّها ذاتُ رِئتَيْن بدائيَّتين. هذه الأسماكُ تستوطِنُ المياهَ الرَّاكدةَ القليلةَ مُحتَوى الأُكسجين، لذا فهي تطْفو لِتَعُبَّ أنفاسًا من الهواءِ عندَ السَّطْح.

أسماكُ المياهِ المالِحة أو العَذْبة

حَوالى 60 بالمئة من مُختلِف أنواعِ الأَسماك تعيشُ في المياه المالِحة؛ وبِضْعَةٌ من الأنواع تَسْتطيعُ العيشَ في كِلا نَوعَي المياه – المالحةِ أو العَذْبة. وحيثُ إنَّ مياهَ البَحْر أكثَرُ مُلوحَةً من سوائلِ أَجْسامِها، فإنَّها تَفْقِدُ الماءَ عَبْرَ جِلْدِها بطريقةِ التَّناضُح (الإنْتشارِ الأُزْموسيّ). وهي تَشرَبُ ماءَ البَحْر باستِمْرار لِتَمْنعَ تَجْفافَ أجسامِها. ويَنْعَكِسُ الوَضْعُ في أسماكِ المياهِ العَذْبة، فإنَّ أَجْسامَها الأكثرَ مُلوحَةً من المياهِ العَذْبَة تمتَصُّ الماءَ باستِمْرار؛ وهي تَتخَلَّصُ من الماءِ الفائضِ بكَثْرةِ البَوْل.



الهِجْرة

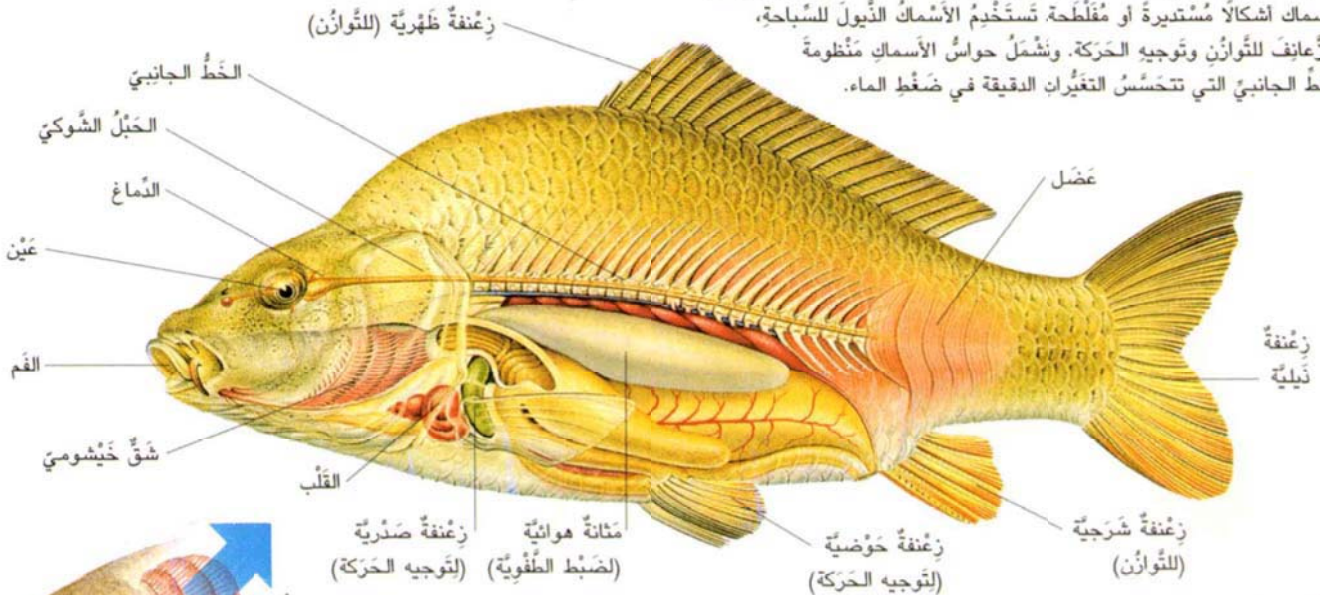
تَقومُ بعضُ الأَسماك بهِجْراتٍ طويلَةٍ عَوْدًا إلى مواقِعِ توالُدِها. فالسَّلْمونُ يَبدأُ حياتَه في المياه العَذْبةِ سابِحًا في اتِّجاهِ مَجْرى النَّهْر إلى البَحْر. وعندما تَبْلُغُ أسماكُ السَّلْمونِ سِنَّ التوالُد، تَقومُ برِحْلَةِ عَودةٍ مُذْهِلةٍ إلى النَّهْر ذاتِه الذي أُفرِخَت فيه – حيثُ تَتَزاوجُ وتُفْرِخُ وتموت – مُكمِلَةً دورةَ حياتِها. وتقومُ الأنقَليساتُ الأمريكيَّةُ والأوروبيَّة بهِجْراتٍ مُماثِلةٍ، من أنهارِ المياه العَذْبةِ إلى مِياه المُحيطاتِ العميقةِ المالِحة.

الرِّعايةُ الوالديَّة

إناثُ السَّمَك كُلُّها تَبيضُ؛ وتَسْرأُ السَّمكةُ عادةً كمِّيَّةً ضخمةً من البُيوض تُخْصِبُها الذُّكورُ. وعندما تُفْرِخُ الصِّغارُ تتدَبَّرُ أُمورَها بنَفْسِها غالِبًا. إذْ إنَّ قِلَّةً من الأَسْماكِ فقط تَهْتَمُّ برِعايةِ صِغارِها. فسَمكُ «أبو شوكة»، مثلًا، يَبْني أعشاشًا يُدافِعُ عنها الذَّكَرُ بضَراوة. وبعضُ المِشْطيَّاتِ (البُلْطيَّات) تَحْمِلُ صِغارَها في أفواهِها لِتَحْميها. وصغارُ فَرسِ البَحْر تَفْقِسُ وتَتنَشَّأُ في جِرابٍ خاصٍّ تحتَ ذَيْلِ الذَّكَر.

أَجْزاءُ السَّمَكة

جِسْمُ السَّمَكةِ العَظْميَّةِ عادةً مَشيقٌ انْسِيابيٌّ مُهايأٌ للسِّباحة – مع أنَّ لِكثيرٍ من الأسماك أشكالاً مُسْتديرةً أو مُفَلْطحة تَستَخْدِمُ الأَسْماكُ الذُّيولَ للسِّباحةِ، والزَّعانِفَ للتَّوازُنِ وتَوجيهِ الحَرَكة. ونَشْمَلُ حواسُّ الأَسماكِ مَنْظومةَ الخَطِّ الجانبيِّ التي تتحَسَّسُ التغَيُّراتِ الدقيقة في ضَغْطِ الماء.

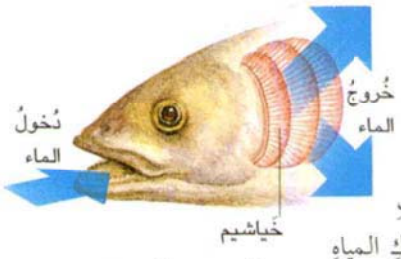


الأَشكالُ والمُهايآتُ التكيُّفيَّة

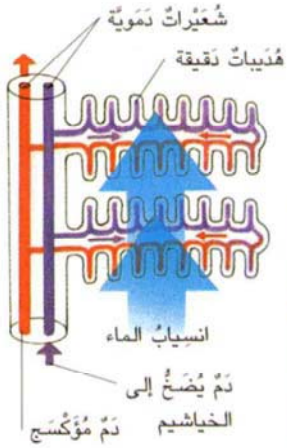
تتواجَدُ الأَسْماكُ بأشكالٍ جُسْمانيّةٍ مُتَنَوِّعة. بالأَنْقليساتُ أشبَهُ بالثعابين؛ والأسماكُ المُفَلْطحةُ، كالبْليس، تَبْدأُ حياتَها بالوَضْع المُعْتَدل ثُمَّ تَضْجَعُ على جانبٍ. وخِلالَ نمائها تَنْتَقِلُ عينُ الجانبِ السُّفليّ عَبْرَ الرأس إلى الجانبِ العُلْويّ بحيثُ تَسْتطيعُ السَّمكةُ البالِغةُ أن تَنْظُرَ من مَخْبئها في قاعِ البَحْر إلى أعلى بكِلْتا العَيْنين. والأَسماكُ الشَّيْهميَّةُ، ذاتُ الجلدِ الشَّوكيّ، تَنْفُخُ نفسَها كالبالون لِتُبْعِدَ المُفْتَرِساتِ أو تَصُدَّها. وبعضُ الأسماك، كعَقاربِ البَحْر والشِّفنين اللَّسَّاع، ذاتُ أشواكٍ سامَّةٍ قتّالةٍ حتَّى للبَشَر.

وبعضُ الأَسماكِ مُهايأةٌ بتَكْيُّفاتٍ غَريبةٍ. فأسماكُ الأَعماق في عالَمِها الدامِس، الذي لا يَبْلُغُه ضوءُ الشَّمْس، تُوَلِّدُ أضواءَها الكيماويّةَ الخاصَّة. وتُمَوِّجُ أسماكُ «أبو شصّ» طُعْمًا مُضيئًا لِاجْتِذابِ الفرائسِ ضِمْنَ مدَى التِقافِها. والرَّامي، من أسماكِ المياهِ العَذْبة، يَقذِفُ فرائسَه من الحَشَراتِ الطيَّارةِ بنَفْثَةِ ماءٍ نافوريَّةٍ تُسْقِطُها من الجوّ.

وتَسْتطيعُ بعضُ الأسماكِ مُغادَرةَ الماءِ لِفَتْرةٍ وَجيزة. فجَوَّابُ القَيْن، الطويلُ المِنْقار، يَدِبُّ على الطِّين بزعانِفَ رِجْليَّةِ الشَّكْل. والأَسماكُ الطيَّارةُ تَستَخْدِمُ زَوجًا من الزَّعانِفِ المُقَسَّاةِ الطويلةِ كجَناحَيْنِ تَنْطَلِقُ بهما عَبْرَ الهواءِ هَرَبًا من الأَعداءِ بِسُرعةٍ قد تبلغُ 60 كم/ سا.



تَتَنَفَّسُ الأسماكُ عَبْرَ خَياشيمَ على جانِبَي الرأس، يدخُل الماءُ من الفَم ويَخْرُجُ عَبْرَ الشُّقوقِ الخَيْشُوميّة.



تَضُمُّ الخياشيمُ هُدَيباتٍ دقيقةً مَليئةً بالدَّم. هذه الهُدَيْباتُ تأخذُ الأُكسِجينَ من الماءِ الذي تَعْبُرُه السَّمَكةُ عَبْرَ فَمِها.

سِرْبٌ من أسماكِ السَّلِمَة السَّوداءِ النَّخَطُّط. تَسْبَحُ الأسماكُ جَماعاتٍ للحِماية؛ فَمن العَسير التِقاطُ سَمكةٍ بعَيْنِها من بينِ هذا العَدَدِ الغَفير.

اُنْظُر أيضًا

المُحيطات ص 12 – 13
البَرْمائيّات (القوارِب) ص 80 – 81
الزَّواحف ص 82 – 83
الهِجْرة ص 93

البَرْمائيَّات (القَوازِب)

أصغَرُ طَوائفِ الفَقاريَّات هي البَرْمائيَّاتُ (القَوازِب). ورُغْمَ كَوْنِها أُولى الحيَوانات التي استَوطَنَتِ اليابِسة، فإنَّ عَودَتَها إلى الماءِ بَقِيَت ضَروريَّةً للتَّوالُد.

البَرْمائيَّاتُ أصغَرُ طائفةٍ من الفَقاريَّات. وهي تَضُمُّ حَوالى 3000 نوعٍ مُختلِف. والبَرْمائيَّاتُ، كما الأسماكُ والزَّواحِف، هي من ذَواتِ الدَّم البارِد المُتَغيِّرةِ درَجةَ الحرارة – فلا تَستطيعُ نَظْمَ دَرجةِ حرارتِها، بل تَعتمِدُ على شَعِّ الشَّمْسِ لِتَدْفِئةِ أجْسامِها. ومُعظمُ البَرْمائيَّات تَبْدأُ حياتَها في الماءِ وتَتنفَّسُ بالخياشيم. وخِلالَ نمُوِّها، تُطَوِّرُ رِئتَيْن وأرجُلًا، وتَغْدو قادِرةً على التَّجوال في البَرِّ الجافّ.

سَمَنْدَلٌ طويلُ الذَّيْل يَقْضي مُعظمَ حياتِه على اليابِسة.

السَّمَنْدَلُ الناعِمُ، كسَائرِ سَمادِل الماء، يتَصيَّدُ طعامَه في الماء؛ مُستَعينًا بخَفْق ذيلِه الطويل للسِّباحة.

مَعايشُ البَرْمائيَّات

تَتواجَدُ البَرْمائيَّاتُ في جميعِ أنحاءِ العالَم عدا المِنْطقتَيْن القُطْبيَّتَيْن. وهي تَعيشُ في العديدِ من المَواطِنِ البيئيَّةِ المُخْتلِفة – بما فيها الغاباتُ المَطيرةُ والبِرَكُ والحَرَجاتُ والبُحَيْراتُ والسُّهوبُ الجَبليَّةُ المُعْشبةُ العالية وحتَّى الصَّحاري.

ورُغْمَ أنَّ البَرمائيَّاتِ البالِغةَ تَسْتطيعُ تجاوُزَ فَراتِ الجَفاف، فإنَّ مُعظمَها يَحتاجُ إلى العَيْش في بيئةٍ رَطْبةٍ، كنَهْرٍ أو بِرْكة. وفي الغاباتِ المَداريَّةِ المَطيرةِ الرَّطْبة، تَسْتطيعُ ضفادِعُ كثيرةٌ البقاءَ دونَ الحاجةِ إلى مياهٍ دائمة – مُسْتَخدِمةً قُطَيْراتِ الماءِ التي تَتجَمَّعُ في أوراقِ النَّباتات.

ولمَّا كانت هذه الحيواناتُ باردةَ الدَّم، فإنَّها تَغْدو فاتِرةَ الهمَّةِ والنَّشاطِ في الطَّقْسِ البارِد. وعندَ اشتِدادِ البَرْد، قَد تَسْتكِنُّ في الطِّين غالبًا في قاعِ بِرْكةٍ و تحتَ جِذْعِ شَجَرة.

ضِفْدَعُ الشَّجَرِ الأخضَرُ، كالكثيرِ من الضفادِع، يَنْفُخُ كيسًا بُلْعُوميًّا «لِلْغِناء» خِلالَ مَوسمِ التَّزاوُجِ لِاجْتِذابِ قَرينةٍ.

رُتَبٌ ثَلاث

تُؤلِّفُ الضفادعُ والعلاجيم 80 بالمئة من كافَّةِ أنواعِ البَرْمائيَّات. والرِّجْلانِ الخَلْفيَّتان في هذه الكائنات طويلَتانِ وقَويَّتان تُمكِّنُها من التَّنقُّل قَفْزًا – مع أنَّ كثيرًا من العلاجيم تُفَضِّلُ الزَّحْفَ على الأرض. وتُؤلِّفُ السمادِلُ وسَمادلُ الماءِ رُتْبةَ الضفادِعِ المُذَنَّبة، وهي تَتميَّزُ بأرْجُلٍ قَصيرةٍ وأذيالٍ طويلة. وتَضُمُّ الرُّتْبةُ الثالثةُ الأصغَرُ الضفادِعَ

تعيشُ الضَّفادعُ الثُّعبانيَّة في المناطقِ المَداريَّة. وهي تعيشُ في جُحورٍ تحتَ الأرض، وتَتصيَّدُ ليلًا. هنالك 160 نوعًا فقَط في هذه الفئة من البَرمائيَّات.

بعضُ العَلاجيم والضفادِعِ ذاتُ لسانٍ طويلٍ يَنْتَهي برأسٍ دَبِقٍ تُطْلِقُهُ لِقَنْص فريسَةٍ حَشَريَّةٍ غافِلة.

◄ السَّمَنْدَلُ المكسيكيُّ (الأَجْزولُوتِل) حيوانٌ غريبٌ – فهو لا يُكْمِلُ مَراحِلَ نُمُوِّه، بَلْ يَسْتَمِرُّ في المَرْحَلةِ الشُّرْغوفيَّة، بخياشيمَ مُكْتَمِلةٍ، طَوالَ حياتِه. حتَّى إنَّ هذه السَّمادلَ تتوالدُ أيضًا كشَراغيف.

1 تَسْرَأُ أُنْثى الضفادِعِ بُيوضَها في الماء، مغَلَّفةً بغِشاءٍ هُلاميّ.

النُّعبانيَّةَ عديمةَ الأرجُل وهي أشبَهُ بالدِّيدان، وتَعيشُ تحتَ الأرض.

الغِذاءُ والبَحْثُ عن القَرين

يَجِدُ الكثيرُ من الناسِ صُعوبةً في تَمْييزِ الضفادِعِ من العلاجيم. وكقاعدةٍ عامَّةٍ، فإنَّ الضفادِعَ تَتَميَّزُ بجِلْدٍ أنْعَمَ وأمْلَس، وهي تَقْضي مُعظمَ حياتِها في الماء. مُعظمُ الضفادعِ والعَلاجيمِ تَفْترِسُ الحَشَراتِ وَبعضَ صغارِ الحيَوانات؛ وهي تَنْتَظِرُ مُرورَها مُسْتَكِنَّةً تمامًا. وبَعْضُها يَستَخْدِمُ اللِّسانَ الطويلَ الدَّبِقَ في قَنْصِ فرائسِه.

تُصْدِرُ ذُكورُ الضفادعِ نَقيقًا مُمَيَّزًا لِاجتِذابِ الإناثِ خِلالَ

دَورةُ حَياةِ البَرْمائيَّات (القَوازِب)

تَبْدأُ الدَّورةُ الحياتيَّةُ للضِّفْدعِ الشَّائعِ بعدَ تَزاوُجِ ذكَرٍ وأُنْثى. وتَتَنافَسُ ذُكورُ الضَّفادعِ بِشِدَّةٍ للتزاوُجِ مع الإناث – فَيُطْلِقُ الكثيرُ منها صَرَخاتٍ عاليةً لِاجتذابِ الإناثِ وصَدِّ الذُّكورِ المُنافِسة. تَسْرَأُ الأُنْثى كُتَلًا من البُيوضِ تُخْصَبُ عادةً خارِجيًّا. وبَعْدَ حَوالى عَشَرةِ أيَّام، تَفْقِسُ البُيوضُ عن شَراغيفَ ذاتِ خَياشيمَ تَعيشُ وتَغْتَذي في الماء. ثُمَّ تُنْمي الشَّراغيفُ لاحِقًا رِجْلَيْن خلفيَّتَيْن، ثُمَّ رِجْلَيْن أماميَّتين ويَنْكمِشُ الذَّيل. وأخيرًا، بعدَ نُشوءِ الرِّئتَيْن في الكائنِ البالِغِ، يَصعَدُ الضفدعُ من الماء جاهِدًا للبَحْثِ عن طَعامٍ على البَرِّ الجافّ.

2 بعدَ حوالى عَشَرةِ أيَّام تَفْقِسُ البُيوضُ عن شَراغيفَ ذاتِ خياشيم.

3 الرِّجْلان الخَلْفيَّتان تَنْمُوان أوَّلًا.

4 الرِّئتان والأرجُل تَنْمُو والذَّيْلُ يَنْكَمِش.

5 عندَ اكتمالِ نُمُوِّ الرِّئتَيْن، يَسْتطيعُ الضفدعُ البالِغُ مُغادَرةَ الماء.

مَوسِمِ التزاوُج. وهي تُحقِّقُ ذلك بِدَفْعِ الهواءِ عَبْرَ حِبالِها الصَّوتيَّة. والضفادعُ الأعلى نَقيقًا لها كيسٌ صَوتيٌّ نَفوخٌ يَتَنَفَّخُ بالهواءِ كالبالون.

من البَيْضة إلى الضِّفْدعِ البالِغ

مَوسِمُ التزاوُجِ لَدى البَرمائيَّات حَدَثٌ اهتِياجيٌّ في الغالِب تَتَجمَّعُ فيه الذُّكورُ والإناثُ بأعدادٍ كبيرةٍ. وبعدَ أنْ تُخْصَبَ البُيوضُ، لا تُبْدي مُعظمُ البَرمائيَّات اهتِمامًا والِديًّا بِصِغارِها.

لكِنَّ بعضَ البَرْمائيَّاتِ تَتَّخِذُ إجراءاتٍ وِقائيَّةً لِحمايةِ بُيوضِها. فَمَثَلًا تَلْتَفُّ الضفادعُ الثُّعبانيَّةُ حولَ البُيوضِ داخِلَ جُحورِها. وتَفْقِسُ صِغارُ العَلاجيمِ السُّورينامِيَّة من بُيوضٍ مُغَلَّفةٍ في جُيوبٍ صَغيرةٍ سَطحيَّةٍ على جِلْدِ الأُمّ. ويَرْبِطُ ذَكَرُ العلاجيمِ المُولِّدةِ البَراء خَيْطَ بُيوضِ الأُنْثى على رِجْلَيْهِ الخَلْفيَّتَيْن ويَحْمِلُها حيثُما يَذْهَبُ لِمدَّةِ ثلاثةِ أسابيعَ تقريبًا حتَّى تَفْقِس.

البَرْمائيَّاتُ الكُبْرى، كالسَّمَنْدل الصِّينيِّ العِملاق (الذي يَبْلُغُ طولُه 1,8 م) وعُلجومِ القَصَب، قليلةُ الأعداء. أمَّا الأنواعُ الأصغرُ فتَعتَمِدُ على التَّمْويهِ والهَرَب تَجَنُّبًا للضَّواري. ونَختَمي بعضُ البَرْمائيَّاتِ الأُخرى بألوانها الزَّاهِية.

الضفادعُ السَّامَّة

الألوانُ المُفْزِعةُ لِضَفادعِ السُّمِّ النَّبْليَّةِ الصغيرة في أمريكا الجَنوبيَّة، تَخْدُم كعَلاماتٍ تَحْذيريَّةٍ للمُفْتَرساتِ المُحْتَملة. وهذه الضفادعُ شَديدةُ السُّمِّيَّة؛ فضِفْدعُ السُّمِّ النَّبْليُّ الذهبيُّ الكولومبيُّ، مَثَلًا، يَحْوي من السُّمِّ في جِسْمِه ما يكفي لِقَتْلِ حوالى 1000 شَخْص.

ضِفدعُ أمريكا الشماليَّة الكبير قد يَبْلُغُ طولُه 20 سم، ويَشْتَهِرُ بنَقيقِه العالي في مَوسم التزاوُج.

الضفادِعُ الطيَّارةُ تَنْشُرُ أقدامَها المُكفَّفةَ كمِظَلَّاتٍ هُبوطٍ عندما تَقْفز.

الألوانُ الزَّاهِيَةُ لضِفْدعِ السُّمِّ النَّبْليِّ، في أمريكا الجَنوبيَّة، تُحَذِّرُ المُفْتَرساتِ المُحْتَملةَ من سُمِّيَّتِه.

يَنِزُّ السُّمُّ من مَسامَّ جِلديَّةٍ عندما يُهاجَمُ السَّمَندل

غُددٌ خاصَّةٌ تَحْوي سُمَّ السَّمَنْدل

سَمَنْدلُ النَّار، كَسائرِ البَرْمائيَّات، ذو غُدَدٍ غَرَويَّةِ الإفراز تَقَعُ تحتَ سَطْحِ الجِلْدِ مُباشَرةً. هذه المادَّةُ الغَرَويَّةُ تُسْهِمُ في إبقاءِ جِسْمِ السَّمَنْدل رَطْبًا، وتُوَفِّرُ له أيضًا دِفاعًا كيماويًّا ضِدَّ المُفْتَرِسات. كذلك فإنَّ الألوانَ الزَّاهيةَ لِسَمَنْدل النارِ تُحَذِّرُ الحيَواناتِ الأُخرى من سُمِّيَّتِه. وكان بعضُ الناس في ما مَضى يَعْتقدون أنَّ السَّمَنْدلَ تَسْتطيعُ العَيْشَ في النَّار.

اُنْظُر أيضًا

الزَّواحِف ص 82 – 83
التناسُل الحيَواني ص 88 – 89
التهايُؤُ التكيُّفيُّ والدِّفاع ص 95

الزَّواحِف

الزَّواحِفُ حيواناتٌ من ذواتِ الدَّمِ البارِد – أي تتغيَّرُ درجةُ حرارة جِسْمِها تَبعًا لِلوسَط الذي تُوجَدُ فيه. وهي تعيشُ في المُناخاتِ الدَّافِئة، وتتميَّزُ بِجِلْدِها الحَرْشَفيِّ الجافِّ وتتنَفَّسُ بِرئتَيْن. وتَضَعُ مُعظمُ الزَّواحِفِ بُيوضًا جِلدِيَّةَ القِشْرة.

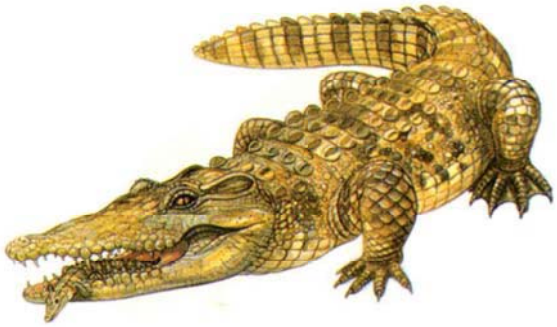
على مَدى أكثَرِ من 150 مِليون سَنة، كانتِ الزَّواحفُ هي السائدةُ بين الأَشكالِ الحياتيَّة على الأرض. وكانت الدَّيْنوصوراتُ أَشْهَرَها. كانتْ هنالك أشكالٌ كثيرةٌ أُخرى، شَمَلتِ التِّيروصورات الطيَّارة والپلِيْسْيُوصورات (شِبْه العَظايا) المُحيطيَّة والإكْثيُوصورات (شِبه الدُّلفينيَّة).

هالك، حاليًا، أربَعُ رُتَبٍ رئيسيَّةٍ من الزَّواحف: هي (1) التِّمْساحيَّاتُ (حوالى 25 نوعًا)، و(2) السُّلَحْفيَّاتُ (حوالى 250 نوعًا)، و(3) الحيَّاتُ (حوالى 2700 نوع) والعَظايا (أكثرُ من 3750 نوعًا). أمَّا الرُّتْبةُ الرابعةُ فتَضُمُّ نوعًا واحدًا فقَط، هو نوعُ التُّواتارا (شِبه الإغْوانا) صَفراويَّة الشَّوك التي تعيشُ في نيوزيلندا.

العَيْشُ على البَرّ

مُعظَمُ الزَّواحِفِ تُجيدُ السِّباحة، وبَعْضُها، كاللَّجَات البَحْريَّة وسَلاحِفِ المياه العَذْبة، تَقْضي مُعظمَ حياتِها في الماء. لكِنَّ الزَّواحفَ، خِلافًا لِمُعظَمِ البَرْمائيَّات (القوازب) تَضَعُ بُيوضَها على البَرّ. وهذه البُيوضُ ذاتُ القُشورِ الجِلْديَّةِ المَتينةِ تَمْنَعُ تَجْفافَ الأجِنَّةِ بداخِلها.

الزَّواحِفُ إجمالًا ذاتُ جِلْدٍ حَرْشَفيٍّ جافٍّ؛ والكثيرُ منها رَشيقٌ سَريعُ الحَركة، والحيَّاتُ أسْرَعُها. تُعْتبَرُ الزَّواحِفُ حيَواناتٍ بارِدةَ الدَّم. لكِنَّ هذا مُصطلحٌ مُضَلِّلٌ؛ فرُغْمَ أنَّ

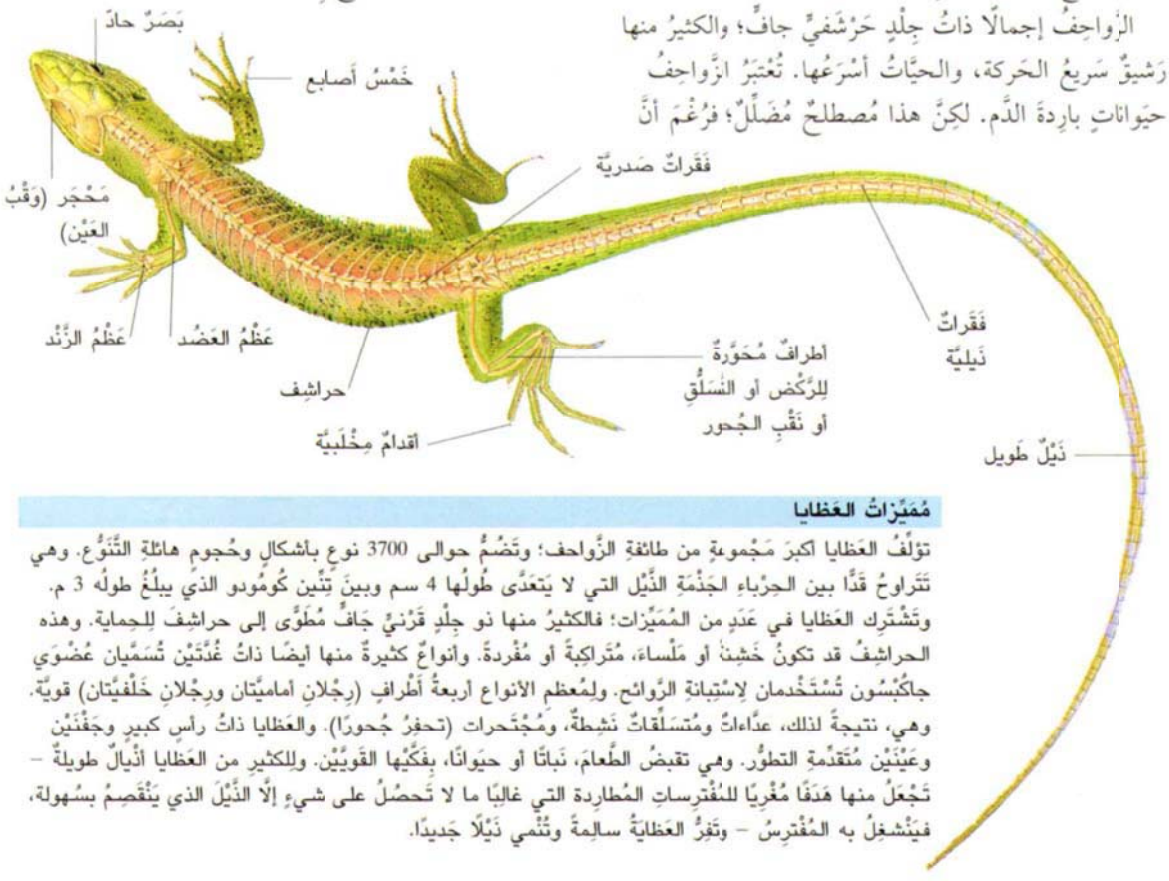


التَّماسيحُ ذاتُ فَكَّيْنِ ضَخْمَين تقبضُ بهما فرائسَها بعُنْفٍ؛ لكِنَّها تَلْتقِطُ بهما صغارَها بِرِقَّةٍ مُدهِشة.

أَجْسامَ الزَّواحف تَدْفأُ في شَعَّ الشَّمْس ويَقِلُّ نَشاطُها في الطَّقْس البارد، فإنَّ للزَّواحفِ آليَّةً تُنَظِّم دَرجاتِ الحرارة. ويَسْعى العلماءُ لاكتِشافِ كيفيَّةِ عَملِ هذه الآليَّة.

التِّمْساحيَّات

التَّماسيحُ عامَّةً وأقارِبُها التَّماسيحُ الأمريكيَّة، كالقاطُور والكَيْمَن والغارْيال (التِّمساح الهنديّ)، تُعْرَفُ إجمالًا بالتِّمْساحيَّات. وهي لَواحِمُ ضَخْمَةٌ ذاتُ فكَّيْنِ قَويَّيْن وأَذْيالٍ فائقةِ القُوَّة. وهي تتواجَدُ إمّا مُسْتَلقيةً تَتَشَمَّسُ على ضِفافِ الأنهار أو تَبْقى غاطِسةً تقريبًا في الماء، لا يَظْهَرُ منها سِوى العَيْنَيْن والمِنْخرَيْن. تَعْتني التِّمْساحيَّاتُ بصِغارِها. فأُنْثى التِّمْساح تَضَعُ بُيوضَها في الرِّمال أو في عُشٍّ نَباتيٍّ وتَحْرُسُ صِغارَها الحديثةَ التَّفْريخ بِضَراوة.



مُمَيِّزاتُ العَظايا

تؤلِّفُ العَظايا أكبرَ مَجْموعةٍ من طائفةِ الزَّواحف؛ وتَضُمُّ حوالى 3700 نوعٍ بأشكالٍ وحُجوم هائلةِ التَّنَوُّع. وهي تَتَراوحُ قَدًّا بين الحِرْباءِ الجَذْمةِ الذَّيْل التي لا يَتعَدَّى طُولُها 4 سم وبينَ تِنِّين كُومُودو الذي يبلُغُ طولُه 3 م. وتَشْتَرِك العَظايا في عَدَدٍ من المُمَيِّزات؛ فالكثيرُ منها ذو جِلْدٍ قَرْنيٍّ جافٍّ مُطَوَّى إلى حراشِفَ لِلحِماية. وهذه الحراشِفُ قد تكونُ خَشِنةً أو مَلْساء، مُتَراكِبةً أو مُفْردة. وأنواعٌ كثيرةٌ منها أيضًا ذاتُ غُدَّتَيْن تُسَمَّيان عُضْوَي جاكُبْسُون تُسْتَخْدمان لِاسْتِبانةِ الرَّوائح. ولِمُعظَمِ الأنواع أربعةُ أَطْرافٍ (رِجْلانِ أماميَّتان ورِجْلانِ خَلْفيَّتان) قويَّة. وهي، نتيجةً لذلك، عدَّاءاتٌ ومُتسَلِّقاتٌ نَشِطةٌ، ومُجْتَحِرات (تحفِرُ جُحورًا). والعَظايا ذاتُ رأسٍ كبيرٍ وجَفْنَيْن وعَيْنَيْن مُتَقدِّمةِ التطوُّر. وهي تقبضُ الطَّعامَ، نَباتًا أو حيوانًا، بِفَكَّيْها القَويَّيْن. ولِلكثيرِ من العَظايا أذْيالٌ طويلةٌ – تَجْعَلُ منها هَدَفًا مُغْرِيًا لِلمُفْتَرِساتِ المُطارِدة التي غالِبًا ما لا تَحْصُلُ على شيءٍ إلَّا الذَّيْلَ الذي يَنْقَصِمُ بسُهولة، فيَنْشغِلُ به المُفْتَرِسُ – وتَفِرُّ العَظايةُ سالِمةً وتُنْمي ذَيْلًا جَديدًا.

1 تَقْصدُ الأُنْثى شاطئًا رَمْليًّا جارَّةً نَفْسَها عَبْرَه مُسْتَخْدمةً زعانِفَها المِغْدافيَّةَ كارْجُل.

2 تَحْفِرُ اللجاةُ حُفْرةً ضَحْلةً، فوقَ مُسْتَوى أقْصَى المَدّ، تَضَعُ فيها بُيوضَها. ثُمَّ تُغَطِّيها بالرَّمْل، وتَعودُ إلى البَحْر حتَّى موسمِ البَيْض التالي.

3 بعدَ فَتْرةٍ قَصيرةٍ من التطوُّر، تَخْرُجُ الفِراخُ من أَغْلفتِها القِشْريَّة، وتَشُقُّ طريقَها عَبْرَ رَمْل الحُفْرة.

4 أخيرًا، تُسْرِعُ فِراخُ السَّلاحفِ نحو الماء – ويَقَعُ الكثيرُ من هذه السُّلَيْحفاتِ فَريسةً لِلضَّواري ويُقَدَّرُ ما يَبْقَى منها حتَّى مَرْحلةِ البُلوغ حوالى 1% فقَط.

الأفاعي الضَّخْمَةُ، كالأناكُنْدا في أمريكا الجنوبيَّة، هي ثَعابينُ عاصِرةٌ؛ تَقْبِضُ فَرائسَها بأنيابِها وتَلُفُّ أجسامَها بقُوَّةٍ حَوْلَها. فتَتَمَزَّقُ الأوعيَةُ الدَّمويَّةُ الرئيسيَّةُ في الضحيَّةِ وتَموتُ خَنْقًا.

اللَّجَآتُ والسَّلاحِف

اللَّجَآتُ (السَّلاحِفُ البَحْريَّة) والسَّلاحِفُ البَرِّيَّةُ مَحْمِيَّةٌ بذَبْلٍ (جِلْدٍ صَلْد) لا يَكْشِفُ منها سِوى الرَّأسِ والأرْجُلِ والذَّيْل. وتُخْفي السُّلَحْفاةُ رأسَها داخلَ الذَّبْل عندما تَشْعُرُ بالخَطَر. واللَّجَآتُ سَبّاحاتٌ سَريعةٌ لكِنَّها بطيئةٌ شِبْهُ عاجِزةٍ عندما تَقْصِدُ الشاطِئَ لِتَضَعَ بُيوضَها في الرَّمْل.

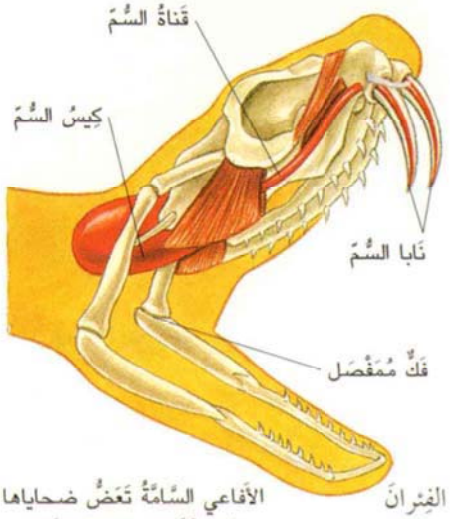
الحَيّاتُ والعَظايا

تَتَنَقَّلُ الحيّاتُ بالتَمَعُّج والتَّلَوّي. ومُعظمُ أنواعِها تَتواجَدُ في الصَّحاري وفي الغاباتِ المَداريَّة؛ لكِنَّ بَعْضَها يَعيشُ في المُحيطات والبِحار.

الحَيّاتُ أو الأفاعي حيَواناتٌ لاحِمةٌ، تَغْتَذي باللَّحْم فقَط. وهي تَتَبَيَّنُ فرائسَها بالشَّمِّ، مُسْتَخْدِمةً لِسانًا رَجْراجًا «تَتَذَوَّقُ» به الهواء، أو أعضاءً خاصَّةً حسَّاسةً للحرارة. الأفاعي السَّامةُ تَسْتَطيعُ العَضَّ حالَما تَقْفُ من بُيوضِها. الأَصْلالُ (ج. صِلّ) والجُلْجُلِيّاتُ (ذَواتُ الأجراس) لها نابا سُمٍّ طَويلان – وهذان النّابانِ في النّاشِراتِ (الكُوبْرا) والحَيّات البَحْريَّة أقْصَر.

الكثيرُ من الأفاعي غيرُ سامَّةٍ. وهي تَقْتُلُ فرائسَها بالعَضِّ فقط، أو بالهَصْر والخَنْق كما البُوا والأناكُنْدا (الأصليّات) التي تلفُّ جِسْمَها حولَ الضحيَّةِ وتَقْتُلُها هَصْرًا بين لَيّاتِها.

وباستِثْناءِ الدِّيدان البَطيئة، فإنَّ مُعظمَ العَظايا ذاتُ أرجُلٍ؛ ولِبَعْضِها نُتوءاتٌ عظميَّةٌ شَوكيَّة، كالشَّيطانِ الأُستراليِّ الشَّائك؛ وبَعْضُها الآخَرُ سامٌّ، كمِسْخٍ هِيلا في أمريكا الشَّماليَّة. بعضُ العَظايا والأفاعي وَلُودٌ تَحتفِظُ بالبُيوضِ في جِسْمِها حتَّى تَفْنِسَ؛ لكِنَّ مُعْظَمها بَيُوضٌ.



الأفاعي السَّامَّةُ تَعَضُّ ضحاياها بنابَيْن يَنْطَويانِ إلى أسفلَ من سَقْفِ الفَم ليَحْقِنا السُّمَّ في جسَد الضحيَّةِ من كِيسٍ في مُؤَخَّرةِ الرَّاس.

الاِغْتِذاء

يَغْتَذي الكثيرُ من الزَّواحفِ بالحَشَراتِ واللَّبُوناتِ الصَّغيرة. وبَعْضُ الأفاعي تَتَعَقَّبُ الفِئرانَ في جُحورِها أو تَتَسَلَّقُ الأشجارَ لالتِهامِ فِراخِ الطُّيورِ في أعشاشِها. والعَظايةُ الصَّغيرةُ، المُسَمَّاةُ الوَزَغةَ (أبو بُرَيْص) مُزَوَّدةٌ بِلَيْناتٍ سَفَّاطةٍ على أقدامِها تُمَكِّنُها من العَدْوِ على السُّقوفِ المُسَطَّحةِ للمَنازل لِقَنْصِ الحَشَرات. والحِرْباء تَنْتَقِلُ ببُطْءٍ، مُمْنَشِقةً لِسانًا طويلًا دَبِقًا لِقَنْصِ وَجْبَتِها التالية.

أضْخَمُ العَظايا على الإطلاق هو تِنِّينُ كُومُودو الذي يبلُغُ طولُه 3 أمتار ويَسْتوطِنُ جَزيرةَ كُومُودو في إنْدونيسيا. وهو يَغْتَذي بما يتصيَّدُه من الأيايلِ والخَنازيرِ البَرِّيَّة الصَّغيرة.

سُلَحْفاةُ جُزُر أَلْدابْرا العِملاقةُ حيوانٌ عاشِبٌ بَطيءُ الحَرَكة. وهناك سَلاحِفُ عِملاقةٌ أُخرى تَعيشُ في جُزُر غلاباغُوس في المُحيط الهادي.

الحِرْباءُ تُغَيِّرُ لَوْنَها لِتَنْدمِجَ في البيئةِ من حَوْلها. وهذا التَّمَوُّهُ اللَّوْنيُّ يُسْتَثارُ بالغَضَبِ أو الخَوْفِ أو بِتَغَيُّراتٍ في شِدَّةِ الضَّوءِ أو دَرَجةِ الحرارة.

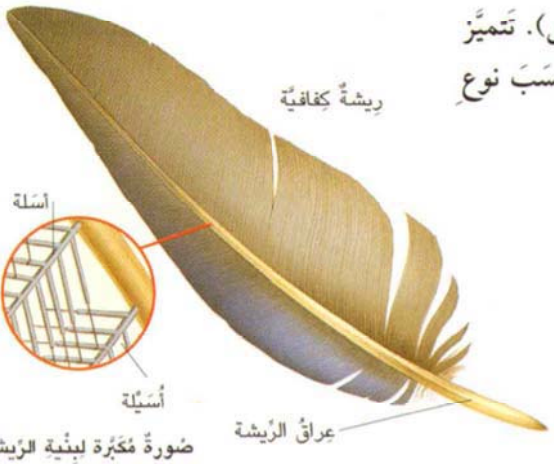
إغوانةُ غَلاباغُوس تَسْتَطيعُ الغَوصَ حتَّى 15 مترًا تحتَ الماءِ لِتَغْتَذي بالطَّحالب والكِلْبِ والنَّباتاتِ البَحْريَّةِ الأُخرى النامية على مَقْرُبةٍ من الشاطئ الصَّخْريِّ حيثُ تَعيش.

أُنْظُر أيضًا

السُّلوكُ الحيَوانيّ ص 90 – 91
الحَرَكة والتنَقُّل ص 92
التهايُؤُ التكيُّفيُّ والدِّفاع ص 95

الطُّيُور

الطُّيورُ أكبَرُ طائفةٍ من الفَقاريَّاتِ ذواتِ الدَّمِ الحارّ (درجة حرارتِها حوالى 41°س). تَتميَّز الطيورُ عن سائر الحيواناتِ بالكِساءِ الرِّيشيّ؛ وهي ذاتُ مَناقيرَ (مَناقيدَ) مُكيَّفةٍ حسَبَ نوعِ الطعام وطريقةِ تناوُلِه. وطَرَفاها الأماميَّانِ حُوِّرا إلى جَناحَيْن.



صورةٌ مُكَبَّرة لِبِنْيةِ الرِّيشة

▲ رِيشةُ الطَّيران ذاتُ قَصَبةٍ وَسَطيَّةٍ تُسَمَّى قلَمَ أو عِراقَ الرِّيشة. وفي الصورةِ المُكَبَّرة، يُمكِنُ رُؤيةُ الأسَلاتِ الخيطيَّةِ المُثَبَّتةِ في أماكِنِها ببِنًى خُطَّافيَّةٍ تُسَمَّى أُسَيْلات.

جَوارِحُ الطَّيرِ ذاتُ مَخالِبَ خُطَّافيَّةٍ تَقْبِضُ بِها الفرائس وتَهْصِرُها.

جَواثِمُ الطُّيورِ ذاتُ إصبَعِ قَدَمٍ خلفيَّةِ الاتِّجاه تُوفِّر لها قَبْضَةً ثابِتة.

الطُّيورُ السَّابِحةُ ذاتُ أقدامٍ مُكَفَّفةِ الأصابِع (مُتَّصِلةٍ بِوَتَرات) تستخدِمُها كمَغاديف.

▲ مُعظَمُ الطُّيورِ ذاتُ أربعِ أصابعَ قَدَميَّةٍ مُمَخْلَبة. إنَّ أقدامَ ومَخالِبَ الأنواعِ المُختلِفةِ مُهاياةٌ لِثَلاثَ أساليبَ عَيْشِها المُتَباينة.

طائرٌ طنَّانٌ يُرَفْرِفُ مُسْتَقِرًّا في الهواءِ أمامَ زَهْرةٍ يَرْشِفُ رَحيقَها السُّكَّريَّ بلِسانِه الطويل.

الكُسْوةُ الرِّيشيَّة

الطُّيرُ هي أحدُ أفضلِ الأمثلةِ على المُهاياةِ التكيُّفيَّةِ في الطبيعة. فهي تَتواجَدُ في جميعِ أنحاءِ العالَم، من القَلَنْسُوةِ الجليديَّةِ القُطبيَّةِ الجنوبيَّةِ الأبْرَدِ إلى أشدِّ الصَّحاري حَرًّا. وهي تَعيشُ في الهواءِ وعلى البَرِّ وفي الماءِ وعَلَيه. إنَّ القُدْرةَ على الطَّيرانِ مُتَوفِّرةٌ في كثيرٍ من الحَشَرات وبعضِ الفَقاريَّات؛ لكنَّ الطَّيرانَ في الطُّيورِ هو الأرْقَى تَطَوُّرًا – مِمَّا أتاحَ لها الحُلولَ في كُلِّ بيئةٍ بَرِّيَّةٍ ومَكَّنَها من السَّفَرِ مَسافاتٍ شاسِعةً طلَبًا لِلطَّعام.

هنالك مَعالِمُ فَريدةٌ عديدةٌ مَكَّنَتِ الطُّيورَ من أنْ تُصْبِحَ أسْيادَ الأجواء. فهي الحيواناتُ الوَحيدةُ ذاتُ الكِساءِ الرِّيشيِّ؛ وهي ذاتُ عِظامٍ مُجَوَّفةٍ قَويَّةٍ وخَفيفةٍ مُلائمة للطيرانِ في الهواءِ وذاتُ عَضَلاتٍ صَدْريَّةٍ قَويَّةٍ لِإعمالِ الجَناحَيْن.

الكُسْوةُ الرِّيشيَّةُ مِثاليَّةُ التَّصميمِ للطَّيران. فهي لا تُوَفِّرُ سَطْحًا حَركيًّا (دينامِيًّا) هَوائيًّا خَفيفًا فحَسْب، بلْ أيضًا تُؤمِّنُ لِجِسْمِ الطائرِ عَزْلًا حَراريًّا مُمتازًا. يتألَّفُ الرِّيشُ من مادَّةٍ بُروتينيَّةٍ تُسَمَّى القَرْنين. وأنماطُ الرِّيشِ مُتَعَدِّدةٌ. فمَثلًا، الرِّيشُ الزَّغَبيُّ الناعِمُ الأقْربُ إلى الجِلْدِ يَعْزِلُ الجِسْمَ حراريًّا. أمَّا رِيشُ الطيرانِ فهو أكبَرُ وأقسَى. وتَحْوي الكُسْوةُ الرِّيشيَّةُ للطائرِ ما بين 900 وَ 000 25 ريشةٍ تَبَعًا لِنَوْعِه.

غالبًا ما تكونُ الكُسْوةُ الرِّيشيَّةُ للطائرِ الذَّكَرِ أزْهَى وأغْنى ألوانًا من ريشِ الأُنْثى. وفي مَوسِمِ التزاوُج، تَسْتَخْدِمُ الذكورُ هذه الكُسْوةَ المُتَميِّزةَ لِاجْتذابِ الإناث.

ولمَّا كان الطائرُ يعتَمِدُ على كُسوَتِه الرِّيشيَّةِ للطَّيران، فإنَّ عليه إبقاءَها في حالةٍ جيِّدة. وهو يُهَنْدِمُها عادةً مُسْتَخْدمًا مِنْقارَه كالمِشْط لِتَنْظيفِ الرِّيش وتَمْسيدِه.

أَصْواتُ الطُّيُور

تَصيحُ الطُّيورُ أو تَصْدَحُ كجُزْءٍ من سُلوكِها التَّزاوُجيّ. وهي تَسْتَخْدِمُ صَيحاتٍ مُعيَّنةً لِاجتِذابِ القَرين أو لِتَحْذيرِ ذكورٍ أُخرى من تَجاوُزِ حُدودِ مَواطِنِها. وتَصْدُرُ هذه الأصْواتُ عن المِصْداحِ، وهو عُضْوٌ فَريدٌ في الطُّيور مُتَموضِعٌ في أسفلِ الرُّغامَى (القَصبةِ الهوائيَّة). يَحوي المِصْداحُ أغشِيَةً مَرِنةً تَتذَبْذبُ عندما يُزْفَرُ الهواءُ من الرِّئتَيْن. كما إنَّ تَغَيُّراتٍ في تَوَتُّرِ هذه الأغْشيةِ تُعَدِّلُ طبْقةَ صوتِ الصَّيحةِ أو الأُغْرودة.

الأَعشاشُ والبُيوض

تَفْقِسُ فِراخُ الطُّيورِ على اختِلافِها من بُيوض. والبَيْضةُ ذاتُ قِشْرةٍ صُلْبةٍ تَقي الجَنينَ بداخِلِها. معظمُ الطُّيورِ تَضَعُ بُيوضَها في أعشاشٍ تَبْنيها بنَفْسِها؛ لكِنَّ بعضَها يَضَعُ البُيوضَ على الأرض مُباشَرةً. أمَّا الموادُّ التي تُبْنَى منها الأعْشاشُ فَتُخْتارُ عادةً من موادَّ تَنْدَمِجُ شَكْلًا مع البيئةِ المُحيطة بحَيثُ تَبْقى الصِّغارُ المُفْرَخةُ

الصَّقْرُ الجوَّالُ المُرَقَّطُ ذو ذَيْلٍ عريضٍ وجَناحَيْن طَويلَيْن تُمَكِّنُه من الانسِيابِ فوقَ التيَّاراتِ الهوائيَّة. تعتَمِدُ الصُّقورُ على حِدَّةِ بَصَرِها في تَحديدِ مواقعِ فرائسِها بدِقَّة.

النَّعامةُ أضخَمُ الطُّيور؛ فقد تنمُو إلى ارتفاعِ 3 أمتار وتَزِنُ حوالى 140 كغ. والنَّعامةُ لا تَسْتطيعُ الطَّيران، لكِنَّها تَجْري بسُرعة 65 كم/سا. بَيْضةُ النَّعامة، وهي أكبَرُ البَيْض، تَزِنُ حوالى 1,7 كغ.

1 نَقّارُ الخَشَب (مِثقابيّ)
2 القُرْزُبيل – مُنْتَصالِبُ المِنْقار (كَسّارة البُنْدق)
3 العَوْسَق (خُطّافيّ) لِلتمزيق)
4 أبو مِلْعَقة (مِكشافيّ/ نَخّال)
5 صيّادُ المَحار (مِسْباريّ)

► يُحَدِّدُ حَجْمُ المِنْقارِ وشَكْلُه نوعَ الطَّعام الذي يتناوَلُه الطائر. فمِنْقارُ العَوْسَقِ الخُطّافيُّ، مثلًا، يُسْتَخْدَمُ في مَزْقِ اللَّحْم، أمّا مِنْقارُ صَيّادِ المَحار المِسْباريُّ فَيُسْتَخْدَمُ في تَقَصّي المَحار وفَتْحِها.

المُرعَةُ (أُنْثى الزَّقْزاق) تَضَعُ بُيوضَها على الأرض في حُفْرةٍ ضَحْلة.

طيورُ الماء، كالطائرِ الغَطّاس، تَبْني أعشاشَها على البُحَيْراتِ والجَداولِ والأنهار أو بِجانبِها.

الخطاطيفُ (طيورُ السُّنونو) تَبْني أعشاشًا طينيّةً مُلْصَقةً بِجُدرانِ المَباني وروافِدِها.

أبو الحِنّاء الأمريكيُّ يَسْتَخْدِمُ العَساليجَ والأعشابَ في بناءِ عُشٍّ فِنْجانيِّ الشَّكْل.

▲ قد تكونُ أعشاشُ الطُّيورِ نَبْشَةً أو حُفْرةً ضَحْلةً في الأرض، أو بِنْيةً لَطيفةً من الطِّين أو الموادِّ النباتيّة واللُّعاب.

بِمأمنٍ من الضَّواري. وغالِبًا ما تكونُ البُيوضُ نَفْسُها مُلَوَّنةً مِمّا يُمَوِّهُها ويُجَنِّبُها انْتِباهَ تِلكَ الضواري.

تَضَعُ بَعْضُ الطُّيورِ بَيْضةً واحدةً أو اثْنَتَيْن فيما يَضَعُ بعضُها حوالَى العَشْر. وقَد تُحْضَنُ البُيوضُ بِرَحْمِ أحدِ الوالِدَيْن أو كِلَيْهما تَبادُليًّا حتّى تَنْفُقَ لِفِراخ.

القُدْرةُ على الطَّيران

لكي تطيرَ الطُّيورُ، تحتاجُ إلى تَوليدِ قوّةٍ عَضَليّةٍ لِخَفْقِ جَناحَيْها؛ والعَضَلاتُ الصدريّةُ هي مَصْدرُ قُوّةِ الدَّسْرِ تِلْك. كذلك فإنَّ مَدَدًا من الدَّم الغنيِّ التأكسُجِ ضروريٌّ لِتعملَ العَضَلاتُ بِقوّةٍ وفَعاليّة. ولِتَحقيق ذلك نَجَحتِ الطُّيورُ في تَطوير رِئَتَيْن قَويّتَيْن وقَلْبًا رُباعيَّ الحُجُراتِ، كقَلْبِ اللَّبُونات، لِضَمانِ حُصولِ العَضَلاتِ على مَدَدِ الأكسِجين الأقصى من الدَّم. الطُّيورُ الكبيرةُ، كالقَطارِس والنُّسور، تَسْتطيعُ خَفْقَ جَناحَيْها بِبُطءٍ، أو الانسيابَ الشِّراعيَّ مع تيّاراتِ الهواءِ الصاعِدة. أمّا الطُّيورُ الأصغَرُ فتَحْتاجُ إلى خَفْقِ الجَناحَيْن بِسُرعةٍ أشَدَّ لِتَبْقى طائرةً في الهواء.

بَعْضُ الطُّيورِ فقدَت قُدْرتَها على الطَّيران. فالنَّعامةُ تَلْجأُ إلى الفِرارِ بِسُرعةٍ لِتَنْجُوَ من أعدائها؛ والبَطاريقُ بَرَعَت في مهاراتِ السِّباحةِ والغَوْص.

الاغْتِذاء

تَغْتَذي الطُّيورُ بأطعمةٍ عاليةِ الطاقة تَشْمَلُ السَّمَكَ والثِّمارَ والحَشَراتِ والبُزُورَ والدِّيدانَ وطُيورًا أُخرى. هٰذه الأطعمةُ تُوَفِّرُ للطُّيورِ طاقةً كافِيةً لِلْحِفاظِ على دَرَجةِ حرارةِ أجسامها ولتَزْويدِها بالطاقةِ اللّازمةِ للطَّيران. والطُّيورُ عادةً تتجَنَّبُ الأطعِمةَ الخَفيفةَ الطاقةِ كالأعْشاب.

كَواسِرُ الطَّيْرِ لَعلَّها أشَدُّ ضَواري الطُّيور ثَباتًا وعَزْمًا؛ والأَسْرعُ بَيْنها هو الصَّقْرُ (البازُ) الجَوّال، الذي يَنْقَضُّ عَبْرَ الهواءِ بِسُرعةٍ قد تبلُغ 300 كم/ سا.

أمّا النُّسورُ فهي طُيورٌ قَمّامةٌ تَطيرُ عاليًا بَحثًا عن جُثّةِ حيوان – وما إن تَجِدَها حتّى تَنْحَدرَ إليها انْسِيابًا لِتَجْرُدَ ما تَبقّى من لَحْمٍ على عِظامِها.

◄ الطائرُ القيثاريُّ الأُستراليُّ يَعْرِضُ ريشاتِ ذَيْلِه الطويلة لِاجْتذابِ أُنثاه. كثيرٌ من ذُكورِ الطَّير تقومُ بِعُروضٍ استِجْذابيّةٍ خِلالَ مَوسِمِ التزاوُج.

► عُقابُ أميركا الشماليَّة الأبيضُ الرَّأس يَصْطادُ سَمَكةً بأَخْطافِها من الماءِ بِقَدَمَيْه المِخْلبيَّتَيْن. العُقبانُ هي إحدى أكبَرِ الطُّيورِ الجَوارحِ التي تَقْبِضُ فرائسَها بِمَخالِبِها، وتُمَزِّقُ اللَّحْمَ قِطَعًا بِمَناقيرِها الخُطّافيّة.

اُنْظُر أيضًا

السُّلوكُ الحيَوانيّ ص 90 – 91
الحَرَكة والتَّنَقُّل ص 92
الهِجْرة ص 93
التهايُؤُ التكيُّفيُّ والدِّفاع ص 95

اللَّبُونات (الثَّدْيِيَّات)

اللَّبُونات (الثَّدْيِيَّات) حيَواناتٌ فَقارِيَّةٌ من ذواتِ الدَّم الحارِّ – تَبْقى درجةُ حرارتِها ثابتةً ولو تغيَّرت دَرجةُ حرارة البيئةِ حواليها. وهي تُرضِعُ صِغارَها لَبَنًا من غُدَدٍ ثَدْيِيَّةٍ لَدى الأُمّ. بعضُ أنواعِ اللَّبُونات هي أذكَى الكائناتِ على الأرض.

جَميعُ الحيَواناتِ التي تَنْتَمي إلى طائفةِ اللَّبُونات هي كائناتٌ من ذواتِ الدَّم الحارّ؛ وهي ذاتُ كِساءٍ من الشَّعْر. ومن بينها أكثرُ الحيَواناتِ ذكاءً وسُرعةً وضخامةً على الأرض.

سَنة أصبَحت الثَّدْيِيَّاتُ هي الفَقارِيَّاتُ المُهَيْمِنةُ على الأرض.

تتألَّفُ طائفةُ الثَّدْيِيَّات من ثلاثِ طُوَيْفاتٍ رَئيسيَّة: أُولاها طُوَيفةُ وَحيداتِ المَسْلَك – أكثرُ هذه المَجْموعات بِدائيَّةً – وهي بَيُوضَةٌ كالزَّواحفِ والطُّيور. ولم يَبْقَ منها اليومَ سِوى نَوْعين هما خُلْدُ الماء (البِلاتيبوس) وقُنْفُذ النَّمْل.

الجِرابيَّات

رُغْمَ أنَّ الجِرابيَّاتِ تَلِدُ صِغارَها حيَّةً، فإنَّ الصِّغارَ الوليدةَ تكونُ في وَضْعٍ غيرِ مُكْتَمِل. لذا تَبْقى الصِّغارُ في جِرابِ الأُمِّ وتَغْتَذي بِلَبَنِها، من الحلَماتِ في الجِراب، حتّى يَكْتَمِلَ نُمُوُّها. ولَعلَّ الكَنْغَرَ هو أشهَرُ هذه الحيَوانات الجِرابيَّةِ التي تَسْتوطِنُ مُعظَمُ أنواعها أُستراليا ونيُوزيلندا.

اللَّبُونات العُلْيا

اللَّبُونات المَشيميَّةُ هي أكثرُ المَجْموعاتِ تَقدُّمًا. ويُشيرُ مُصْطلَحُ مَشيميَّة إلى حَقيقةِ هي أنَّ أُنْثى هذه المَجْموعة تُنَشِّئُ صِغارَها داخِلَ جِسْمِها في فَتْرةِ حَمْلٍ تُوَفِّرُ لها فيها سائرَ احْتِياجاتِها من مُغَذِّياتٍ ومُطَّرحاتِ عَبْرَ المَشيمَةِ (السُّخْد) في رَحِمها. هنالك أنواعٌ عديدةٌ من اللَّبُونات المُخْتلِفةِ تَشْمَلُ الثَّدْيِيَّاتِ الطيَّارةَ (كالخَفافيش) والثَّدْيِيَّاتِ البَحْريَّةَ (كعُجولِ البَحْر والدَّلافين والحِيتان) والعاشِباتِ الضَّخْمةَ (كالفِيَلة والزَّرافَى) واللَّواحِمَ القويَّةَ (كالكلابِ والقِطط والدِّباب). وتَشْمَلُ رُتْبَةُ الرَّئيسات السَّعادينَ والقِرَدةَ والكائناتِ البَشَريَّة.

البُونُوبُو (أو الشِّمپانْزي القَزَميُّ) البالِغ من زائير، كما البَشَر، يَنْتَمي إلى فئةِ اللَّبُونات العُلْيا (رُتْبَة الرَّئيسات). وتُعْتَبَرُ الرَّئيساتُ أذكى الحيوانات، ودماغُها هو الأكبَرُ تعقيدًا بينَ كُلِّ الحيَوانات.

اللَّبُونَاتُ مَجْموعةُ كائناتٍ فائقةِ التنَوُّع تَسْتوطِنُ تقريبًا كُلَّ أنواعِ المواطنِ البيئيَّةِ على الأرض. فهي تعيشُ على البَرِّ في المُناخاتِ الحارَّةِ أو الباردةِ، وفي البِحارِ والمُحيطات، وتَسْتطيعُ إحدى فَصائلها (الخُفَّاشيَّات) الطَّيران.

اللَّبُونَاتُ حيواناتٌ ثابتةُ درجةِ الحرارة. وهي غالبًا ذاتُ إهابٍ جِلديٍّ يَكسُوه الفَرْو أو الشَّعْر. وهكذا فإنَّ جميعَ أنواعِ الثَّدْيِيَّاتِ تَسْتطيعُ الحِفاظَ على دَرجةِ حرارة أجسامِها بالتعَرُّقِ واللُّهاثِ في الطَّقْسِ الحارّ، وبالارْتجافِ في الطَّقْسِ البارِد.

مَجْموعاتُ الثَّدْيِيَّات

ظهرَتِ الثَّدْيِيَّاتُ الأُولى في وقتٍ مُتأخِّرٍ على الجَدْولِ الزَّمنيِّ للتَّطوُّر. ففي عَصْر الدَّيْنوصورات، منذُ حوالى 150 مِليون سَنة، كان هنالك ثَدْيِيَّاتٌ، لكِنَّها كانت صغيرةَ الحَجْم شَبيهةً بالزَّبابات والسَّناجيبِ والغُرَيْرات الحاليَّة. وبانقِراضِ الدَّيْنوصورات منذُ حوالى 60 مليون

اللَّبُونات الأَضْخم

الحيتان هي الأَضْخَمُ بين اللَّبُونات التي استوطنَتِ الأرض سابقًا وحاليًا. الحِيتانُ المُحَدَّبةُ الظَّهْر تَغْتَذي غَرْفًا مُقْتَحِفةً جَرعاتِ مِلْءِ الفَم من ماءِ البَحْر بما فيها من عَوالقَ الكْريل التي تَسْتَصْفيها عَبْرَ نامياتٍ هُلْبِيَّةِ الشَّكْل في أفواهِها. وضَخامةُ حَجْم هذه الحِيتان تَقْتضي استِهْلاكَ كمِّيَّاتٍ ضخمةٍ من عوالقِ الكْريل يَوميًّا. وحيثُ إنَّ اللَّبُونات تَحْتاجُ هواءَ الجوِّ للتنَفُّس، فإنَّها مُضطَرَّةٌ للصُّعودِ إلى سَطْحِ الماءِ بانْتِظام لاسْتِنشاقِ الهواء. الحوتُ الأَزْرقُ هو أضخَمُ الحيَواناتِ على كوكَبِ الأرض؛ فقد يَبْلُغُ طولُه 30 مترًا ووَزْنُه حوالى 135 طُنًّا.

تَحْمِلُ أُنْثى الكَنْغَر وَليدَها في جِراب؛ ويَبْقى الصغيرُ في الجِراب حتّى يَسْتطيعَ الاعتِمادَ على نَفْسِه.

اللَّبُوناتُ التي تَغْتَذي بالحَشَرات تُسَمَّى الحاشِرات. آكِلُ النَّمْلِ العِملاق في أمريكا الجنوبيَّة مُهايئٌ بِمِخْلَبين قويَّيْن وخَطْم طويلٍ ولِسانٍ دَبِقٍ تُساعِدُه على نَبْشِ قُرى النَّمْلِ والتِهامِ ما بِداخِلها. وكِساؤه الشَّعْريُّ الكثيفُ يَحْميه من لَسْعِ الحَشَرات.

رِعايةُ الصِّغار

يُعْزَى الكثيرُ من نَجاحاتِ طائفةِ الثَّدْيِيَّات إلى الرِّعايةِ الوالديَّة التي يتلقَّاها صِغارُها – إذ هي عُمومًا الأكثَرُ عِنايةً بِصِغارِها في العالَم الطبيعيّ. فالأُنثى تُغذِّي الصِّغارَ باللَّبَن من جَسَدِها، وتَرعاها حتَّى تَسْتطيعَ الاعتِمادَ على نفسِها. وخِلالَ هذه الفَتْرةِ، تتعَلَّمُ الصِّغارُ مَهاراتٍ وأساليبَ البَقاءِ الضَّروريَّةَ، كالسُّلوكِ الاجتماعيِّ وطرائقِ الحُصولِ على الطعام. بَعْضُ صِغارِ اللَّبُونات، كالفئران، تُولَدُ عمياءَ عاجزَةً عن مُساعدةِ نفسِها، فتَتطلَّبُ فَتْرةً من العِنايةِ الوَالديَّةِ المُكَثَّفة. وبَعضُها الآخَر، كالأيايل، تَقِفُ صِغارُه وتَركضُ بَعْدَ وِلادتِها بِدَقائقَ مَعْدودات.

حَواسُّ اللَّبُونات

تَتَمَيَّزُ اللَّبوناتُ بِحواسَّ عاليةِ التَطَوُّر أَسْهَمت أيضًا في نَجاحِها. بعضُ للَّبوناتِ ذو عَيْنَين مُوَضَّعتَين على جانِبَي الرَّأس بحيثُ تُوفِّرُ كُلُّ عَيْنٍ مَنْظرًا مُخْتلِفًا للبيئةِ حوالَيها. وبعضُها الآخَرُ ذو إبصارٍ ثُنائيٍّ بِعَيْنينِ مُوَضَّعتَيْن في أماميَّة الرَّأس تَعْملان معًا. وهذا النَّمَطُ من الإبصارِ يُمَكِّنُ الحيَوان من تَقديرِ المَساباتِ بدِقَّةٍ أكْثَر.

بعضُ اللَّبُونات مُهايأٌ بحواسَّ مُتخَصِّصَةٍ، كسُونار الخَفافيش (للتَّحديد الصَّدَويّ) والزَّوائدِ الهُلبيَّةِ البالِغة الحساسيَّةِ حولَ فَم المَناجِذ (ج. خُلْد) ولِحاسَّةِ الشَّمِّ لدى بعض اللَّبوناتِ اهمِّيَّةٌ خاصَّةٌ. فالضِّباعُ والثعالِبُ، مثلًا، تَسْتَخْدِمُ الروائحَ لتِبيانِ حُدودِ مُسْتَوطناتِها.

في المُناخاتِ الباردةِ تُسْبِتُ بعضُ اللَّبُوناتِ، كالزُّغبةِ الأوروبيَّة. وهي لا تأكُلُ خِلالَ فَتْرة الإكتِنانِ الشتَويِّ هذه – بلْ تَغْتَذي بِمَخْزون الدُّهنِ في أجسامِها.

تَقْتاتُ الخَفافيشُ بالحَشَراتِ أو تَغْتَذي بالفاكهةِ ورحيقِ ولَقاحِ الأزهار. وهي اللَّبوناتُ الوَحيدةُ الطيَّارةُ حَقًّا. يتألَّفُ جَناحُ الخُفَّاش (الوَطْواط) من غِشاءٍ رَقيقٍ يَمْتَدُّ بينَ الأصابعِ والجِسْمِ والرِّجْل.

خُلْدُ الماء الأستراليّ (ذو المِنْقارِ البَطِّيّ) هو أحدُ القِلَّةِ من اللَّبُوناتِ البَيُوضة. فالأُنْثى تَرعى الصِّغارَ العاجِزةَ في جُحْرٍ، وتُغَذِّيها باللَّبَن من غُدَدٍ خاصَّةٍ على جَسَدِها.

البِلاتيبوس (خُلْد الماء) الوليدُ يَلْعَقُ اللَّبَنَ النازَّ من مَسامَّ لَبَنيَّةٍ على بَطْنِ الأُمّ

أُنْثى خُلْدِ الماء (البِلاتيبوس) لها مَسامُّ لَبَنيَّةٌ بَدَلًا من الحَلَماتِ

تَفْقِسُ البُيوضُ بعدَ 10 أيّام

أُنْظُر أيضًا

التناسُلُ الحيوانيّ ص 88 – 89
الحَرَكة والتنَقُّل ص 92
التهايُؤُ التكيُّفيُّ والدِّفاع ص 95

التَّناسُلُ الحيَوانيّ

كُلَّما طالَتْ فترةُ بلُوغِ الحيوانِ مرحلةَ التَّناسُل يكونُ حَجْمُه أكبَرَ وعُمْرُه أطولَ. بعضُ الحيَوانات تَسْتطيعُ الإنجابَ بعدَ ساعاتٍ من وِلادتِها؛ وبعضُها لا يتِمُّ له ذلك قَبْلَ سنَواتٍ عَديدة.

رُغْمَ وُجودِ أشكالٍ حياتيَّةٍ مُتنوِّعةٍ كثيرةٍ على الأرض، فليس هناكَ سِوى بضْعِ سُبُلٍ أساسيَّةٍ لِلتَّناسُل. فالواقِعُ أنَّ مَدى عُمرِ الحيوان يتحَدَّدُ غالبًا بِمَدى الفَترةِ الزَّمنيَّةِ التي يتوَصَّلُ فيها إلى سِنِّ البُلوغ ويَتزاوجُ ويَتناسَل. في الحيوانات، تَتَّخِذُ هذه السُّبُلُ شَكْلَين: التناسُلَ (التكاثُرَ) اللَّاجِنْسيّ - حيثُ أحدُ الوالدَيْن فقَطْ يُنْتِجُ الصِّغارَ كما في الإسفَنْجيَّاتِ والمَرْجانيَّات، والتناسُلَ الجِنْسيَّ - حيثُ تَتَّحِدُ خليَّتانِ ذَكَريَّةٌ وأُنثويَّةٌ لِتُكَوِّنا حيَوانًا جديدًا.

اللَّبُوناتُ المَشيميَّة

اللَّبُوناتُ يَلزَمُها الوَقْتُ الأطولُ لِبُلوغ التناسُلِ لأنَّ معظمَ صِغارِ اللَّبونات تَسْتَغرِقُ شُهورًا أو حتَّى سَنَواتٍ ليكْتَمِلَ نُمُوُّها. ففي اللَّبوناتِ الأعلى (المَشيميَّات)، يَتطَوَّرُ الجَنينُ داخِلَ جِسْمِ الأُمِّ مُتَّصِلًا به بواسِطةِ مُرَشِّحِ إرسالٍ واستِقْبالٍ يُسَمَّى المَشيمَة. وتُزَوِّدُ المَشيمةُ الجَنينَ بالغذاءِ والأُكسِجين من دَمِ الأُمِّ وتأخُذ منه فَضلاتِ الطِّفل المُتَنَفِّس.

بعدَ الوِلادةِ يَرْضَعُ الوَليدُ لَبَنًا من الأُمِّ نَتَجَ في أثداءٍ أو غُدَدٍ ثَدْييَّة. هذه الغُددُ فَريدةٌ في اللَّبونات دونَ سائرِ الحيَوانات الأُخرى؛ ومنها اكتسبَتِ اللَّبوناتُ اسْمَها.

يَنْطوي التَّزاوُجُ على اختِيار القرينَيْن - الذَّكَرِ والأُنثى، وتَنْطَوي شعائرُ التوَدُّد غالبًا على سُلوكٍ مؤَنِّقٍ، كتراقُصِ طائرَي البَلَشون هٰذين. في بعض حالاتِ التزاوُج، يَبْقى القرينان، الذَّكَرُ والأُنثى، معًا مَدَى الحياة.

تَرْبيَةُ الصِّغار

الطُّيورُ التي تَضَعُ حَضْنةً من البُيوضِ سَنَويًّا تُنْتِجُ صِغارًا في مدَى عُمْرِها أكثرَ بكثيرٍ من أُنثَى الفِيل، التي تَلِدُ دَغْفَلًا كُلَّ خَمْس سَنَوات - يكونُ قد قضَى حوالى سَنَتَيْنِ يَنْمو ويَتطَوَّرُ داخِلَ جِسْمِها.

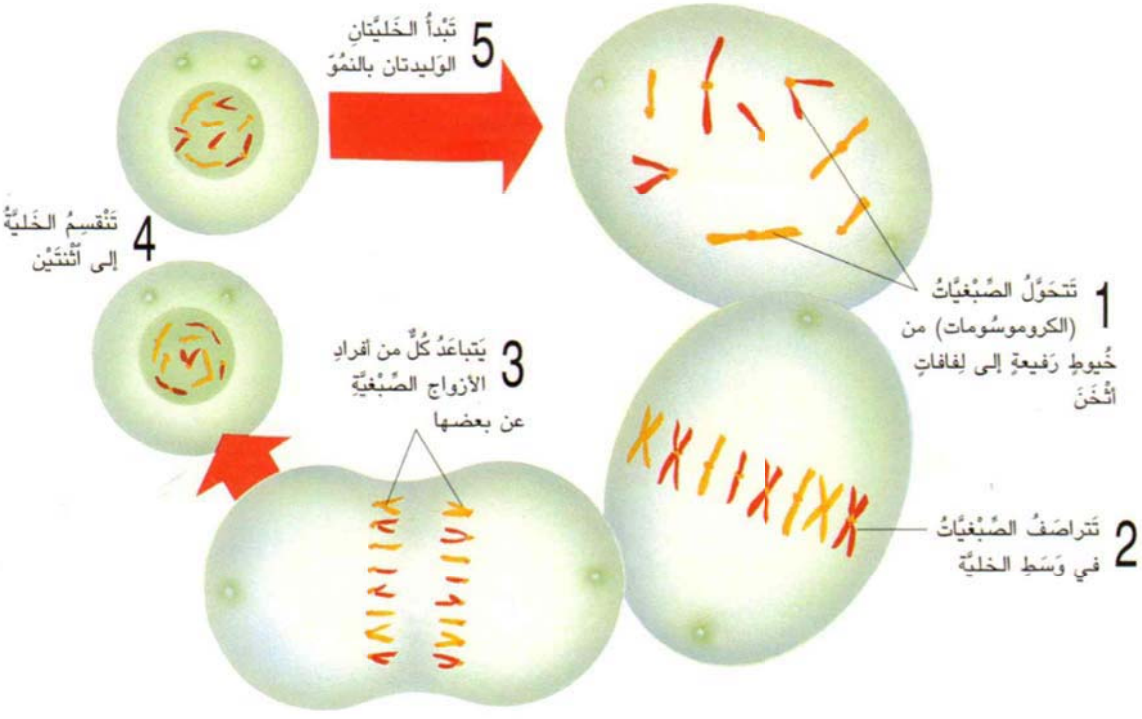
تَرْبيَةُ الصِّغار تَسْتَنفِدُ معظمَ طاقاتِ الوالدَيْن (بخاصَّةٍ الأُمّ). الدِّبابُ بِطبيعتِها حيواناتٌ مُتَفَرِّدة. لِذا فإنَّ أُنثى الدُّبِّ تَحْرِسُ صِغارَها بعدَ الوِلادةِ بِعنايةٍ فائقة، كما تُدَرِّبُها على إيجادِ الطعامِ حتَّى تَتمَكَّنَ من الاعتِمادِ على أنفُسِها. وتبْقَى الدياسمُ عادةً برِفْقَة الأُمِّ مُدَّةَ سَنةٍ أو سَنَتَيْن.

يَغْتَذي الفرخُ داخِلَ بَيْضةِ الطائر بالمُحّ. ويَبْدأ الفَرْخُ بنَقْفِ بيضة الدَّجاجةِ بعدَ حَضْنِ البَيْضةِ بحوالى 21 يومًا. وخِلالَ هذه المَرْحلة، يكونُ رِيشُه ومَخالِبُه قد اكتَمَل نُمُوُّها.

في التَّناسُلِ الجِنْسيّ، تُخْصِبُ نُطْفةٌ من الذَّكَر الخليَّةَ البَيْضيَّةَ الأكبَرَ من الأُنثى. وفي عمليَّةِ الإخْصاب، تَتضامُّ الصِّبْغيَّاتُ (الكروموسُومات) في الخَليَّتَيْنِ الجِنْسيَّتَيْن الذَّكريَّةِ والأُنْثويَّةِ معًا.

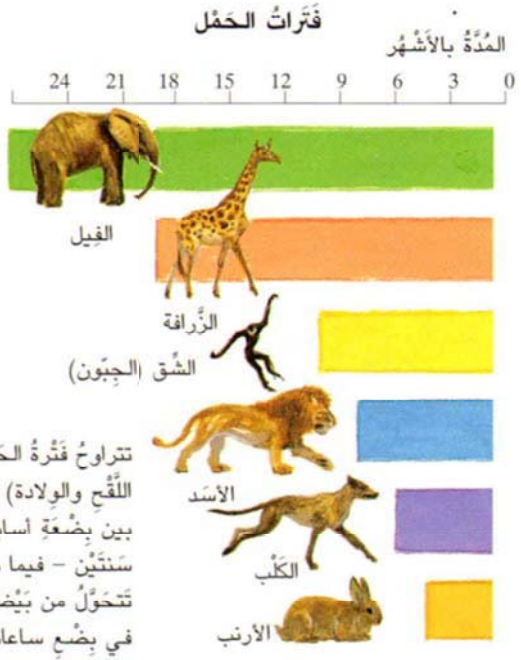
▲ يَتخَلَّقُ نَسْلُ الهَيْدرا (العُداريَّة) بالبَرْعَمةِ من أحدِ الوالدَيْن.

◄ البَيْضةُ المُخْصَبةُ هي بِدايةُ حياةٍ جديدة. الخليَّةُ الأُولى تَنْقَسِمُ، والخلايا التاليةُ تَنْقَسِمُ مرَّاتٍ عديدةً في عَمليَّةٍ تُسَمَّى الانْقِسامَ الفَتيليّ. وتاليًا تَتخَصَّصُ الخلايا لتكوينِ أنسِجةٍ وأعْضاء.



تُكَوِّنُ اللَّبوناتُ تَرابُطًا مَلحوظًا بين القَرينَيْن وضِمْن المَجْموعاتِ الأكبَر. ذُكورُ الأُسود تُسْهِمُ في تَربيةِ الأشبال، وقَلَّما تَقومُ بأيِّ شيءٍ آخر. اللَّبُؤاتُ تُرَبّي الصِّغارَ وتَقومُ بِمُعظمِ الصَّيْدِ لِلمَجْموعةِ أو لِزُمْرةِ الأُسودِ عامِلةً معًا كفَريق.

فَتَراتُ الحَمْل



تتراوحُ فَتْرةُ الحَمْل (الفَتْرةُ بين اللَّقْحِ والولادة) في اللَّبونات بين بِضْعةِ أسابيعَ وحوالى سَنتَيْن – فيما بعضُ الحَشَرات تَتحَوَّلُ من بَيْضةٍ إلى يَرَقانةٍ في بِضْعِ ساعاتٍ فقَط.

الرِّعايةُ الوالديَّةُ والتَّعلُّم

تَختلِفُ مُستوياتُ الحيوانات في الرِّعايةِ الوالديَّة لِصِغارها، وتَتَّخِذُ أشكالًا مُتنوِّعة. فذكَرُ البِطْريق المَلكيُّ يَحْتضِنُ البَيْضةَ، وتاليًا الفَرْخَ، تحتَ سِدْلةٍ جِلْديَّةٍ على قَدَمِه طَوالَ الشِّتاء، حتَّى قُدوم الرَّبيعِ القُطْبيِّ ذي الطَّقْس الدافِئ نِسْبيًّا. الوالِدونَ يُعَلِّمونَ بالقُدْوَة؛ وكُلَّما ازدادَت طريقةُ عَيشِ الحَيوان تَعْقيدًا، تَزْدادُ الأشياءُ التي يَتَرَجَّبُ على صِغارِه تَعَلُّمُها. ونَذكُر أنَّ صِغارَ البَشَرِ يقضُون سِنينَ عديدةٍ في تَعَلُّمِ كيفيَّةِ تَدَبُّرِ شؤونهم الحياتيَّةِ دونَ مُساعدةِ الوالدَيْن. فِراخُ الطُّيورِ تَسْتطيعُ تعَرُّفَ أصواتِ والدَيْها؛ لكِنَّ مُعظَمَ ما يَقومُ به الطائرُ هو وَليدُ الغَريزة. جِراءُ الثَّعالبِ تَتعَلَّمُ الصَّيْدَ بتَقْليدِ الكِبار وعَبْرَ اللَّعِب. القُرودُ وسِواها من الحيواناتِ التي تعيشُ جماعاتٍ تَتعَلَّمُ أيضًا بالمُراقَبةِ والتَّقْليد. وحتَّى الكِبارُ منها قد تكتَسِبُ سُلُوكًا جديدًا بتَقْليدِ طرائقِ تَجْميعِ الطَّعام التي يُنَفِّذُها فَرْدٌ جَسُور.

الأَعْمار

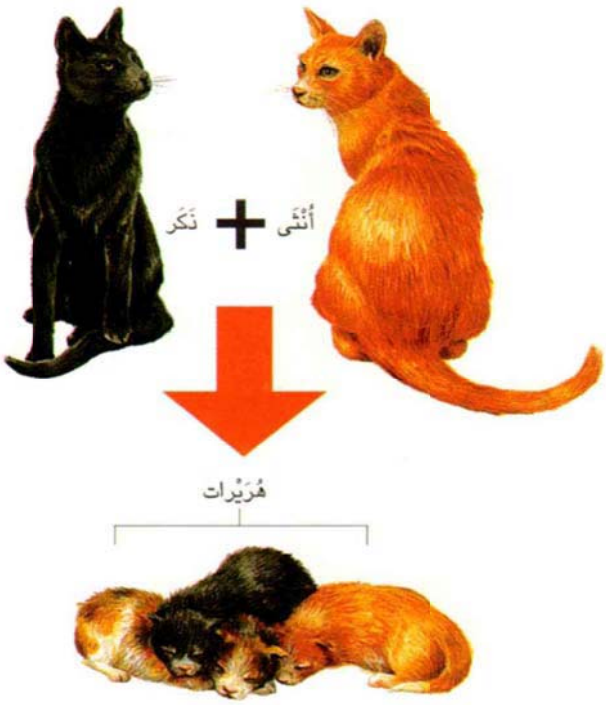
ليسَ من حيوانٍ يُعَمِّرُ مَديدًا كما النَّباتاتُ الأَقْدمُ على الأرض. فذُبابةُ نَوّار (ابنةُ يوم) تَنْبثِقُ من مَرْحلتِها اليَرَقانيَّةِ التي قد تمتَدُّ سَنتَيْن أو أكثر، فتتوالَدُ وتَموتُ في مَدى بِضْعِ ساعات. إجمالًا العُمْرُ الذي يزيدُ على 20 سَنةً هو شَيْخوخةٌ بالنِّسبة لِمُعظمِ اللَّبونات. بعضُ الأسماكِ، كالشَّبُّوطِ والحَفْش، قد تُعَمِّرُ ما بين 50 وَ 80 سنة. أمّا الفِيَلةُ فتُعَمِّرُ أكثرُ من 60 سنة؛ والسَّلاحِفُ واللَّجَآتُ حوالى 100 سنةٍ. البَشَرُ في البُلدان المُتطَوِّرةِ يُعَمَّرون حوالى 70 سنةً في المُعَدَّل – وهذا أطولُ قليلًا من الشِّمْپانْزيّات (التي يَتراوَحُ مُعَدَّلُ أعمارِها بينَ 50 وَ 60 سَنةً).

النَّسائل

النَّسائلُ مُتعَضِّياتٌ لاشِقِّيَّةُ التكاثُر مُتَطابقةٌ جينيًّا. وهذا يَحْدثُ طبيعيًّا في النَّباتاتِ وفي الحيَواناتِ التي تَتكاثَرُ لاجِنْسيًّا – أي دُونَ اتِّحادٍ خليَّةٍ ذَكَريَّة بأُخرى أُنثويَّة. مُعْظمُ الحيواناتِ العُلْيا (في سُلَّم التطوُّر) لا تُكَوِّنُ الأنسالَ طبيعيًّا، إلّا في حالِ النوائم الطَّبيقة.

مؤخَّرًا نجحَ العُلماءُ في استِنْساخِ كائناتٍ حَيَّةٍ في المُخْتَبر. والقُدْرةُ على اسْتِنْساخِ حيواناتٍ ونباتاتٍ سَتكونُ مُفيدةً جِدًّا في مجالاتِ الزِّراعةِ والطِّبِّ، لكنْ هنالكَ مَخاوفُ من إساءةِ استِعمالِ هذه التِّقْنيَّة.

تِقاناتُ الاستِنْساخِ تُمَكِّنُ العُلماءَ من تَخْليقِ نُسَخٍ طَبيقةٍ تمامًا لِحيوانٍ مّا. فالنَّعْجةُ دُوللي – أوَّلُ حيَوانٍ لَبُونٍ بالِغٍ مُسْتَنْسَخٍ (عام 1997) – هي نُسْخَةٌ طَبيقةٌ تمامًا لأُمِّها – ولا أبَ لها.



► أزواجُ الصِّبْغيّاتِ (الكرومُوسُومات) تحمِلُ جينتَيْن لِلصِّفةِ نَفْسِها؛ وعادةً تكونُ إحدى الجينتَيْن هي السَّائدة. لكِنْ أحيانًا تكونُ الجينتانِ مُتَساويتَي القُوَّة فيَخْتلِطُ تأثيرُهما. فنِتاجُ القُطَيْطاتِ من هِرٍّ أسْودَ وهِرَّةٍ بُنِّيَّةٍ سيَحوي هُرَيْراتٍ سَوداءَ وهُرَيْراتٍ بُنِّيَّةً – فيما الأُخْرَياتُ مَزيجٌ من اللَّوْنَيْن.

اُنْظُر أيضًا

الثِّمارُ والبُزُور ص 62 – 63
السُّلوكُ الحيوانيّ ص 90 – 91
الجِيناتُ والكرُومُوسُومات ص 135

السُّلوكُ الحيَوانيّ

السُّلوكُ الحيَوانيُّ، لِلأفرادِ أو الجماعات، هو طريقةُ استِجابةٍ أو رَدِّ فِعْل الحيوانِ لِما يَحْدُثُ له دَاخِليًّا، ولِما يَحْصُلُ في بيئتِه الخارجيَّة.

الشِّمْپانزيّة الأُمّ، أعلاه، تَسْتَخدِمُ عُودًا لِاستِخْراجِ الأرَضِ من أعشاشِها. والشِّمپانْزي الوليدُ يُراقِبُ أُمَّه ويتعَلَّمُ مَهاراتِها. وهو بالمُمارسة ومع الزَّمن قد يُحَسِّنُ هذه التِّقانيَّاتِ ويُطَوِّرُها.

الطرائقُ التي يَتَصرَّفُ فيها الحَيَوانُ هي حَصيلةُ مَلايينِ السِّنينِ من التطوُّر. والسُّلوكُ الحيوانيُّ هو في مُعْظمِه تصَرُّفٌ غَريزيٌّ؛ فالحيَوانُ، مثلًا، يأكُلُ حِفاظًا على مُسْتوًى مُعَيَّنٍ من الطاقةِ لِلبَقاءِ والتَّناسُل. وبعضُ الحيواناتِ ذاتِ الأدمغةِ الكبيرةِ تَسْتطيعُ حَلَّ مَشاكِلَ بَسيطة. فالقُرودُ والدَّلافينُ نَوعانِ من أذْكى الحيوانات.

والبَعامات (الشِّمْپانْزيَّات) تُخَطِّطُ السُّبُلَ لِلبَحْث عن الطعام، وتتواصَلُ بالإشارات التعبيريَّة، وتَسْتَخْدِمُ الأدواتِ البَسيطة. والدَّلافينُ والحِيتانُ يُبدي واحِدُهما اهتِمامًا بالآخَرين – فتَتواصَلُ تحتَ الماءِ بِمدًى واسِعٍ من الأصوات.

والكثيرُ من الحيوانات قادرٌ على التعَلُّم. فالأرنَبُ الذي يَأكُلُ نَبْتةً كريهَةَ المَذاق، أو الطائرُ الذي يَنْقُرُ سُرْفةً سامَّةً، يتعلَّمُ تَجنُّبَ اختيارِ ذلك النوعِ من الطعام ثانِيةً.

تَخْزينُ الطَّعام بطَمْرِ الجَوْز في الخريف، كما يَفْعَلُ السِّنْجابُ هو شَكْلٌ من السُّلوكِ الغَريزيّ. والغَريزةُ تتحَكَّمُ بحياة الحَشَرات؛ أمَّا اللَّبونَاتُ فتَسْتطيعُ تَغْييرَ السُّلوكِ الغريزيّ بالتعَلُّم.

البَقاء

الهدَفُ الرئيسيُّ لِمُعظمِ السُّلوكِ هو ضَمانُ بَقاءِ الحيواناتِ وتَناسُلِها. والمعروفُ أنَّ لدى الحيَواناتِ وسائلَ مُذْهلةً لِحمايةِ أنفُسِها من الأعداء. والأمْثِلةُ على ذلك كثيرةٌ – منها أشواكُ القَنافِذِ الحادَّةُ، والغَمامةُ الحِبْريَّةُ التي يُثْجُها الأُخْطبوط، وتظاهُرُ الحَيَّةِ الخنزيريَّة الخَطِم بالموت إذْ تَسْتَلْقي على ظَهْرِها بِلا حَراك.

▲ يُسْبِتُ السِّنْجابُ الأمريكيُّ المُخَطَّطُ في نَوْمٍ عَميق، فيَبْدو كالمَيْت. وتَتَباطأُ عمليَّةُ الأيْض فيه مُسْتَخْدِمةً طاقةً قليلةً جِدًّا من المَدَدِ الدُّهْنيِّ المَخْزون. الحيواناتُ تُسْبِتُ شِتاءً بسَبَبِ نَدْرَةِ الطَّعام خِلالَ هذا الفَصْل.

الطُّيورُ النسَّاجةُ تُعَشِّشُ في مُسْتَوطَناتٍ تَضُمُّ آلافَ الأفراد. وَبِناءُ الأعشاشِ سُلوكٌ غَريزيٌّ في كُلِّ الطُّيور، لكِنَّ بَعْضَها يَبْني أعشاشًا أفضَلَ من سِواه.

الحياةُ الاِجْتِماعيَّة

الحَشَراتُ الاجتِماعيَّةُ، كالنَّمْل، تَعيشُ في مُسْتَعمراتٍ تَعُدُّ مئاتٍ أو آلافَ الأفراد. وتَقومُ كُلُّ حَشَرةٍ بوَظيفتِها الخاصَّة فقَط كفَرْدٍ من المَجْموعة – فيما تَتَضافَرُ الأفرادُ كُلُّها لِلدِّفاعِ عن المَلِكة ولِتَوفيرِ الغِذاءِ لها ولِنَسْلِها.

في الحيواناتِ العُلْيا، يُؤمِّنُ العَيْشُ الجماعِيُّ لِلأفرادِ أمانًا أكبَرَ ضِدَّ الضَّواري. فمُعظمُ الحيواناتِ الراعيَةِ تَعيشُ في قُطعان. فالقَطيعُ من حُمُرِ الزَّرَد في سُهولِ إفريقية، مثلًا، يَسْهَرُ على حمايتِه الكثيرُ من أزواجِ العيونِ وفُتحاتِ الأُنوف – كُلُّها مُتَيَقِّظةٌ لِرؤيةٍ أو شَمِّ أسَدٍ أو فَهْدٍ جائع.

◄ قَطيعُ الفِيَلةِ تَقُودُه أُنْثَى سائدةٌ كُبْرى تُسَمَّى الأُمَّ الرَّئيسة. الفِيَلةُ في حالةِ الوَضْعِ تَسْهَرُ على رِعايَتِها فِيلاتٌ أُخرى والقَطيعُ يَحمي الفيلَ الوَليدَ من الخَطَر.

جِدَّةُ بَصَر الفَهْدِ وسُرعَتُه الفائقةُ تَجعلانِه من الضَّواري الفعَّالةِ التي تُهَدِّدُ ظِباءَ طُومْسون. لكِنَّ الظَّبْيَ أيضًا طوَّرَ قُدْرةً قُصْوى على العَدْوِ والانْحِرافِ السَّريع هَربًا من اعدائه. مُعْظَمُ السِّنَّوريّاتِ الكبيرةِ تُفَضِّلُ الكُمونَ لِمُفاجأة فرائسِها.

الصَّيْدُ جَماعات

الكثيرُ من الضَّواري، كالنُّمورِ والدِّبابِ القُطْبيَّةِ، تَصْطادُ مُنْفَرِدةً. وضَوارٍ أُخرى، كالذِّئابِ والضِّباعِ والأُسُود، تَصْطادُ جَماعاتٍ – فيَتعاوَنُ كُلُّ فَرْدٍ من الجَماعةِ في اخْتِيارِ الفَريسةِ ومُطارَدَتِها وقَتْلِها. فالصَّيْدُ جَماعاتٍ يُوَفِّرُ لأمثالِ هذه الضَّواري فُرصةَ قَنْصِ حيواناتٍ كبيرةٍ وقَويَّة، لنْ يَتَمَكَّنَ واحِدُها بِمُفْرِدِه من قَنْصِها. كما إنَّ أُسلوبَ الصَّيْدِ هذا يُعَزِّزُ الرابطةَ الاِجتماعيَّةَ بينَ تلك الحيَوانات.

الدَّرَجةُ والسِّيادة

ضِمْنَ المَجْموعةِ من الحيوانات، غالِبًا ما يُحَدِّدُ الحَجْمُ والقُوَّةُ درَجةَ الفَرْدِ ومَوقِعَه ضِمْنَ الجماعة. فعِجْلُ البَحْرِ الأقوى على الشاطئ يَتَزاوجُ مع عَددٍ أكثَرَ من الإناث. والأفرادُ الضِّعافُ أو الصِّغارُ قد لا يُتاحُ لها التزاوجُ مُطْلقًا. لكِنْ سُرعانَ ما سيأتي يومٌ يتَحَدَّى فيه مُنافِسٌ فَتِيٌّ الذَّكَرَ المُسَيْطِرَ ويأخُذُ مَوقِعَه.

في كثيرٍ من أنواعِ الحيَوان، تَتَحَدَّى الذُّكورُ المُتَنافِسةُ بعضُها بَعضًا خِلالَ مَوسِمِ التزاوُج. لكنْ نادِرًا ما تَنْتَهي تِلكَ الصِّراعاتُ بمَقْتَلِ أحدِ المُتَنافِسَيْن. فمُعظَمُ المُجابَهاتِ ما هيَ إلّا وسائلُ بَسيطةٌ تُؤكِّدُ بواسِطتِها الذكورُ الأقوى سَيْطرتَها. والذَّكرُ الأضعفُ غالِبًا ما يَخْنَعُ ويَتراجَعُ. أمّا إذا حَشرَ ضارٍ فريسةً وَضيَّقَ عليه (أو عليها) الخناقَ، فإنَّ الفريسةَ سَتُناوِمُ بكُلِّ قُواها. وفي تلك الحالِ، قد يَتراجَعُ الضَّاري الجائعُ خَشْيَةَ التعَرُّضِ للأذى.

ضِمْنَ المَجْموعةِ الاِجتِماعيَّةِ، كقَطيعٍ من الذِّئاب، نادِرًا ما تَحْتاجُ الحيَواناتُ السَّائدةُ إلى القِتال لِلحفاظِ على مَوقِعها. فالحيواناتُ الأضْعَفُ تُظْهِرُ بسُلوكِها الخُنوعيِّ أنَّها قانِعةٌ بِمَوقِعِها الأدْنى في النِّظامِ الاِجْتماعيِّ لِلقَطيع.

▲ الذِّئبُ الأضْعَفُ في هذا المَشْهد يَضْغطُ جَسَدَه قريبًا من سَطْحِ الأرض، لافًّا ذَيْلَه وطاويًا أُذُنَيْه خَلْفًا ولاعِقًا وَجْهَ الذِّئبِ السَّيِّد في عَرْضٍ نَموذَجيٍّ لِلخُنوعِ والخُضوع. أمّا الذِّئبُ السَّيِّدُ فيَقِفُ مُنْتَصِبًا رافِعًا ذَيْلَهُ ونافِشًا الشَّعْرَ حولَ عُنُقِه. كُلُّ فَرْدٍ، في قَطيعِ الذِّئاب، يَعْرِفُ مَوقِعَه.

كِلابُ المُروج والمَرموطاتُ السِّنجابيَّةُ تَعيشُ في مُسْتَعمراتٍ تحتَ الأرض تُسَمَّى «قُرًى». كُلُّ فَرْدٍ في المُسْتَعْمرةِ يُشارِكُ في حَفْرِ مَتاهةٍ منَ الأنْفاقِ ذاتِ مَنافِذَ هوائيَّةٍ بُرْكانيَّةِ الشَّكْل. ويَقِفُ خُفَراءُ المُسْتَعْمرةِ على تُشُزٍ في جوانِبِها للتحذيرِ من الأعداء، كالصُّقورِ المُحَوِّمة. وهكذا تَفيدُ جميعُ حيواناتِ المُسْتَعْمرةِ من العَيشِ الجماعيّ. ويُسَمَّى هذا النَّمَطُ من السُّلوكِ التَّعاوُنيّ غَيْريَّةً.

اُنْظُر أيضًا

الحياة: الأُصولُ والتطوُّر
ص 50 – 51
التعايُشُ التكافُليُّ الحيوانيّ
ص 94

الحَرَكةُ والتنقُّل

تَتنَقَّلُ الحيواناتُ لأَسبابٍ مُتَنوِّعةٍ – إمَّا طلَبًا لِلطعام أو بَحْثًا عن قَرِينٍ أو هَرَبًا من الضَّواري. وقد طوَّرَ الكثيرُ من الحيواناتِ أساليبَ غيرَ عاديَّةٍ لِلتَّجوال والتنقُّل.

هنالك أسبابٌ مُتَنوِّعةٌ لِضَرورةِ تَنَقُّلِ الحيوان. فالضَّاري الجائعُ قد يُطارِدُ فَريسةً؛ وهذه بدَورِها تَعْدو هَرَبًا من القَتْل. الحيواناتُ البَرِّيَّةُ (ساكِنةُ البَرّ) تَتحَرَّكُ باستِخْدام قُدْرتِها العَضَليَّة فقَط. أرجُلُ الزَّرافةِ تَعْمَلُ كما المَسانِدُ والرَّوافع؛ فهي تَضْغطُ على الأرضِ داسِرةً الحيَوانَ قُدُمًا. وفي سُرعتِه القُصوى، غالِبًا ما تكونُ واحِدةٌ فقَط من أقدامِ الظَّبي على الأرض، فيما قد يَرْفَعُ أرجُلَه الأربعَ عندما يَقفِزُ سابحًا في الهواء. قَفْزةُ الكَنْغَر ليْسَت شَكْلًا فَريدًا من الحَركةِ، لكِنَّها ليسَت نمُوذَجِيَّةً في الثَّدْيِيَّات.

تَسْبَحُ الدَّلافينُ بحَرَكاتٍ مُتعامِدةٍ من أذيالِها صُعُودًا وهُبُوطًا. وتَبْدو كأنَّها تَستَمتِعُ بالقَفْزِ خارِجَ الماء.

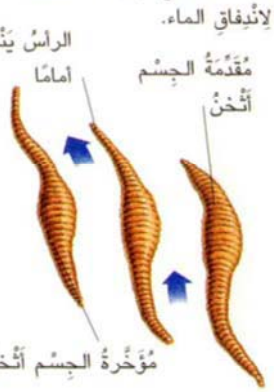
يتَحرَّكُ المَحارُ المِرْوَحيُّ (الأسقَلُوب) بفَتْحِ صَدفَتِه لسَحبِ الماء، ثُمَّ يُطْبِقُ الصَّدَفَةَ بسُرعةٍ فيَنْدَفِقُ منها الماءُ إلى الخارج، ويَنْدَفِعُ الأسقَلوبُ، بقُوَّة رَدِّ الفِعْل، في الاتِّجاه المُعاكِس لانْدِفاقِ الماء.

الحَرَكةُ بلا أرجُل

الأرجُلُ ليسَت ضَروريَّةً لِلتَّحَرُّكِ بسُرعةٍ. فالسُّرعةُ الأفاعي، مثلًا، هي المامْبا السَّوداءُ السامَّة التي قد تَبْلُغُ سُرعتُها 30 كم/سا. كثيرٌ من الأفاعي تتَحرَّكُ على اليابسةِ أو في الماءِ بالتمَعُّجِ والتلَوِّي. والحَلازينُ (القواقِعُ) ذاتُ قَدمٍ أُحاديَّةٍ تَتحَرَّكُ بمَدِّها وسَحْبِها في تمَوُّجاتٍ عَضليَّةٍ مُتتالِية.

قُوًى هَيْدروليَّة (حَراكيَّةٌ مائِعيَّة)

بعضُ اللَّافقاريَّاتِ، كالخَراطينِ ونُجومِ البَحْرِ، تَستَخْدِمُ قُوًى هَيْدروليَّةً لِلتحَرُّكِ، مُغَيِّرةً شَكْلَ جِسْمِها بدَفْعِ عَضَلاتِها للسائلِ من أحَدِ أجزاءِ الجِسْم إلى جُزْءٍ آخَر.



تُقلِّصُ الخُرطومُ (دُودةُ الأرض) عَضَلاتٍ حَلْقيَّةَ الشَّكْل على امْتِدادِ جِسْمِه لِيَشُقَّ طريقَه عَبْرَ التُّرْبة. هذه العَضَلاتُ تَعْتَصِرُ المائِعَ في الجِسْم فَيُصبِحُ الطرَفُ الأماميُّ لجِسْمِ الدُّودةِ أطولَ، ويَنْدَفِعُ أمامًا. ثُمَّ تُثَبِّتُ الدُّودةُ رأسَها في الأرض وتَسْحَبُ ذَيْلَها.

الطَّيَران

الحَشَرات والطُّيورُ وبعضُ اللَّبوناتِ تَستَطيعُ التحرُّكَ في الهواء. والطُّيورُ هي أسيادُ الطيرانِ بخَفْقِ الأجنحة أو التَّحْويمِ بِبَسْطِها. الطُّيورُ السَّريعةُ، كالصُّقور، ذاتُ أجنِحَةٍ نَحيلةٍ مُستَدِقَّةِ الأَطْراف. أمَّا البُومُ، فذاتُ أجنِحةٍ عريضةٍ تُتيحُ لها الانْسيابَ بسُكونٍ أثناءَ التصَيُّد. والخفافيشُ هي اللَّبوناتُ الوحيدةُ القادِرةُ على الطَّيران.

▶ الحيَواناتُ ذاتُ الظِّلْف، كهذه الزَّرافَى، تَعْدو على أباخِسِها (أصابِعِ أقدامها). وأرجُلُ الزَّرافَى الطويلةُ تجعَلُها من أسرعِ الحيوانات على السُّهولِ الإفريقيَّة.

هذه الصُّوَرُ تُبَيِّنُ بُومةً صغيرةً أثناءَ طيَرانِها. خَفَقاتُ الجَناحَيْن القويَّةُ تُوَفِّرُ للطائر رَفْعًا ودَفْعًا أثناءَ الإقلاع. ويُلاحَظُ أنَّ ريشَ القوادِمِ يَتَباعَدُ أثناءَ خَفْقَةِ الرَّفْع؛ وأنَّ الذَّيْلَ يعمَلُ كدَفَّةٍ ومِكْبَحٍ هوائيٍّ عندَ الهُبوط.

اُنْظُر أيضًا

الحَشَرات ص 75 – 77
البَرْمائيَّات (القوازِب) ص 80 – 81
الزَّواحِف ص 82 – 83
الطُّيور ص 84 – 85
اللَّبونات (الثَّدْيِيَّات) ص 86 – 87

الهِجْرة

الهِجْرةُ اِنْتِقالٌ دَوريٌّ لِلحيواناتِ بين مِنْطقتَيْنِ لِلتَّوالُد أو طَلَبًا لِلغِذاء. وقد تَقومُ الحيَواناتُ بذٰلك سَنَويًّا أو مَرَّتَيْن فقَط في مدَى العُمْر.

الهِجْراتُ الحيوانيَّةُ رِحْلاتٌ مَوسِميَّةٌ، أو مَحدودةٌ في مدَى العُمْر، إلى الوُجْهَةِ نَفْسِها. تُهاجِرُ الحيواناتُ غَريزيًّا مُحَدِّدةً مَسالِكَها عَبْرَ البراري والبِحارِ بوَسائلَ لا تَزالُ تقديريَّةً وغيْرَ مَفْهومة. فالحاجةُ إلى الطعام والمكانِ الآمِنِ للتوالُدِ تَسْتَحِثُّ الحيواناتِ على الهِجْرة. وغَريزةُ الهِجْرةِ أكثَرُ شُيوعًا بينَ الحيوانات التي تَتعرَّضُ مَواطِنُها عادةً لِتغَيُّراتٍ مَوسِميَّةٍ قُصْوَى.

الحِيتانُ الحَدْباءُ تُهاجِرُ من المياهِ القُطْبيَّة إلى البِحارِ الأدْفأ لِتَضَعَ صِغارَها.

الطُّيورُ القَواطِعُ (المُهاجِرة)

الهِجْرةُ شائعةٌ بينَ الطيور. فالخُطّافُ (السُّنونو)، مثلًا، يَطيرُ جَنوبًا كُلَّ خريفٍ من أوروبا وأمريكا الشماليَّة لِلتَّشْتِيَةِ في إفريقيةَ أو في أمريكا الجَنوبيَّة. فهذه الطيورُ تَقْتاتُ بالحَشَرات، والحَشَراتُ لا تَتواجَدُ بِوَفْرةٍ في فُصولِ الشِّتاءِ الشماليَّة.

الفَراشاتُ الملكيَّةُ تُهاجِرُ عَبْرَ أمريكا الشماليَّةِ جَنوبًا حتَّى المَكسيك؛ ولا يَبْقَى منها عادةً لِرِحْلةِ العَودة سِوى قِلَّةٍ من الفراشاتِ البالِغة.

يَقومُ طائرُ الخَرْشَنةِ القُطْبيُّ الشَّماليّ سَنَويًّا برِحْلةٍ مَداها 35 000 كم من القُطْبِ الشماليّ إلى القارَّةِ القُطْبيَّةِ الجنوبيَّة ذَهابًا وإيابًا.

الخطاطيفُ (طيورُ السُّنونو) تُهاجِرُ سَنَويًّا. ففي الشِّتاءِ تَطيرُ جَنوبًا ثُمَّ تَعودُ في الرَّبيع لِلتوالُد.

تَرْتَحِلُ قُطْعانُ الرَّنَةِ إلى أراضي الرَّعْيِ الجنوبيَّةِ هَرَبًا من شِتاءِ المِنْطَقةِ القُطْبيَّةِ الشماليَّةِ القارِس.

قَطيعٌ من أيايلِ الرَّنَةِ في روسيا يَبْدأُ هِجْرتَه الطويلة. فَبِتَجَمُّدِ مِنْطقةِ التُّندرا – مَوطِنِ الرَّنَة – خِلالَ الشِّتاء، تَرْتَحِلُ أيايلُ الرَّنَة جَنوبًا طَلَبًا لِمأوًى آمِنٍ في الغاباتِ هُناك.

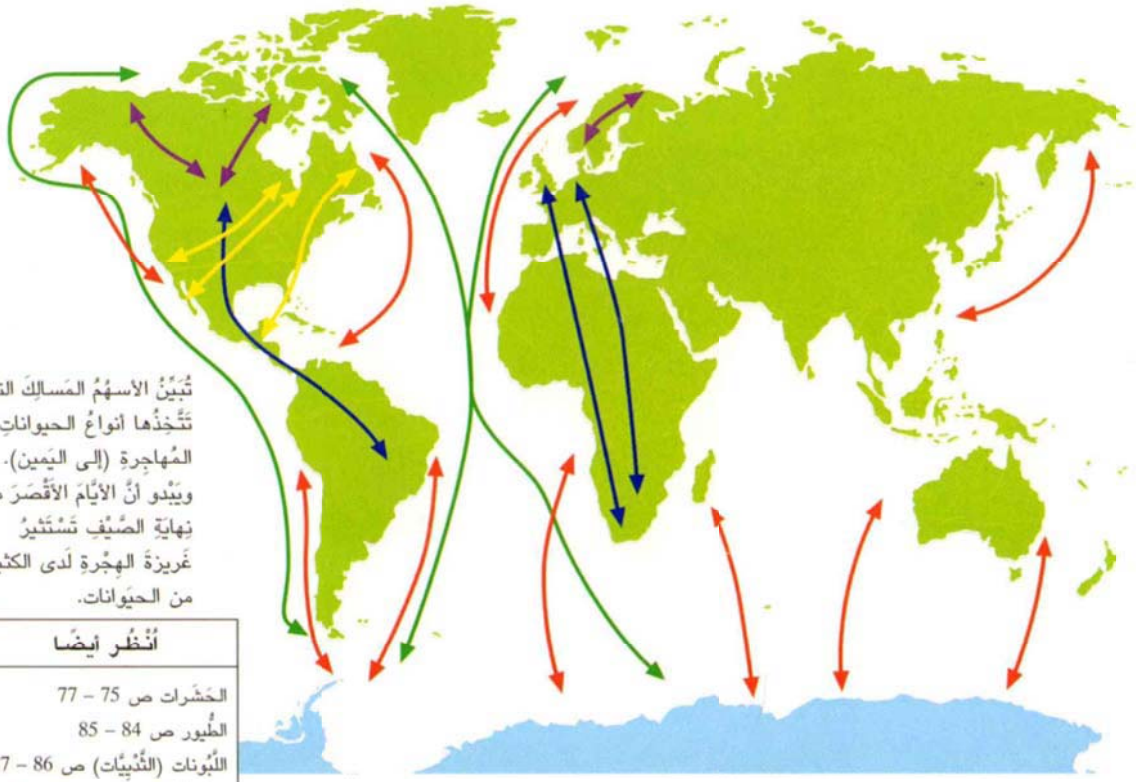
طائرُ الخَرْشَنةِ القُطْبيُّ الشماليُّ يُهاجِرُ سَنَويًّا من صَيْفِ المِنْطقةِ القُطْبيَّةِ الشماليَّة إلى صَيْفِ القارَّةِ القُطْبيَّةِ الجَنوبيَّة – في رحلةِ ذَهابٍ وإيابٍ مَداها 35 000 كيلومتر. ويُعتقَدُ أنَّ الطيورَ المُهاجِرةَ تَتْبَعُ مَعالِمَ جُغرافيَّةً لإيجادِ طريقِها. ولَعلَّها قد تَسْتَرْشِدُ أيضًا بالشَّمْسِ والنُّجومِ ومَجالِ الأرضِ المِغْنَطيسيّ.

مُهاجِراتٌ أُخرى

الحيَواناتُ المُهاجِرةُ الأُخرى تَشْمَلُ أيايلَ الرَّنَةِ والحِيتانَ واللَّجَآتِ والأنْقليسَ والسَّلْمونَ وحتَّى الفَراشَ. فالفراشاتُ المَلكيَّةُ من الولايات المتّحدة الأمريكيَّة وكَنَدا تَطيرُ جَنُوبًا في أسْرابٍ للإشتاءِ في المكسيك. وقد يَقْطَعُ بعضُها في رِحْلَتِه أكثَرَ من 2500 كم.

دَليلُ الخَريطة

- الخُطّاف (السُّنونو)
- أيايلُ الرَّنَة
- الفراشاتُ الملكيَّة
- الخَرْشنة القطبيَّة لشماليَّة
- الحوتُ المُحَدَّب



تُبَيِّنُ الأسهُمُ المَسالِكَ التي تَتَّخِذُها أنواعُ الحيواناتِ المُهاجِرةِ (إلى اليَمين). ويَبْدو أنَّ الأيَّامَ الأقْصَرَ مع نِهايَةِ الصَّيْفِ تَسْتَثيرُ غَريزةَ الهِجْرةِ لَدى الكثيرِ من الحيَوانات.

اُنْظُر أيضًا

الحَشَرات ص 75 – 77
الطُّيور ص 84 – 85
اللَّبُونات (الثَّدْيِيَّات) ص 86 – 87
السُّلوكُ الحيَوانيّ ص 90 – 91

التَّعايُشُ التكافُليُّ الحيَوانيّ

الشَّراكةُ الحَميمةُ بينَ مُتعَضِّيَيْن من نَوعَيْن مُختلِفَيْن تُسَمَّى تَعايُشِيَّة أو تَعايُشًا تكافُليًّا. وهنالكَ دَومًا إفادةٌ لكِلا المُتَعضِّيَيْن في هذا التعايُش.

يَعيشُ شُقَّيقُ البَحْر أحيانًا فوقَ مَحارةٍ يَشْغَلُها سَرطانٌ ناسِك. فيَحْصُلُ شُقَّيق البَحْر على رِحْلاتٍ مَجّانِيَّة، ويتلَقَّطُ فُتاتَ الغذاءِ السَّاقِطِ من السَّرطان. وتُساعِدُ لَسَعاتُ شُقَّيقِ البَحْر السامَّةُ في الدِّفاع عن كِلا الحيَوانَيْن ضِدَّ الضَّواري.

تَعيشُ شِراعيَّةُ البُرتُغال في المُحيطات. وهي تتألَّفُ من عدَّة مُتَعضِّياتٍ من النَّوع نَفْسِه تَعيشُ معًا كعَميرةٍ؛ وكُلُّ فردٍ في العَميرة له وَظيفةٌ يَقوم بها.

هُنالك كثيرٌ منَ الأَمثلةِ على حَيَواناتٍ وَنَباتاتٍ مُتَعايِشةٍ معًا، وسبَق لها أنْ تطَوَّرَت معًا مُقيمةً تكافُلًا مُفيدًا لِكلا المُتعَضِّيَيْن. يُستَخْدمُ مُصْطَلحُ التَّعايشيَّة للتعبير عن عَلاقاتٍ مُتباينةٍ مُتَعدِّدة بين مُتعَضِّيَيْن. فإذا تعايشَ مُتعَضِّيان بحيث يَفيدُ أحدُهما دونَ أن يَستفيدَ الآخرُ أو يتضَرَّر – فهو تعايشٌ مَلاذيّ. وإذا كان التعايُش يُفيدُ كلا المُتعَضِّيَيْن، فهو تعايُشٌ مُنافَعة – أي تُعايُش مَنفعةٍ مُتبادَلة. أمّا إذا كان التعايشُ يُفيدُ أحدَ المُتعضِّيَيْن على حسابِ الآخر، فتُسَمَّى العَلاقةُ تعايُشًا تَطَفُّليًّا.

مُشاركَةُ المأوى

بعضُ المُتعَضِّياتِ تَتشارَكُ المَسْكَنَ الواحد. وشراكةُ السَّرطانِ الناسِك وشُقَّيقِ البَحْر هي مَثَلٌ جَيِّد على هذه العَلاقة. السَّرَطاناتُ الناسِكةُ قِشْرِيَّاتٌ تَشْغَلُ مَحارَ الرِّخْوِيَّات الفارِغة؛ وبعضُ شَقائقِ البَحْر يَعيشُ فوقَ هذه المَحار. شَقائقُ البَحْر تَصُدُّ الضَّواري بإطلاقِ سِهامِها السَّامَّةِ، وتَفيدُ هي من الاغْتِذاءِ بالفُتاتِ السَّاقِط من وَجَباتِ السَّرطان.

وَجَباتٌ مَجّانيَّة

إعراءُ الوَجْبةِ المَجّانيَّةِ هو أساسُ العديدِ من أنواع التعايُشِ الحيَوانيّ. فنَقّارُ البَقر، مثلًا، يَعْتَلي ظُهورَ الظِّباءِ والجواميسِ والكَرْكَدنّات، ويَغْتذي بالحَشَراتِ واليَرَقاتِ التي تَعيشُ على جِلْدِ العائل. وفي المُقابِل، تُسَقْسِقُ الطُّيورُ أو تُصْدِرُ صَيحاتِ إنذارٍ عندما تُشاهِدُ أو تتحَسَّسُ تواجُدَ مُفْتَرِسٍ خَطِر في الجِوار.

نَقّارُ البَقر الأحمر المِنْقار ذو علاقةِ تَعايُشٍ تكافُليَّةٍ مع ظَبْيِ الإمپالا. فيَجْثُم الطائرُ على رأسِ الظَّبي ويَتلقَّطُ الحَشَرات، فيَفيدُ الظَّبْيُ خلاصًا من الآفاتِ الحَشَريَّة – فيما يَفيدُ نَقّارُ البَقر من وجْبةِ طعامٍ مُيَسَّرة.

تَعايُشيَّةٌ تحتَ سَطْحِ البَحْر

هنالكَ الكثيرُ من الأمثلةِ على عَلاقاتِ التَّعايُش التكافُليِّ في المُحيطات. فسَمكةُ الرَّاس، مثلًا، هي سَمكةٌ صغيرةٌ تَسْبَحُ إلى داخلِ فَمِ سَمكةٍ أكبَرَ فتُزيلُ فُتاتَ الطعامِ والطُّفَيْلِيَّاتِ من فَكَّيْها. ويبدو أنَّه حتّى أَشدُّ الأَسْماكِ المُفْتَرِسةِ نَهَمًا تُرَحِّبُ وتَسْتَمْتِعُ بهذا التَّنْظيفِ الذي يَفيدُ منه كلا النَّوْعَين.

الطُّفَيْلِيَّات

كثيرٌ من الحيوانات تَغْزوها طُفَيْلِيَّاتٌ تَعيشُ في أجْسادِها، بخاصَّةٍ في الأمعاء – حيثُ تَفيدُ الطُّفَيْلِيَّاتُ من مَثْوًى آمِنٍ وتَغْتذي بغذاءٍ مَهْضُومٍ أو فَضَلاتٍ برازِيَّة. بعضُ الطُّفَيْلِيَّاتِ لا تؤذي العائلَ؛ لكِنَّ كثيرًا غيرَها، كالبراغيثِ والشَّريطيَّاتِ (الدِّيدان الوَحيدة)، تُضِرُّ بالعائل وتُضْعِفُه. والطُّفَيْلِيَّاتُ تدخُلُ جسمَ العائل عَبْرَ الفَمِ أو الأنفِ أو فُتحاتٍ جَسَديَّةٍ أُخرى.

سَمكةُ الرَّاسِ المُنَظِّفةُ الصغيرة تَتَنَقَّلُ آمِنةً بين فَكَّيْ سَمَكةِ القُشْرِ المَرجانيَّة هذه – وهي تَغْتذي بطُفَيليَّاتها.

اُنْظُر أيضًا

الحياة: الأُصولُ والتطَوُّر
ص 50 – 51
التهايُؤُ التكيُّفيُّ والدِّفاع ص 95

التَّهايُؤ التكيُّفيُّ والدِّفاع

التَّهايُؤ التكيُّفيُّ تَغَيُّرٌ يَجْعَلُ الكائنَ أفضلَ تلاؤمًا مع بيئتِه. والدِّفاعُ هو الوسائل التي تَحْمي بواسِطتِها المُتعَضِّياتُ أنفُسَها من الأذى.

الخُفَّاشُ الناشِطُ لَيْلًا يُرْسِلُ تموُّجاتٍ صوتيّةً لإقْتِفاءِ العُثّاتِ. لكنَّ بعضَ العُثِّ تكتَشِفُ هذه التموُّجاتِ وتَتفاداها بإجراءاتٍ تَفلُتيّةٍ – حتّى إنّها تُشَوِّشُ على إشاراتِ الخُفّاش بِصَيحاتٍ زَعيقيّةٍ عاليةِ الطَّبقة.

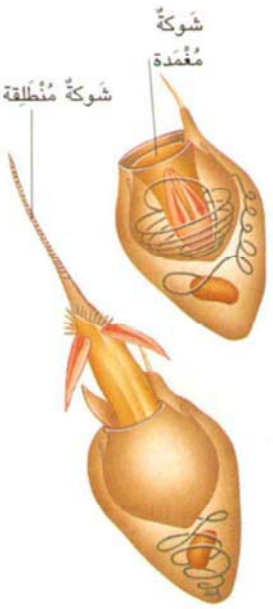
لا بُدَّ أن تتوفَّرَ لجميعِ الكائناتِ الحيَّةِ قُدْرَةٌ على التهايُؤِ التكيُّفيِّ مع التغَيُّراتِ في بيئاتِها لتَسْتَطيعَ البَقاء. وحَتّى يتَسَنّى للكائنِ ذلك، يَنْبغي له أن ينمُو ويتكاثر، وأن يَتفادى خَطَرَ أنْ يُفْتَرَسَ أو يُلْحَقَ به الأذى من كائنٍ آخَرَ هو أيضًا يَسْعَى من أجلِ البَقاء. وقد اقْتَضَت ضروراتُ البَقاء تَطويرَ بعضٍ من أروعِ التَّهايُؤاتِ التكيُّفيَّةِ الدِّفاعيَّةِ في الطبيعة.

أسلِحةٌ دِفاعيَّة

هنالك خَمْسةُ أنماطٍ رئيسيَّةٍ من التَّهايُؤاتِ التكيُّفيَّةِ الدِّفاعيَّة. الدِّفاعاتُ الميكانيكيَّة (الآليَّاتيَّة) تَشْمَلُ القُرونَ والأشواكَ والنواتئَ الشوكيَّةَ والدُّرُوع. فالحَيوانُ المُدَرَّعُ مُغَطًّى بِدِرْعٍ عَظْميٍّ، ويَتكَوَّرُ عندما يُهَدِّدُه الخَطَر. والقنافِذُ الشوكيَّةُ تَفْعَلُ الشَّيءَ نَفْسَه؛ أمَّا السَّلاحِفُ فتَرْتدُّ إلى داخِلِ ذُبولها (ج. ذَبْل) العَظْميَّة.

الدِّفاعاتُ الكيماويَّةُ تشمَلُ موادَّ كريهةَ المَذاقِ والرائحة، أو لَسَعاتٍ وسُمومًا تُلْحِقُ الأذى بالضَّواري المُهاجِمة. فشقائقُ البَحْر، مثلًا، تُطلِقُ سِهامًا شوكيَّةً سامَّةً على الضَّواري المُحْتَمَلة.

وتَشْمَلُ الدِّفاعاتُ البَصَريَّةُ التلوينَ الزّاهي الذي يُنْذِر بِسُموميَّةِ صاحِبه. كذلك يُمَكِّنُ التَّمْويهُ الكثيرَ من أنواع الفرائسِ من التَّخَفّي بالإنْدِماج في البيئاتِ حوالَيها. وكثيرٌ من الحيَوانات تُشاكِهُ (تُشابِهُ شَكْلًا) بعضَ الأشياءِ الخَطِرة أو غيرِ الصّالحةِ لِلأكْل. فالحَيّاتُ المَرْجانيَّةُ سامَّةٌ تتجَنَّبُها الضواري؛ أمَّا الحَيّاتُ اللَّبَنيَّةُ المُشاكِهَةُ لها واللامؤذيةُ فتَتجنَّبُها الضَّواري أيضًا كما تَتجَنَّبُ المَرجانيّات.



عندما يُلامِسُ مُفْتَرِسٌ إحدى لَوامس شُقَّيقِ البَحْر، تَنْقَلِبُ خلايا في اللَّوامسِ رأسًا على عَقِب لإطلاق أشواكٍ دِفاعيَّة.

الذُّبابُ الحَوّام يُحاكي بتَمَوّهِه التلَوُّنَ الإنذاريَ للزَّنابير. وهذا يُرْبِكُ المُفْتَرِساتِ فَتْرَةً تكفي الذُّبابةَ لِلنَّجاةِ بنَفْسِها.

المُدَرَّعُ ذو دِفاعٍ آليٍّ – بِدِرْعِه القاسي من الصَّفائح العَظْميَّة. ولِرَدْعِ أيِّ مُفْتَرِس، يَتكوَّرُ المُدَرَّعُ مُتَّخِذًا شَكْلَ كُرَةٍ مَشدودة.

بعضُ الأسماك، كالأنقليس، تَتَمَيَّزُ بأعضاءٍ خاصَّةٍ تَبْتعِثُ شِحناتٍ كَهْربائيَّةً تَصُدُّ بها الضَّواري وتَصْعَقُ بها الفرائسَ – كما تُساعِدُها في إيجادِ طريقِها عَبْرَ المياهِ المُعْتِمة.

أمَّا الدِّفاعاتُ السُّلوكيَّةُ فتَشْمَلُ كامِلَ أصنافِ الأساليبِ الدِّفاعيَّة – من تجَنُّبِ الأخطارِ اختباءً أو هُروبًا إلى مُجابهةِ المُهاجِمِ والرَّدِّ عليه بالمِثل.

تَهايُؤاتٌ تكيُّفيَّةٌ مُختلِفة

يُمَيِّزُ البَيُولوجيُّون بينَ نَمطَيْن من التَّهايُؤاتِ التكيُّفيَّة – نَمَطٍ وِراثيٍّ (جِينيّ) ونَمَطٍ ظاهِريّ. التهايُؤاتُ التكيُّفيَّةُ الوراثيَّةُ تَنْتَقِلُ جِينيًّا (كجينات) من جِيلٍ إلى جيل. وهي تُوفِّرُ الأساسَ لِلتغَيُّرِ التطوّريِّ عَبْرَ الانتِخابِ الطبيعيّ. أمّا التهايُؤاتُ التكيُّفيَّةُ الظاهِريَّةُ فتَحْدُثُ ضِمْنَ مَدى عُمْرِ الفَرْد. وفي غالبيَّةِ الحالات، فإنَّ أمثالَ هذه التغَيُّراتِ تُمَكِّنُ المُتعَضِّي من البَقاءِ على قَيْدِ الحياة وتَجاوزِ التغَيُّراتِ البيئيَّةِ الفُجائيَّة.

حُمُرُ الزَّرَد البُرْشِليَّة هذه طوَّرَت عددًا من الدِّفاعات لِتَتفادى افتراسَها من قِبَل الأُسُودِ والضواري الأخرى في السَّهْلانِ الإفريقيَّة. فهي تعتمِدُ على حواسِّها الحادَّة لِاكتِشافِ الخَطَر وعلى سُرعةِ الهُروب. وهي، إذا ما ضُيِّقَ عليها الحِصارُ تَسْتطيعُ الرَّفْسَ والعَضّ. كذلك فإنّ تخطيطاتِ حُمُرِ الزَّرَد تُشَوِّشُ مَنْظَرها الكِفافيَّ فتُعَطِّلُ وتُعَسِّرُ قُدرةَ الضاري على اختيارِ فَرْدٍ منها والتركيزِ على مُلاحَقتِه.

اُنْظُر أيضًا

السُّلوكُ الحَيوانيّ ص 90 – 91
التعايُشُ التكافُليُّ الحيَوانيّ ص 94
أسبابُ انْقِراضِ الأنواع ص 442 – 443

حَقائقُ وأرقام

فُروعُ عُلومِ الحَياة

عُلَماءُ التشريح يَدْرسونَ بِنَى المُتَعَضِّياتِ الحيَّة باستِخْدام الدِّراساتِ المِجْهريَّة غالبًا.

البَيْولوجيُّون يَدْرسون بِنَى وسُلوكَ وتطوُّرَ الكائناتِ الحيَّة بجميع أنواعها.

عُلَماءُ النَّبات بَيْولوجيُّونَ يَدْرسون النَّباتات.

البِيئيُّون يَدْرسونَ العَلاقاتِ بينَ الكائناتِ الحيَّةِ والبيئات التي تعيشُ فيها.

عُلَماءُ الأَجِنَّة يَدْرسون تكَوُّنَ وتطوُّرَ النباتاتِ ولحيوانات من الإخصاب حتَّى تُصبحَ كائناتٍ عُضويَّةً مُسْتَقِلَّة.

عُلَماءُ الحَشَرات يَدْرسون الحَشَرات.

عُلَماءُ السُّلوكيَّات الحيوانيَّة يَدْرسون السُّلوكَ المَوْروثَ لِلحيَوانات في بيئاتها الطبيعيَّة.

عُلَماءُ الأَسْماك، عُلَماءُ حيَوانٍ يَدْرسون الأَسْماك.

عُلَماءُ البَيْولوجيا البَحْريَّة يَدْرسونَ الكائناتِ الحيَّةَ في البِحار والمُحيطات.

عُلَماءُ الفُطْريَّات يَدْرسون الفُطُور.

عُلَماءُ الطُّيُور يَدْرسون الطُّيُور.

عُلَماءُ الطبيعة يَهتمُّون بالطبيعة؛ وقد يَتخَصَّصونَ بأنواعٍ مُعَيَّنةٍ من الكائنات أو يَجِدونَ المُتْعَةَ بِمُراقبةِ الحيَوانات والنباتات وتَسْجيلِ مُلاحظاتِهم عنها.

عُلَماءُ الحياةِ القديمة يَدْرسون الأحافيرَ لتَجْميعِ مَعْلوماتٍ عن أشكالِ الحياة التي تواجدَت منذُ مَلايينِ السِّنين.

عُلَماءُ التَّصْنيف يُصَنِّفون النباتات والحيوانات في نظامٍ تراتُبيّ.

عُلَماءُ الحيَوان بَيْولوجيُّون يَدْرسون الحيَوانات

أَنْماطُ المَنْظومات البيئيَّة النَّطاقيَّة المنظومةُ البيئيَّةُ النطاقيَّةُ مَجْموعةٌ نباتيَّةٌ وحيوانيَّة تستوطِنُ مِنْطقةً جُغرافيَّةً شاسِعة. وتُحَدِّدُ النُّطُقُ البيئيَّةُ أساسًا بالظُّروف المُناخيَّة السائدةِ فيها.

الصَّحاري مناطِقُ جافَّةٌ جِدًّا تنمُو فيها قِلَّةٌ من النباتات فقَط، وقد تكونُ باردةً أو حارَّة.

السُّهوبُ المُعْشِبة وهي أكثرُ شُيوعًا في المِنطقتَيْنِ المُعتدلتَين. في المنطقة الاستوائيَّةِ ذاتِ الصَّيف الطويل الجافّ، السَّهبُ المُعْشِبُ النَّمُوذجيُّ يُسمَّى سافَنّا أو سَقْناء، وهو عادةً لا يَخْلو من تَجمُّعاتٍ شَجريَّةٍ مُتفرِّقة.

المُحيطات، أضخَمُ المَنظومات البيئيَّة النطاقيَّة من حيثُ المدى. والأنواعُ التي تَعيشُ في نِطاقٍ مُحيطيٍّ مُعيَّنٍ بَحَدِّدُها العُمْقُ، واختراقيَّةُ نُورِ الشَّمْس، ودَرَجةُ الحرارة، والفروقُ المائيَّةُ، ومُتاحيَّةُ المُغَذِّياتِ في الموقعِ المُعَيَّن.

السُّهوبُ الأَجَميَّة مناطِقُ تَسُودُ فيها الجَنَباتُ والأشجارُ القَميئة. فُصولُ الصَّيف فيها حارَّةٌ وجافَّة والحرائقُ متكرِّرةُ الحُدوث.

غاباتُ التَّيْغا تُسَمَّى أيضًا الحراجَ الشَّماليَّة، مناطِقُ غاباتٍ مخروطيَّةٍ إبريَّةِ الورق تُتاخِمُ المِنْطقةَ القُطبيَّةَ الشَّماليَّة. فُصولُ الشتاءِ فيها باردةٌ وطويلة.

الغاباتُ المُعْتَدِلة توجَدُ بين المنطقتَيْنِ المَداريَّتَيْنِ والقُطبيَّتَيْنِ شمالًا وجنوبًا. مُناخُها لطيفٌ وكمِّيَّاتُ المَطَر فيها مُعْتَدِلة. هذه الغاباتُ قد تكونُ مخروطيَّةً دائمةَ الخضرة أو مُعْيِلةً.

الغاباتُ المَداريَّةُ المَطيرة تنمُو حيث الطَّقْس حارٌّ ورَطبٌ على مَدارِ السَّنة. وهي أغنَى المنظوماتِ النطاقيَّةِ البيئيَّة من حيثُ تنوُّعيَّةُ الضُّروبِ النباتيَّةِ والحيوانيَّةِ فيها.

التُّندرا مناطِقُ باردةٌ وجافَّةٌ حيثُ التُّربةُ التحتيَّةُ مُتجَمِّدةٌ دَوْمًا.

طَوائفُ الكائناتِ الحَيَّة

النَّباتات

لقد تَمَّ حتَّى اليوم (أوائلَ الألفيَّة الثالثة) تعَرُّفُ وتَصْنيفُ حوالى 300 000 نوع من النَّباتات – تَتَراوحُ حُجومُها وتَعْقيداتُها من الطِّحالبِ البَسيطة إلى الأشجار لباسقة. ويَتَنَبَّأُ العُلماءُ أنَّه قد يَتواجَدُ، على الأقلّ، عددٌ مُماثِلٌ من الأنواع التي لم تُكتشَفْ بَعْدُ لِتَواجُدِها في غاباتٍ أو على جبلٍ يتَعَذَّرُ الوُصولُ إليها. وجديرٌ بالذِّكر أنَّ ما يتواجَدُ من النباتات هو أقلُّ بكثيرٍ من الحيَوانات.

الفُطُور

هنالك حوالى 100 000 نوعٍ مَعْروفٍ من الفُطْريَّات. ويُعَرَّف الفُطْرُ بأنَّه مُتعَضٍّ وحيدٌ أو مُتَعَدِّد الخلايا يَمْتَصُّ المُغَذِّيات عَبْرَ جُدرانه الخَلَويَّةِ مُباشَرةً. كثيرٌ من الفُطْريَّات يَعيشُ طُفَيْليًّا يَمْتَصُّ المُغَذِّياتِ من مُتعَضِّياتٍ أُخرى.

الحيَوانات

عُلَماءُ التَّصْنيف يُصَنِّفونَ الحيَوانات في حوالى 30 تَصْنيفًا رئيسيًّا، يُسَمَّى الواحدُ منها شُعْبَةً. ويَشْمَلُ بعضُ هذه الشُّعَبِ عِدَّةَ آلافٍ من الانواع. فشُعْبَةُ الخَيطيَّات، مثلًا، تتألَّفُ، على الأقلّ، من 12 000 نوع من الدِّيدان المُدَوَّرة. ومن بينِ الحيوانات الأعلى نَذكرُ المَجْموعاتِ الرئيسيَّةَ التالية:

الرَّخْويَّات شعبةُ حيواناتٍ بَحْريًّا طريَّةُ الأَجْسام عَديمةُ العِظام ذاتُ مَحارةٍ واقيَةٍ عادةً. من أمثالِها القواقعُ ونواتُ المِصْراعَيْن (كالصَّدَفيَّات) ورِسليَّاتُ الأرجُل (كالسَّبَيْدَجات). هنالك حوالى 100 000 نوع في هذه الشُّعبة.

المَفْصليَّات شُعْبَةُ حيواناتٍ مُتَصِلةِ الأرجُل – جرَى تعَرُّفُ حوالى المليونِ نوعٍ منها، مُعْظمُها من الحَشَرات. وربَّما هنالك ما يُناهِزُ 10 ملايين نوع من الحَشَرات بانتظارِ أن تُسَمَّى وتُوصَف.

الأَسْماك حيواناتٌ مائيَّةٌ تَنْقَسِمُ إلى طوائفَ ثلاث:

طائفةُ الأسماكِ العَظْميَّة ويُعرفُ من أنواعها حوالى 22 000 نوعٍ تشمَلُ القُدَّ. وطائفةُ الأسماكِ الغُضروفيَّة وتشمَلُ حوالى 5000 نوعٍ منها أسماك القِرْش والشَّفْنين. وطائفةُ الأسماكِ العديمةِ الفكَّيْن التي منها الجَلَكي والجِرِّيث.

البَرْمائيَّات (القوازب) هنالك منها حوالى 3000 نوعٍ مَعْروف، تشمَلُ الضَّفادعَ والعَلاجيمَ والسَّمائِل.

الزَّواحف طائفةٌ حيوانيَّة تشمَلُ حوالى 6500 نوع، منها الحيَّاتُ والعَظايا والتَّماسيح.

الطُّيُور طائفةُ حيواناتٍ تشمَلُ حوالى – 9000 نوع – كُلُّها تضَعُ بُيوضًا صُلْبةَ القِشْرة، وتَتميَّزُ بكِساءٍ ريشيّ. أكثرُ من 5700 نوع من طائفةِ الطُّيُور هي من رُتْبةِ الجَواثِم.

اللَّبُونات (الثَّدْييَّات) طائفةُ حيواناتٍ صُنِّفَت في 18 رُتْبةً وَطَوَيْفَتَيْن هما اللَّبونات المَشيميَّةُ والجِرابيَّات. هنالك 4500 نَوْعٍ من اللَّبُونات، تشمَلُ الرَّئيساتِ – السَّعادين والقُرود والبَشَر. وهي ذاتُ كِساءٍ شَعْريٍّ وآليَّاتٍ مُنَظِّمةٍ لِدَرَجةِ حرارة الجِسْم.

تَواريخُ رَئيسيَّة

77 عالِمُ الطبيعة الرُّوماني بِليني الأكبر يُنْجِزُ تاريخَ الطبيعة، أوَّلَ مَوسوعةٍ عن الطبيعة.

1665 العالِمُ البريطانيُّ رُوبَرْت هُوك يُحَقِّقُ الرِّيادة في استِخْدام المَجاهِر لِدراسةِ الخَلايا والمُتعَضِّيات الدقيقة.

1758 عالِمُ الطبيعة السويديُّ كارلوس لينَيوس يُطَوِّرُ نِظامًا، لا يَزالُ مُسْتَخدمًا، في تَسْمية الكائنات الحيَّة.

1830 العالِمانِ الألمانيَّان ماثياس شلايْدن وثيُودور شْفان يُبَيِّنان أنَّ الخليَّةَ هي الوَحْدةُ الأساسيَّةُ في تركيبِ جميعِ النباتاتِ والحيوانات.

1865 الراهبُ النمساويُّ غريغور مِنْدِل صاغَ القوانينَ الأساسيَّةَ لِلوراثة مُسْتَخدِمًا نبَاتات البازلّاء.

1872 إنشاءُ مُتنزَّهِ يَلُوسْتون القَوميّ في الولايات المتَّحدة الأمريكيَّة كأوَّلِ مُتنزَّهٍ عامٍّ لِحماية البيئة الطبيعيَّة.

1879 إنشاءُ المُتنزَّه القَوميّ الملكيّ في أُستراليا لِلحفاظ على البيئة الطبيعيَّة.

1898 إنشاءُ مُتنزَّه كرُوجَر القوميّ في جَنوب إفريقية لِلحفاظ على البيئة الطبيعيَّة.

1909 السّويد تُنْشئُ أوَّلَ المُتنزَّهاتِ القوميَّة لِحماية البيئة في أوروبا.

1910 البَيُولوجيُّ الأمريكيُّ توماس مُورْغان يُبَيِّنُ أنَّ الكروموسومات (الصِّبغيَّات) تحمِلُ مَعْلوماتٍ وراثيَّةً (جينيَّة).

1953 عالِمُ الفيزياء الحيَويَّة البريطانيُّ فرانسِس كريك، وعالِمُ الكيمياء الحيَويَّة الأمريكيُّ جيمْس واطْسون، والكيميائيَّةُ البريطانيَّة رُوزالِنْد فرانكلين يكتشِفون بِنْيةَ د ن أ.

1982 أوَّلُ استِنْساخٍ لخلايا فَأريَّةٍ وتكوينُ «فئرانِ عملاقةٍ» في الولاياتِ المتَّحدة الأمريكيَّة بالهَنْدسةِ الجينيَّة.

1988 أوَّلُ بَيْضةٍ لِنَسْر الكُنْدور الكاليفورنيّ تُفْقَس في الأسْر. هذا النَّوعُ لم يكُنْ قد بقيَ منه سوى 27 طائرًا. وقد احتُجِزَ في الأسْرِ في مُحاولةٍ لِتَفادي انْقِراضِه.

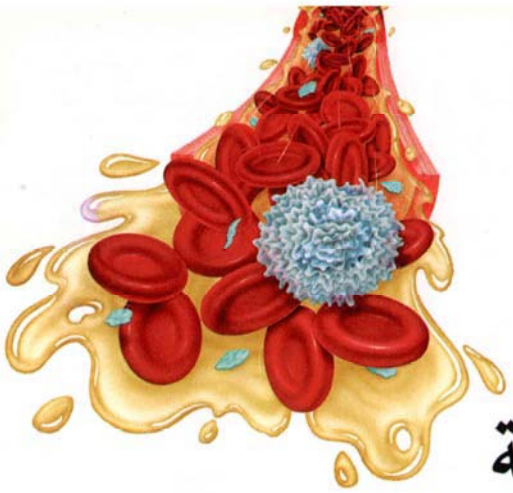
1989 الولاياتُ المتَّحدة الأمريكيَّةُ وبُلدانُ الاتِّحادِ الأوروبيّ تَحْظُرُ استيرادَ العاج في مُحاولةٍ لِحماية الفيَلةِ الإفريقيَّة.

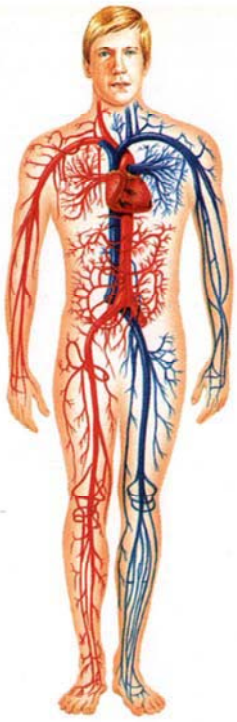
1996 الياباني لَبُونٌ جديدٌ أشبَهُ بالسناجيب، يُكتشَفُ في الفيليبين.

1997 النَّعْجةُ دُوللي، أوَّلُ لَبُونٍ بالِغ يُستَنْسَخُ في مَعهد رُوسْلين باسكُتلندا.

1998 الترنْغسون مَنْتَجاك نوعٌ جديدٌ من الأيايل، يُكتشَفُ في فِيتْنام.

1998 الاتِّحادُ الدوليُّ لِلحِفاظ على الطبيعة والمَوارِدِ الطبيعيَّة يُعْلِنُ أنَّ 000 34 نوعٍ نَباتيّ، أي حوالى 12% من الأنواع النَّباتيَّة على الأرض، مُهَدَّدةٌ بالانْقِراض.

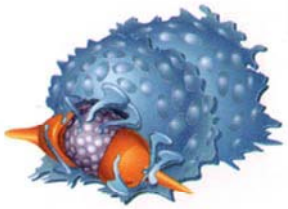




الفَصْلُ الثَّالث

البَيُولوجيَة البَشَريَّة

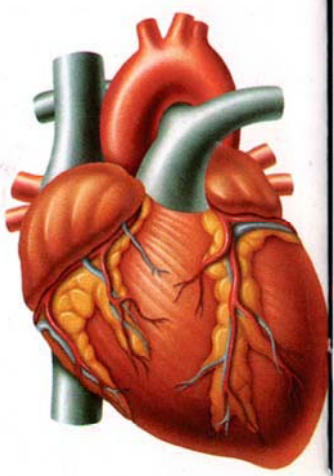
الجِنْسُ البَشَريُّ هو الأكثَرُ ذكاءً وتَقَدُّمًا بينَ مَلايين الكائناتِ الحيَّةِ المُتَواجِدةِ على الأرض. ومن ميزاتِ ذكائنا أنَّا واعُونَ لِذواتنا وما يَجْري حولَنا، وأنَّا قادِرون على دراسةِ البَيُولوجيَة البَشَريَّة - بما فيه تركيبُ أجْسادِنا وطرائقُ عَملِها.

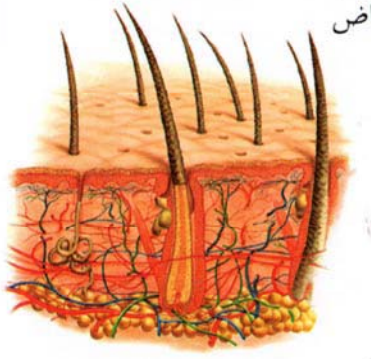


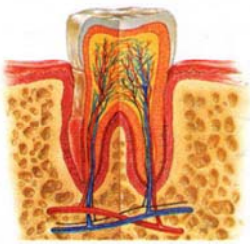
هنالك أكثَرُ من ستَّةِ بَلايين شَخْصٍ على الأرض - كُلٌّ منهم فَريدٌ ومُتَميِّزٌ من حيثُ الشخصيَّةُ والمَظْهرُ وشَكْلُ الجِسْم وحَرَكاتُه - كما في لَونِ الجِلْدِ والشَّعْر والعَيْنين. حتَّى التَّوأمانِ الطَّبيقان - اللذان يتقاسمانِ المادَّةَ الوِراثيَّةَ نَفْسَها - هما ذوا بَصَماتٍ مُتَمايزةٍ وتَبايُناتٍ أُخرى. لكنْ رُغْمَ كُلِّ هذه الاِخْتِلافات، فإنَّ جميعَ الأَجْسامِ البَشَريَّةِ تَعْمَلُ عُمومًا بالطريقةِ نَفْسِها.

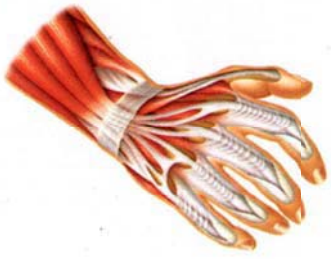
على مَدى آلافِ السِّنين، كانت المَعْلوماتُ والنَّظريَّاتُ حولَ بِنْيةِ الجِسْم البَشَريِّ ووَظائفِه وأمراضِه تعتَمِدُ على الأساطيرِ والسِّحْرِ أكثرَ مِنها على الخِبْرةِ والمُلاحظةِ العِلميَّة. ورُغْمَ ما حقَّقهُ الأطبّاءُ العَرب كابن سينا والرازي والزهراوي وابن النفيس لم تُجْرَ دِراساتٌ تَشْريحيَّةٌ دَقيقةٌ حتَّى القرنِ السادِسَ عَشَر.

ومُنْذُ القرنِ السابعَ عَشَر، بدأَ البَيُولوجيُّون والأطبّاءُ يعتمدون أكثَرَ فأكثَرَ على الأساليبِ العلميَّةِ لِتقَصِّي تراكيبِ الجِسْمِ البَشَريِّ ووَظائفِه وأمراضِه. وقد سرَّعتْ عمليَّاتُ التقَصِّي هذه وعزَّزتها اخْتِراعاتٌ واكتِشافاتٌ مُدهِشَةٌ كالمَجاهِر والأشِعَّةِ السينيَّة والمُضادّاتِ الحيَويَّة. ومع نِهايةِ القَرنِ العِشْرين أضحَتْ تراكيبُ الجِسْمِ ووَظائفُها واضحةً ومَفْهومةً تمامًا، ونجحَ الطِّبُّ في مُعالَجةِ مُعظمِ الأمراض. وتَسْعى الأبْحاثُ الحاليَّةُ، مع تحقُّقِ بعضِ النجاحات، إلى تَعْيينِ هُويَّةِ الجينُوم البَشَريِّ - مُخَطَّطِ الحياةِ البَشَريَّة - وانْتباطِ وَسائلَ وأساليبَ لِمُعالَجةِ الأمراض المُرَمَّزة في ثنايا المادَّةِ الوِراثيَّةِ البَشَريَّةِ في الجِينات.









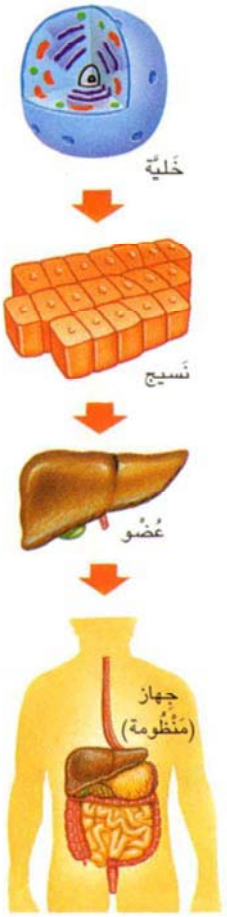
تَرْكيبُ الجِسْم ومَنْظوماتُه

يَتألَّفُ الجِسْمُ البَشَريُّ من أكثَرَ من 50 ترلْيون (ترليون = 10^{12}) وَحْدةٍ حَيَّةٍ مِجْهريَّةٍ تُسَمَّى الخلايا. وهذه الخلايا تَقومُ بِمُهِمَّاتٍ مُعَيَّنةٍ لِضَمانِ أَداءِ الجِسْمِ عملَهُ على الوَجْهِ الأَكْمَل.

يَبْدو كُلُّ فَتًى وفتاةٍ في هذه الصُّورة مُختلِفًا تَمامًا عن أترابه. وباستِثْناءِ الاختِلافات بينَ الذُّكورِ والإناث، فإنَّ جميعَهُم مُتماثلون في التركيبِ الجُسْمانيِّ الأساسيِّ نَفْسِه الذي يعمَلُ بالطرائقِ نَفْسِها تمامًا.

الجِسْمُ البَشَريُّ مُنَظَّمٌ حسَبَ تَراتُبٍ أو تَسَلْسُل من مُسْتَوياتٍ مُتَباينةِ التَّعْقيد – بَدْءًا من جُزَيْئاتٍ بَسيطةٍ حتَّى لِجِسْمٍ ذاتِه. فالجُزَيئاتُ، كجُزَيئاتِ الكربُوهِدراتات والدُّهون والحوامض النَّوَويَّة والبروتينات، تُشكِّلُ الوَحَداتِ البِنائيَّةَ التي منها تتألَّفُ الخلايا. وهي تُسْهِمُ أيضًا في التفاعُلاتِ الكيماويَّةِ المُسَمَّاةِ إجمالًا الأَيْض (الاستِقْلاب). فعمليَّةُ الأَيْضِ في الجِسْم تَتعامَلُ مع تلك الوَحَداتِ البِنائيَّةِ لِتُكوِّنَ وَحَداتٍ حيَّةً دَقيقةً تُسَمَّى الخلايا. ولكي تظَلَّ الخليَّةُ حيَّةً وتُؤَمِّنَ الطاقةَ للجِسْم، تحتاجُ كُلُّ خليَّةٍ إلى مَدَدٍ مُسْتَمِرٍّ من الغِذاءِ والأكسِجين.

لخلايا الخاصَّةُ المُتَماثِلَةُ تَركيبًا ووَظيفةً تَتضامُّ معًا لِتُكوِّنَ أنسجةً، وهذه الأنسجةُ تؤدِّي وظائفَ مُبايِنةً في الجِسْم. وتَجْتَمِعُ عِدَّةُ أنماطٍ مُخْتلِفةٍ من الأنسجةِ لِتُكوِّنَ بِنًى هي الأعضاءُ التي يَقومُ كُلٌّ منها بِمُهِمَّةٍ أو بِمُهِمَّاتٍ مُعيَّنة. وقائمةُ الأعضاءِ طويلةٌ تَشْمَلُ العَيْنين والكليتَيْن والكَبِد والرِّئتَيْن والمَعِدَة. فالمَعِدَةُ، مثلًا، تَخْتَزِنُ الطَّعامَ وتُفَكِّكُه خِلالَ عمليَّةِ الهَضْم. وهي مع الأعضاءِ الأُخرى ذاتِ العلاقةِ تؤلِّفُ جِهازَ الهَضْم. ولا يَقْتَصِر عَملُ هذا الجهازِ على هَضْمِ الطعام فقَطْ بل هو أيضًا يمتَصُّ المُغَذِّياتِ المُفيدةَ من الطَّعام إلى مَجْرى الدَّم ويَطْرَحُ الفَضَلات. جِهازُ الهَضْم هو واحدٌ من 12 جِهازًا – تعمَلُ كُلُّها معًا لِتأمينِ قيامِ الجِسْمِ بالوَظائفِ الضروريَّةِ للبَقاء.



مَجْموعاتٌ من الخلايا الكَبِديَّةِ تُكَوِّنُ نَسيجًا. وهذا النَّسيجُ، مُضافًا إلى أنسِجَةٍ أُخرى، يُؤلِّفُ العُضْوَ المُسَمَّى الكَبِد. والكَبِدُ مع ما تَتَّصِلُ به من أعضاءٍ أُخرى تُؤلِّفُ جِهازَ الهَضْم.

الأنسِجَة

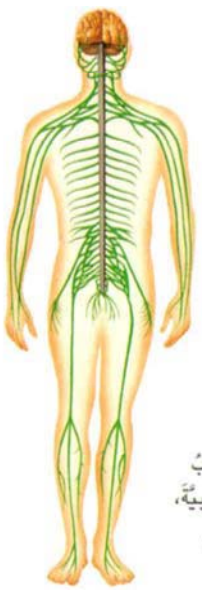
يتألَّفُ الجِسْمُ من أربعةِ أنماطٍ أساسيَّةٍ من الأنسجة. فالأنسِجَةُ الظِّهاريَّةُ هي خلايا مُحْكَمةُ التَّراصّ بحيثُ تشكِّلُ بِطاناتٍ مَسيكةً لِسُطوحٍ كالجِلْد، وكبطانةِ جهازِ الهَضْم. الأنسِجَةُ الضَّامَّةُ، التي تشمَلُ الغضاريفَ والعَظْم، تُكْسِبُ الجِسْمَ تَماسُكًا وتُهَيِّئُ له كِيانًا هَيكليًّا عامًّا. والأنسِجَةُ العضليَّةُ تتألَّفُ من خلايا تنْقَبِضُ (تَتوتَّر) لِتَحْريك الجِسْم. والأنسِجَةُ العَصَبيَّةُ، في الدِّماغِ والأَعْصاب، تتألَّفُ من شَبكةٍ من الخلايا ناقِلَةِ الإشارات العَصَبيَّةِ الكَهربائيَّة. وتَحوي مُعظَمُ الأعضاءِ أنماطَ الأنسِجَةِ الأربعةِ كُلَّها. والخلايا، داخِلَ الأنسِجَة، مُحاطةٌ بمائعٍ نَسيجيٍّ يُوفِّرُ لها بيئةً مُسْتَقِرَّةً ويَنْقُلُ لها الغذاءَ والأكسِجينَ ويُزيلُ الفَضَلات.

أَجْهِزةُ الجِسْم ومَنْظوماته

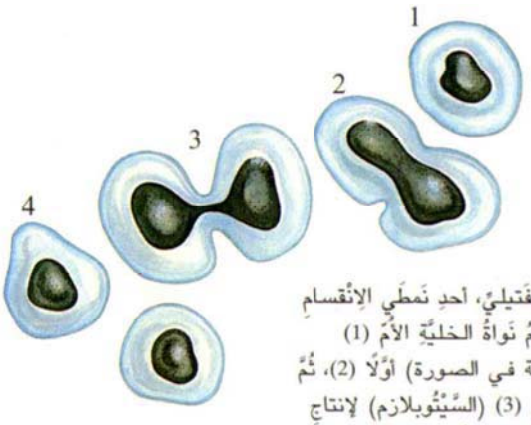
هنالك 12 جهازًا رئيسيًّا في جِسْمِ الإنسان. سَبْعةٌ منها مُبَيَّنةٌ هنا، والخَمْسةُ غيرُ المُبَيَّنةِ تَشْمَلُ جِهازَ التنفُّس، والجِهازَ الغِطائيَّ (الجِلْدَ والأظافر)، وجِهازَ التناسُل (الذَّكَريَّ والأُنثويَّ) والجِهازَ البَوْليَّ، وجِهازَ المَناعة كُلُّ جِهازٍ يُنَفِّذُ عمليَّةً واحدةً أو أكثرَ ضَروريَّةً لاستِمْراريَّةِ الحياة. فجِهازُ الدَّورةِ الدَّمويَّة، مثلًا – الذي يَشْمَلُ القَلْبَ والأوعيةَ الدَّمويَّةَ والدَّمَ – يَنْقُلُ الغِذاءَ والأكسِجينَ إلى كافَّةِ خلايا الجِسْم ويُزيلُ فَضَلاتِها.

◄ العِظامُ، كمجموعٍ، تُؤلِّفُ الهيكلَ العَظْميَّ، الذي يَدْعمُ الجِسْم.

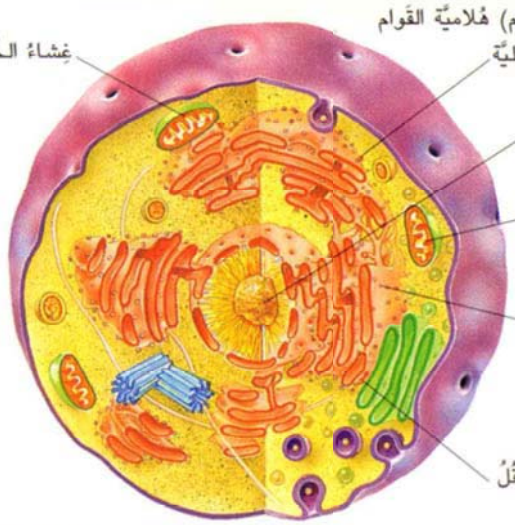
◄ العَضَلاتُ تُؤلِّفُ الجُمْلةَ العَضَليَّةَ، التي تُمَكِّنُ الجِسْمَ من الحَرَكة.



◄ الدِّماغُ والأَعْصابُ تُؤلِّفُ الجُمْلةَ العَصَبيَّةَ، التي تتحَكَّمُ بِمُعظمِ وَظائفِ الجِسْم.



في الانْقِسامِ الفَتيليِّ، أحدِ نَمطَي الإنْقسامِ الخَلَويِّ، تَنْقَسِمُ نَواةُ الخليَّةِ الأُمِّ (1) (المِنْطقةُ الداكِنَة في الصورة) أوَّلًا (2)، ثُمَّ تَنْقسِمُ الهَيُولى (3) (السَّيْتُوبلازم) لإنتاجِ خليَّتَيْن ولِيدتَيْن مُتَماثِلَتَيْن تمامًا (4).

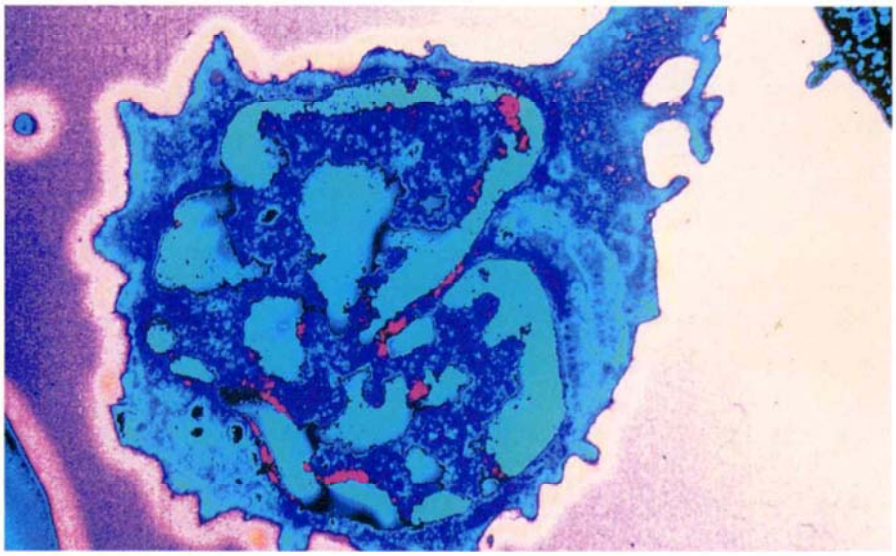


رُغْمَ أنَّ الخلايا المُخْتلِفةَ تَتَّخِذُ أشكالًا وحُجومًا مُتنَوِّعةً، فهي تَبْدو، من الدّاخِل، مُتَماثِلَةً تمامًا. فالعُضَيَّاتُ (الأعضاءُ الدَّقيقة) داخِلَ الخليَّة ذاتُ وَظائفَ مُعَيَّنةٍ تَعْمَلُ معًا لإنتاجِ خليَّةٍ حَيَّة.

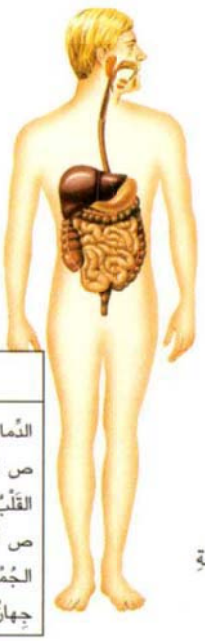
الخلايا

رُغْمَ أنَّ الخلايا المُخْتلِفةَ تؤدِّي مُهِمَّاتٍ مُخْتلِفةً، فهي كُلُّها مُتَماثِلَةُ التركيب. فالغِشاءُ البلازميُّ يَفْصِلُ كُلَّ خليَّةٍ عن مُحيطِها ويُتيحُ للموادِّ النَّفاذَ من الخليَّةِ وإليها. وفي داخِل الخليَّة تَطْفُو عُضَيَّاتٌ دَقيقةٌ – هي النظائرُ المِجْهريَّةُ لأعضاءِ الجِسْم – في مادَّةٍ هُلاميَّةٍ مائيَّةٍ تُسَمَّى الهَيُولَى (السَّيْتُوبلازم). وتَقومُ العُضَيَّاتُ بِمَهامَّ مُخْتلِفةٍ، لكِنَّها كُلَّها تتعاوَنُ في إنتاجِ خليَّةٍ حَيَّة. وأهَمُّ هذه العُضَيَّاتِ هي النَّواةُ – مَرْكزُ التحَكُّمِ في الخليَّة؛ وهي تَضُمُّ المادَّةَ الوِراثيَّةَ (الجينيَّةَ) على شَكْلِ الحامضِ النَّوَويِّ الرِّيبيِّ المَنْقوصِ الأُكسِجين (د ن أ) الذي يُوَفِّرُ المُخَطَّطَ العامَّ لِبناءِ الخليَّة وتَشْغيلِها. وتَشْمَلُ العُضَيَّاتُ الأُخرى مُتَقَدِّراتٍ ورِيباسَاتٍ وشَبَكاتٍ هَيُوليَّةً باطنيَّة.

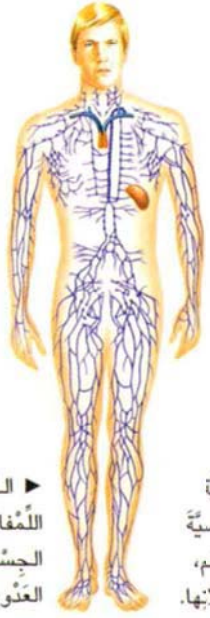
تَتكاثَرُ الخلايا بإحدى طريقتَيْن: الإنْقِسامِ الفَتيليِّ، الذي يَحْدُثُ في سَائرِ أجزاءِ الجِسْم ويُمَكِّنُ الجِسْمَ من النَّماءِ ومن تَرْميمِ ذاتِه باستِبْدالِ الخلايا المُهْتَرِئة؛ والإنْقِسامِ المُنَصِّفِ، الذي يَحْدُثُ فقَط في الخُصْيَتَيْنِ والمَبيضَيْن لإنتاجِ خلايا جِنْسيَّةٍ – نِطافًا وبُيوضًا – تُسْهِمُ في عمليَّةِ التَّناسُل.



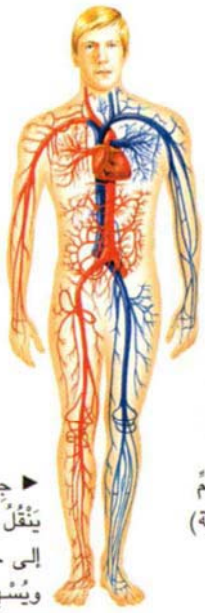
▲ هذه الصورةُ المُكَبَّرةُ تُبَيِّنُ خليَّةً لِمُفاويَّةً تَتواجَدُ أمثالُها في الدَّم. تَشْغَلُ نَواةُ اللِّمْفاويَّةِ مُعظمَ الحَيِّزِ بِداخِلِها؛ وتؤدّي اللِّمْفاويَّاتُ دورًا حيَويًّا في حِمايةِ الجِسْم من الأمراض.



► جِهازُ الهَضْم يَهْضِمُ الأطعمةَ مُحَوِّلًا إيَّاها إلى مادَّةٍ كَيلوسيَّةٍ صالِحَةٍ لأنْ يمتَصَّها الجِسْمُ ويَتمثَّلَها.



► الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّةُ تُساعِدُ الجِسْمَ في مُقاوَمةِ العَدْوى.



► جِهازُ الدَّورة الدَّمويَّة يَنْقُلُ الكيماويَّاتِ الأساسيَّةَ إلى جميعِ خلايا الجِسْم، ويُسْهِمُ في إزالةِ فَضلاتِها.

► جُمْلةُ الغُدَدِ الصُّمِّ (المَنْظومةُ الهُرمونيَّة) تتحَكَّمُ في بَعضِ عَمليَّاتِ الجِسْم.

اُنْظُر أيضًا

الدِّماغ والجُمْلةُ العَصَبيَّة
ص 108 – 109
القَلْبُ والدَّورةُ الدَّمويَّة
ص 120 – 121
الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّة ص 123
جِهازُ المَناعة ص 137

الجِلْدُ والشَّعْرُ والأَظافِر

جِلْدُ الشَّخْصِ وشَعْرُه وأظافِرُه هي الأَجزاءُ المَرْئيَّةُ من جِسمه وهي تُشكِّلُ حاجِزًا واقِيًا بينَ دَواخلِ الجِسْمِ وبينَ المُحيطِ حَوالَيه.

الجِلْدُ غِطاءٌ حَيٌّ وَاقٍ يَزِنُ، في الشخص البالغ، حوالى 4 كيلوغرامات. وهو قادِرٌ على رأبِ ذاتِه إنْ جُرِحَ أو مُزِق. جِلْدُ الأجفان هو أرقُّ الجلد ويبلغُ سُمكُه حوالى مِليمتر واحِد. وأسْمَكُ الجِلْدِ هو جِلْدُ أخمصِ القَدَمين إذْ تبلغُ سماكتُه حوالى 4 مليمترات.

يتألَّفُ الجِلْدُ من طَبَقتَيْن: البَشَرةِ والأَدَمة. فالبَشَرةُ تُغَطِّي سطحَ الجِلْد، وتتألَّفُ طَبَقاتُها العُلْيا من خلايا حَرْشَفيَّةٍ مَيْتةٍ مَحْشُوَّةٍ بِبروتينٍ صامدٍ للماءِ يُسَمَّى القَرَنين (الكيراتين). هذه الخلايا المَيْتَةُ تَبْلَى وتتأكَّلُ باستِمْرارٍ فتَحُلُّ مكانَها خلايا جَديدةٌ تتكَوَّنُ في البَشرةِ السُّفْلى. هنا أيضًا تُنتِجُ الخلايا صِبْغَ المِلانين (القَتامين) – وهو الصِّبْغُ البُنِّيُّ الذي يُلَوِّنُ الجِلْدَ. الحُيودُ الجِلْديَّةُ على الأَصابع تُساعِدُ في إحكام القَبْض؛ وإذا لُوِّنَتْ، بالحِبْر مثلًا، فإنَّها تَسِمُ السُّطوحَ بأنماطٍ فَريدةٍ مُمَيِّزةٍ للشخص تُسَمَّى بَصَماتِ الأَصابع.

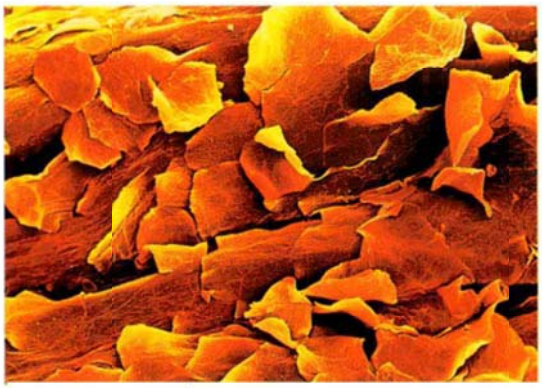
الأَدَمةُ أَسْمكُ من البَشَرة، وهي تَحوي أوعيةً دَمويَّةً وغُدَدًا عَرَقيَّةً وجُرَيْباتِ الشَّعْر ومِحَسَّاتٍ تَسْتَشْعِرُ الضغطَ والألمَ ودرجةَ الحرارة واللَّمْس. وتَحوي الأَدَمةُ أيضًا غُدَدًا زُهميَّةً تُفْرِزُ مادَّةً دُهنيَّةً تُطَرِّي الجِلْدَ والشَّعْرَ وتجعَلُهما صابِدَين للماء.

للجِلْدِ وَظائفُ عَديدةٌ: فهو صامدٌ ومَسيكٌ للماءِ. ويُساعِدُ الجِسْمَ في الحِفاظِ على درجةِ حرارةٍ ثابتةٍ تبلغُ 37°س. كما يُوَفِّرُ حاجزًا صادًّا للجراثيم فيَحْمي الجِسْمَ من الخَمَج والعَدْوى بالأمراض. كما إنَّ مُحتواه من المِلانين يَمْنَعُ أشِعَّةَ ضوءِ الشَّمْس المُؤذيَةَ من بُلوغِ الأَدَمة.

يكونُ الشَّعْرُ جَعْدًا أو مُتموِّجًا أو مُسْتَرسِلًا سَبْطًا تبعًا لِشكْل جُرَيْباته. فالشَّعْرُ الجَعْدُ ذو سقائبَ (سُوَيْقاتٍ) مُسَطَّحةٍ، ويَنْمُو من جُرَيْباتٍ مُنْفَرجةٍ شَقَبيَّةِ الشَّكْل.

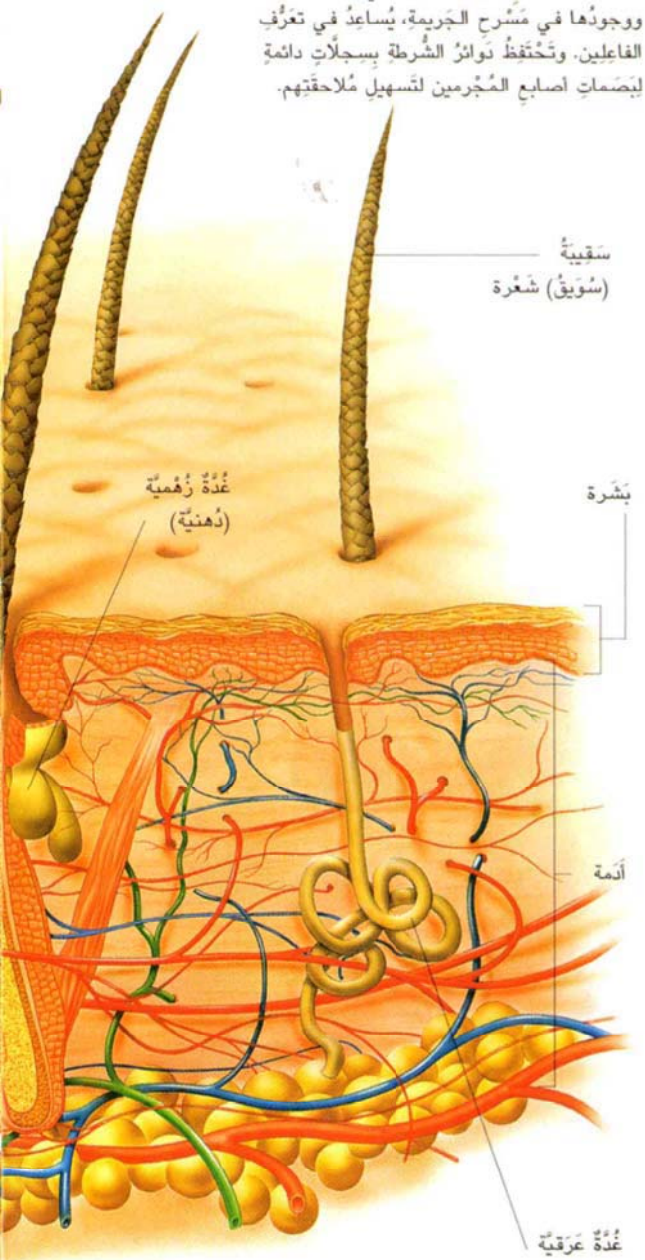
يَبْدو الشَّعْرُ السَّبْطُ، عَبْرَ المِجْهَر، مُدَوَّرَ السُّويقات؛ وهو يَنْمُو من جُرَيْباتٍ مُدَوَّرة الفُتَحات.

الشَّعْرُ المُتموِّجُ بَيْضويُّ المَقْطَع العَرضيّ؛ وهو يَنْمُو من جُرَيْباتٍ بَيْضَويَّةٍ شَكل الفُتَحات.



سَطْحُ الجِلْدِ السَّليم، تحتَ المِجْهَر، يَبْدو مُغَطًّى بقُشَيْرتٍ جِلْديَّةٍ دَقيقة. هذه القُشَيراتُ تَبْلَى وتتأكَّلُ وتُطرَّحُ باستِمْرارٍ من سَطْح البَشَرة لِتَحُلَّ مَكانَها قُشَيراتٌ جَديدة. ويُقَدَّرُ ما يَفْقِدُه الشخصُ من هذه القُشَيرات سَنَويًّا بِحوالى 4 كيلوغرامات. وهي تؤلِّفُ جُزْءًا من الغُبارِ المَنْزليّ.

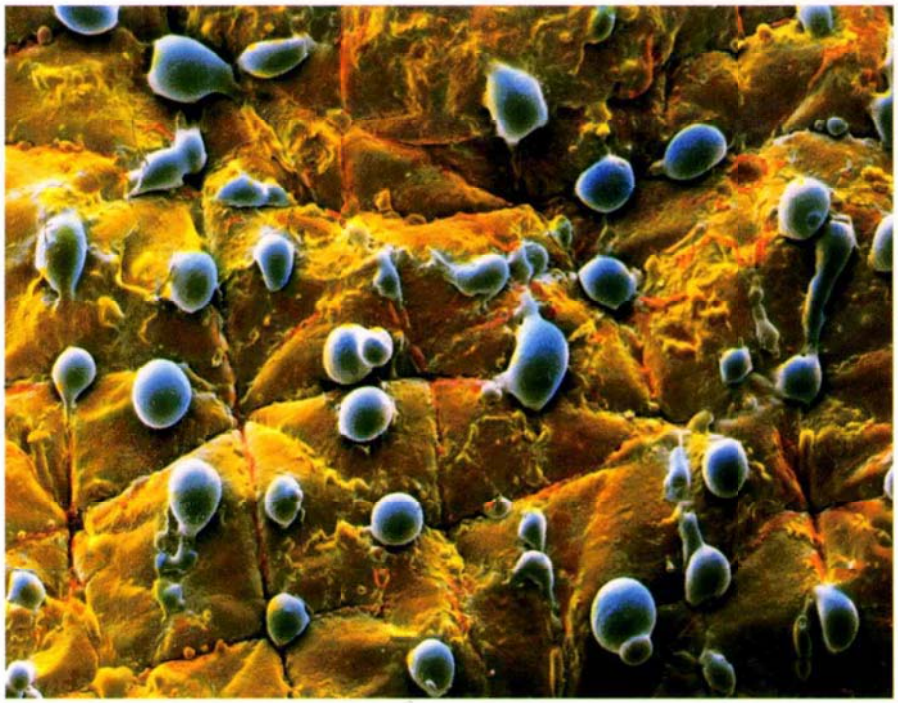
بَصَماتُ الأصابعِ فريدةٌ مُتَميِّزةٌ في كُلِّ شخص. ووجودُها في مَسْرحِ الجَريمةِ، يُساعِدُ في تعَرُّفِ الفاعِلين. وتَحْتَفِظُ دَوائرُ الشُّرطةِ بِسِجِلَّاتٍ دائمةٍ لِبَصَماتِ أصابعِ المُجْرمين لتَسهيلِ مُلاحقَتِهم.



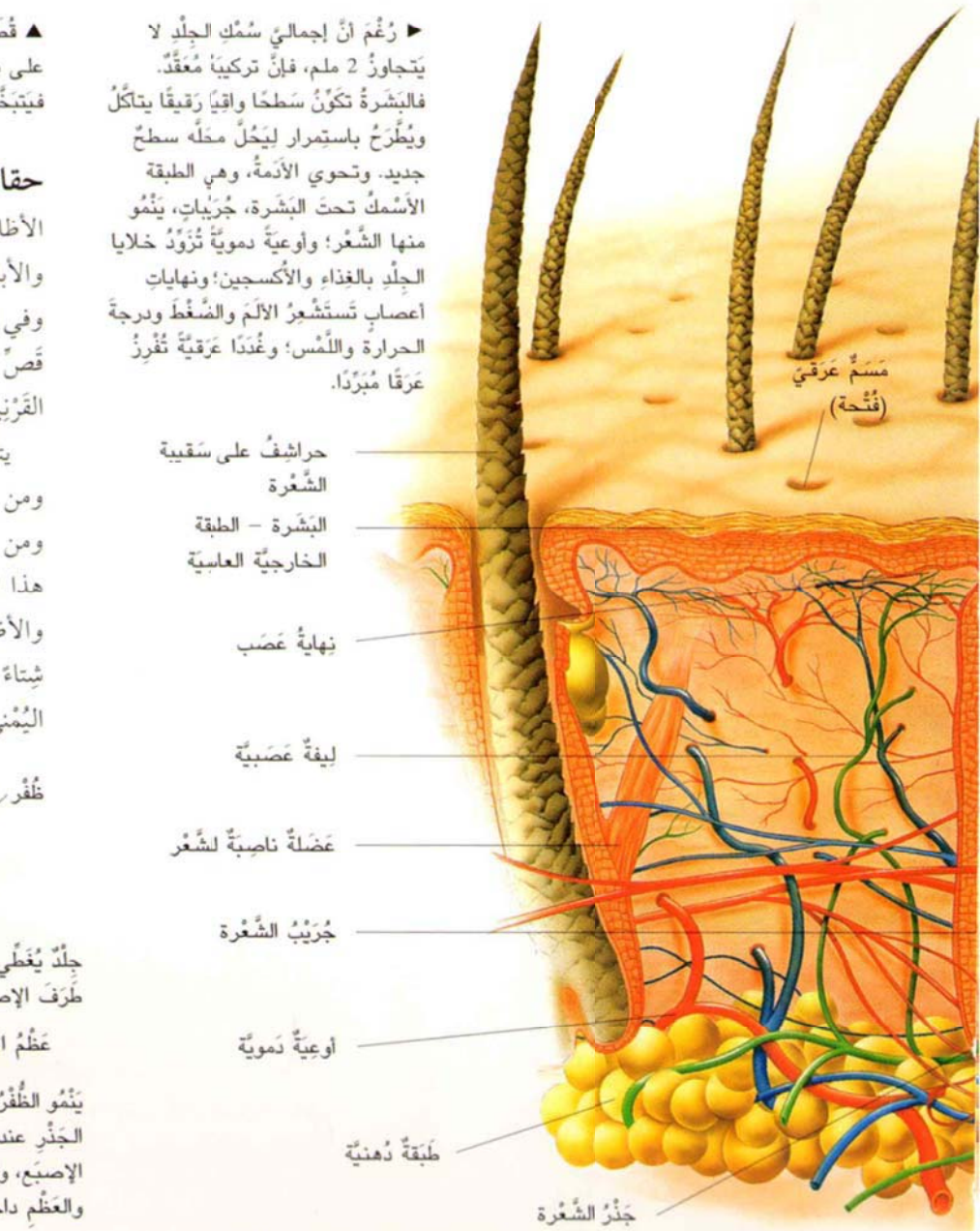
حَقائقُ عن الشَّعْر

مَلايينُ الشَّعْر تُغَطّي جسمَ الإنسان – منها أكثرُ من 100 000 شَعْرة في أعلى الرأس. شَعْرُ فَرْوةِ الرَّأس يُقَلِّلُ فَقْدَ الحرارةِ من الرأس ويَقيهِ من الأشِعَّةِ المُؤذيَة في ضوءِ الشَّمْس. الشَّفتانِ والراحتان (باطنُ اليدَين) والأخمَصان (باطنُ القدمَين) خاليَةٌ من الشَّعْر.

والشَّعْرُ نَوعان: شَعْرٌ زغَبيٌّ ناعِمٌ يُغَطّي أجسادَ الرِّجال والنِّساءِ والأولاد؛ وشَعْرٌ أخشَنُ وأقْسَى يَنْمُو على فَرْوةِ الرأس للجنسَيْن وعلى الوَجْه في الرِّجال. يَنْمُو الشَّعْرُ من حُفَرٍ في الأَدَمة تُسَمَّى جُرَيْبات. فالخلايا في قاعدةِ الجُرَيْب تَتنامَى بالإنقِسام فتَدْفَعُ سَقيبةَ (سويقة) الشَّعْرة صُعدًا. خلايا السَّقيبةِ مَيْتَةٌ ومَحْشُوَّةٌ بِبروتين عاسٍ يُسَمَّى الكيراتِين (القَرْنِين). شَعْرُ فَرْوةِ الرأس يَنْمُو بحوالى سَنتيمتر في الشَّهْر. ويَعتمِدُ لونُ الشَّعْر على مِقْدارِ خِضْبِ المِلانِين فيه.



► رُغْمَ أنَّ إجماليَّ سُمْكِ الجِلْدِ لا يَتجاوزُ 2 ملم، فإنَّ تركيبَهُ مُعَقَّدٌ. فالبَشَرةُ تكوِّنُ سَطحًا واقِيًا رَقيقًا يتآكَلُ ويُطَّرَحُ باستِمرار لِيَحُلَّ محلَّه سطحٌ جديد. وتحوي الأَدَمةُ، وهي الطبقة الأَسْمكُ تحتَ البَشَرة، جُرَيْباتٍ يَنْمُو منها الشَّعْر؛ وأوعيةً دمويةً تُزَوِّدُ خلايا الجِلْدِ بالغِذاءِ والأكسجين؛ ونهاياتِ أعصابٍ تَستَشْعِرُ الألَمَ والضَّغْطَ ودرجةَ الحرارة واللَّمْس؛ وغُدَدًا عَرَقيَّةً تُفْرِزُ عَرَقًا مُبَرِّدًا.

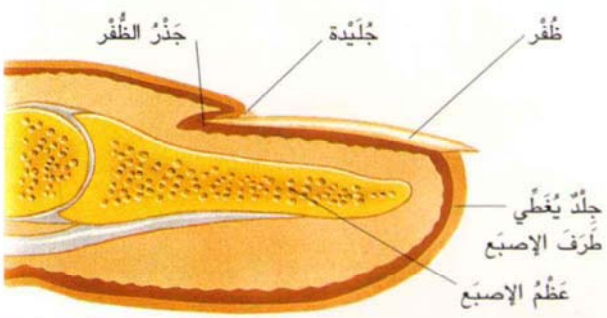


▲ قُطَيْراتٌ من العَرَق، مُكَبَّرةٌ 26 مَرَّةً، تَنْبثِقُ من مَسامِّ الغُدَدِ العَرَقيَّةِ على سَطْحِ الجِلْد. يَزْدادُ إفرازُ العَرَقِ منَ الجِسْم في الطَّقْسِ الحارِّ؛ فيَتبَخَّرُ من سَطْحِ الجِلْدِ ويُبَرِّدُ الجِسْمَ.

حقائقُ عن الأَظافِر

الأظافِرُ تُغَطّي وتَحْمي الرُّؤوسَ الحَسَّاسةَ لأصابِعِ اليد والأباخِس (أصابِعِ القَدَمين). وهي مُفيدَةٌ في حَكِّ الجِلْد وفي التِقاطِ الأَجسامِ الصَّغيرة. ولا يَشْعُرُ الشَّخْصُ بألمٍ عند قَصِّ الأَظافِرِ لأنَّها مُؤلَّفةٌ من خلايا مَيْتَةٍ مَحْشُوَّةٍ بِبروتينِ القَرْنِين (الكيراتِين).

يتألَّفُ الظُّفْرُ من طَرَفٍ طَليقٍ هو الجزءُ الذي يُقَصُّ، ومن جِسْمِ الظُّفْر – وهو جُزْؤه الرئيسيُّ الوَرْديُّ اللَّون، ومن جَذْرِ الظُّفْر المُنْغَرِزِ في الجِلْد تحتَ الجُلَيْدة. وفي هذا الجذْرِ تَنْقَسِمُ الخلايا الحيَّةُ وتَنْدفِعُ أمامًا بنُمُوِّ الظُّفْر. والأظافِرُ تَطُولُ بحوالى 5 مليمترات شَهْريًّا، وهي أَبْطأُ شِتاءً مِنها صَيْفًا، وأسرعُ في اليَدِ السَّائدة – وهي اليَدُ اليُمْنى غالبًا.



يَنْمُو الظُّفْرُ من مواقعَ ثَلاثة – الجَذْرِ عند قاعدةِ طرفِ الإصبَع، والجِلْدِ تحتَ الظُّفْر، والعَظْمِ داخِلَ الإصبَع.

أُنْظُر أيضًا

اللَّمْس ص 112، الدَّم ص 122
البكتريا والفَيْروسات ص 136
المَرَض ص 138

الهَيكلُ العَظْميّ

الهَيكلُ العَظْميُّ إطارٌ مَرونٌ (قابلٌ للثَّني) يَدعَمُ الجِسْمَ ويَحفَظُ شَكْلَه، ويَحْمي الأَعضاءَ الحيويَّةَ فيه كالدِّماغ والرِّئتَين - كَما يُرْسِي العَضَلاتِ التي تُحَرِّكُ الجِسْم.

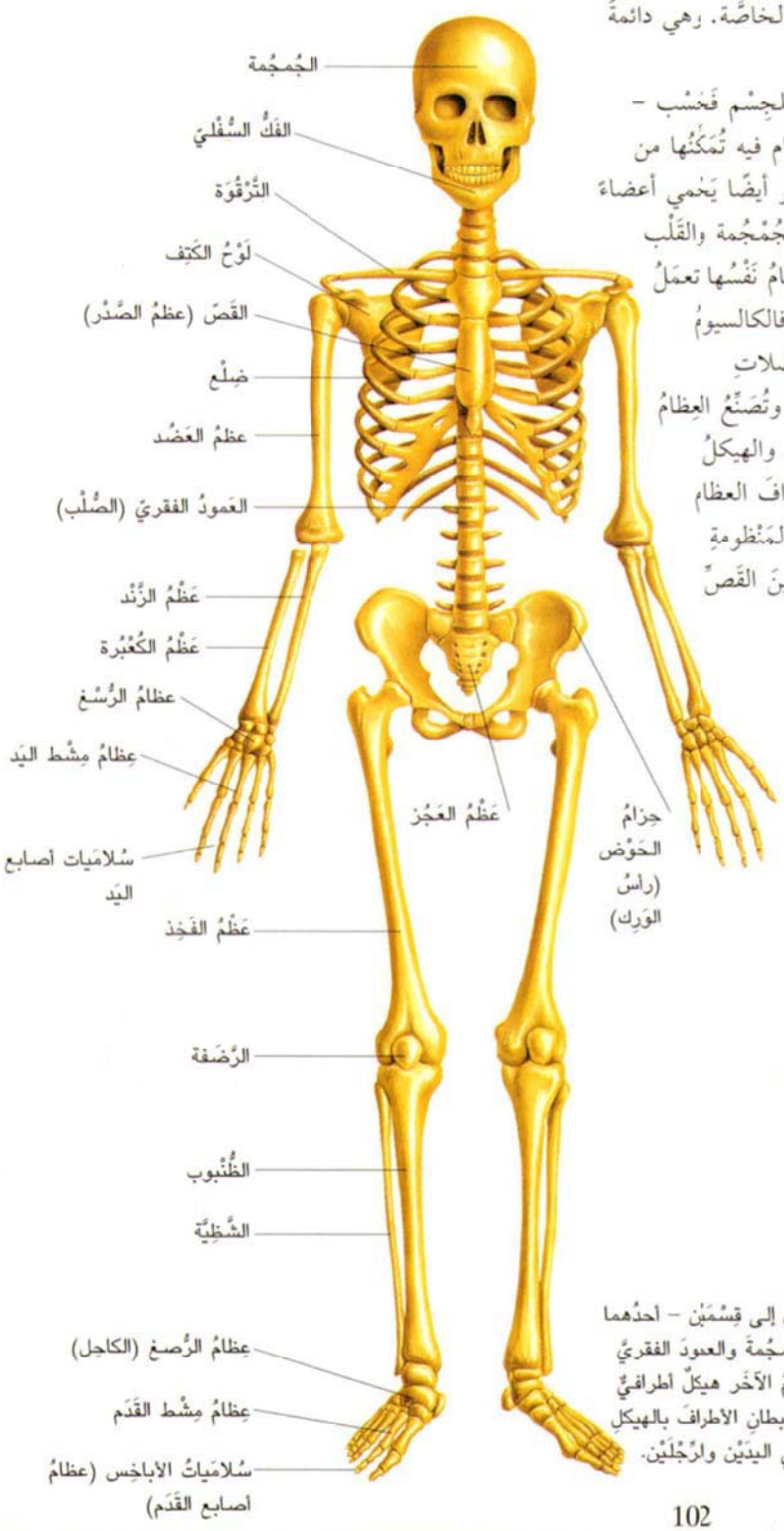
هنالك أكثرُ من 20 عظمًا في الجُمْجُمةِ البَشَريَّة تُوَفِّرُ مُجتَمِعةً مَعْلوماتٍ دقيقةً حولَ شَكْل الوَجْه والرأس. ويَستَخْدِمُ العلماءُ هذه المَعْلومات لإعادةِ هَيْكلةِ العَضَلاتِ والجِلْدِ بالطِّين حولَ جُمْجُمةٍ أحفوريَّةٍ لإعادةِ تَخْليقِ وُجوهِ أُناسٍ عاشوا منذُ عَهدٍ بَعيد.

على مَدى قُرونٍ عديدة ظَلَّ الناسُ يَعتقدون أنَّ العِظامَ بُنِّى عديمةُ الحياة هَدَفُها الرئيسيُّ دَعْمُ وحِماية الأَنْسجةِ النَّشيطةِ الأَلْيَن حولَها. ثُمَّ أخذَ العُلماءُ يُدرِكون تَدْريجيًا أنَّ العِظامَ فائقةُ الحيويَّة - لها أوعيتُها الدمويَّةُ الخاصَّة. وهي دائمةُ إعادةِ الهَيْكلةِ والتَّشَكُّل.

الهَيْكلُ العَظْميُّ ليسَ إطارَ دَعْمٍ للجِسْم فَحَسْب - فالمفاصِلُ المَرونةُ بين مُختلِفِ العِظام فيه تُمَكِّنُها من التَحَرُّكِ عندما تَشُدُّها العَضَلات. وهو أيضًا يَحْمي أعضاءً حيويَّةً في الجِسْم، كالدِّماغِ داخلَ الجُمْجُمة والقَلْب والرئتين في القَفَصِ الصَّدْريّ. والعِظامُ نَفْسُها تعمَلُ كمَخْزَنٍ للكالسيوم ولِمَعادنَ أُخرى. فالكالسيومُ والفُسْفورُ مَعدنان أساسيَّان لقِيامِ العَضَلاتِ والأعصابِ بعَمَلِها على أكمَلِ وَجْه. وتُصَنِّعُ العِظامُ أيضًا أنماطًا مُختلِفةً من كُرَيَّاتِ الدَّم. والهيكلُ العَظميُّ يَحْوي غضاريفَ تُغَطِّي أطرافَ العظام في المَفاصِل، كما تُشَكِّلُ جُزْءًا من المَنْظومةِ الهيكليَّةِ نَفْسِها في الأُذُنِ والأَنْفِ وبينَ القَصِّ (عَظْمِ الصَّدْر) والأَضْلاع.

أَنْماطُ العِظام

تُصَنَّفُ أنواعُ العِظامِ الرئيسيَّةُ الأربعةُ بحَسَبِ أشكالِها وحُجومِها. فالعِظامُ الطويلةُ، كعَظْمِ الفَخِذ، مُهايأةٌ لِمُقاوَمةِ الإجهاد. والعِظامُ القَصيرة تَشْمَلُ عِظامَ المِعْصَم. والعِظامُ المُسَطَّحةُ، كالأَضلاع، هي غالِبًا عِظامٌ واقِيَة. والعِظامُ اللامُنْتَظِمةُ تَشْمَلُ الفَقار.

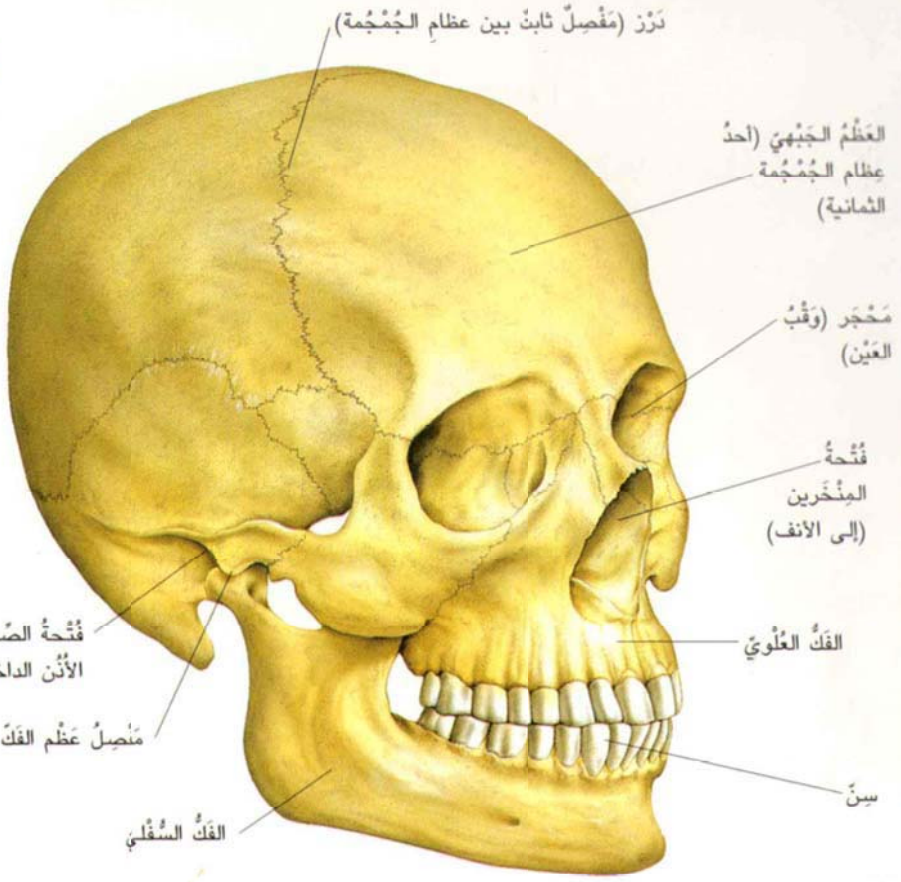


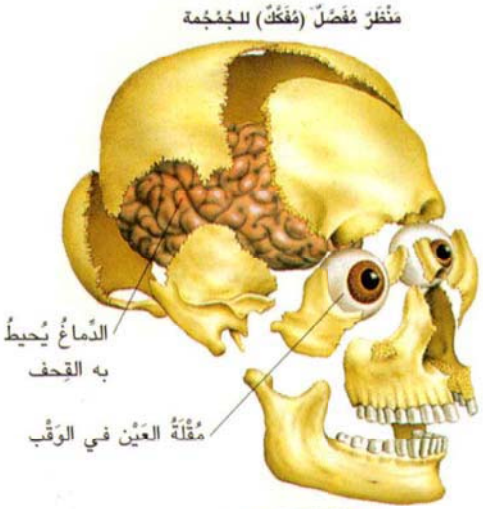
▲ هذه الصورةُ الشُّعاعيَّةُ (بالأشعَّةِ السِّينيَّة) تُبَيِّنُ حَوْضَ أُنْثَى في عامِها الثالثَ عشَر. وهي تَشْمَلُ عَظْمَي الورِك وعظمَي الفَخِذَيْن والجُزْءَ السُّفْليَّ من العَمودِ الفَقريّ. وتُسْتَخْدمُ الصورُ الشُّعاعيَّةُ عادةً لتَصْويرِ أجزاءٍ من الهَيكلِ العَظْميّ.

◄ يتألَّفُ الهَيكلُ البَشَريُّ للإنسانِ البالغ من 206 عِظام. ويُمكِنُ قِسْمَةُ هذا الهيكل إلى قِسْمَيْن - أحدُهما هَيكلٌ مِحْوريٌّ يُكَوِّنُ المِحْورَ الرئيسيَّ للجِسْم، ويتألَّفُ من 80 عَظْمًا تؤلِّفُ الجُمجُمةَ والعمودَ الفقريَّ والأَضلاع. وهذا القِسْمُ يَحْمي الدِّماغَ والنُّخاعَ الشوكيَّ والقَلْبَ والرِّئتين. والقِسْمُ الآخَر هيكلٌ أطرافيٌّ يتألَّفُ من الطَّرفَيْن العُلْويَّيْن والسُّفْليَّيْن ومن حِزامَي الصَّدْرِ والحَوْض اللَّذَيْن يَربطانِ الأطرافَ بالهيكلِ المِحْوريّ. يتألَّفُ هيكلُ الأطراف من 126 عظمًا - كُلُّها عدا 20 منها، تتواجَدُ في اليدَيْن والرِّجْلَيْن.

جُمْجُمةُ الإنسان

تَكَوَّنُ الجُمْجُمةُ الشَّكْلَ الأساسيَّ للرَّأس وتَحْمي الدِّماغ. وهي تتألَّفُ من 22 عَظْمًا – ثمانيةٌ منها تؤلِّفُ القِحْفَ الذي يَسْند الدِّماغَ ويَحميه. وتكوِّن الأربعةَ عشَر عظمًا الأُخرى تركيبةَ الوَجْه. وتَترابطُ جميعُ هذه العِظام، عدا الفَكِّ السُّفْليّ، بمفاصِلَ ثابتةٍ تُسَمَّى دُروزَ (ج. دَرْز) الجُمْجُمة. أمَّا الفَكُّ السُّفْليُّ فقادِرٌ على التحَرُّكِ بِحُرِّيَّةٍ مُتيحًا فَتْحَ الفَم وغَلْقَه. وتَضُمُّ الجُمْجُمةُ أيضًا ثلاثةَ أزواجٍ من عُظَيْماتِ السَّمْعِ في كِلْتا الأُذُنَين.





الهَيكلُ المِحْوَريّ

يتألَّفُ الهيكلُ المِحْوَريُّ من الجُمْجُمةِ والعَمودِ الفَقَريّ (الصُّلْب) والأَضْلاعِ والقَصّ. وتَضُمُّ الجُمْجُمةُ الدِّماغَ وأعضاءَ الحِسِّ الرئيسيَّة – العَيْنين والأُذُنين واللِّسانَ والأَنف. وهي تَحْوي أيضًا فُتحاتٍ لجِهازَي الهَضْم والتنفُّس. ويتألَّفُ العَمودُ الفَقَريُّ المَرِن، القابِل للثني بشَكْل حرف S، من 26 عَظْمًا غير مُنْتَظِمةٍ تُسَمَّى الفَقار (أو الفَقَرات) تَدْعَمُ الجِسْمَ بكامِلِه. وتُساعِدُ لعَضَلاتُ والأربِطَةُ المُتَّصِلةُ بُنْتوءاتٍ عظميَّةٍ على الفَقَرات في إبقاءِ العَمودِ الفَقَريّ (الصُّلْب) مُنْتَصِبًا. الفَقارُ الرَّقَبيَّةُ السَّبْعُ تَدْعَمُ الرَّقَبةَ والرأسَ، والفَقَارُ الصَّدْريَّةُ الاثنا عَشْرة تُشَكِّلُ مَفاصِلَ مع الأضلاع، والفَقَراتُ القَطَنيَّةُ الخَمْسُ تَحْمِلُ مُعْظَمَ وَزْنِ الجِسْم. ويتألَّفُ العَجُزُ والعُصعُصُ من نَقارٍ مُلْتَحِمةٍ تَصِلُ العمودَ الفَقَريَّ بِحِزام الحَوْض.

قَفَصُ الأَضْلاع (القَفَصُ الصَّدْريُّ) يَحْمي الأَعضاءَ الصدريَّةَ، ويُساعِدُ أيضًا في عمليَّةِ التنفُّس. وهو يتألَّفُ من القَصِّ ومن اثْنَي عَشَرَ زَوجًا من الأَضلاع المُقَوَّسةِ المُسَطَّحة؛ وتُكَوِّنُ هذه الأَضلاعُ، كُلٌّ في أحدِ طَرَفَيْه، مَفاصِلَ اتِّصالٍ مع الفَقارِ الصدريَّة. أزواجُ الأَضلاع السَّبْعةُ العُلْيا (وتُسَمَّى الأضلاعَ الحقيقيَّةَ) تتَّصِلُ بالقَصِّ بواسِطةِ غَضاريفَ ضِلْعيَّة. والأَزْواجُ الخمسة التالية (المُسَمَّاة الأَضلاعَ الكاذِبَة) تتَّصِلُ بالأَضْلاع الحقيقيَّة مع ملاحظة أنّ زوجَي الأضلاع السُّفليَّين من الأضلاع لكاذبة (الأضلاع السائبة) فلا يَتّصلان إلّا بالفَقارِ الصدريَّة فقط.

هَيكلُ الأَطْراف

يتألَّفُ هيكلُ الأطرافِ من عِظامِ اليدَيْن والرِّجْلَيْن ومن الحِزامَيْن اللذين يَرْبطانِها بالجِسْم. يتألَّفُ الحِزامُ الصَّدْريّ من لَوْحِ الكَتِف والتَّرْقُوَة؛ ويتألَّفُ الحِزامُ الحَوْضيُّ من عَظْمَي الرِّدفَين (المُكَوَّن كُلٌّ منهما من التِحام عِظام الحرقفة والوَرِك والعانة). وهو يَحْمِلُ وَزْنَ الجِسْم العُلْويّ. وتحوي اليَدانِ والقَدمان كثيرًا من العِظام الصغيرة. اليَدانِ تَتناوَلان وتُعالجان الأَجْسام؛ والقَدمان تُساعِدانِ في توازُنِ الجِسْم.

عُظَيْماتُ السَّمْع الثلاث (في الأُذُن الوُسْطى) هي أصغَرُ العِظام في جِسْم الإنسان. وهي تَتموْضَعُ داخِلَ العَظْم الصُّدْغيّ على جانِبَي الجُمْجُمة.

أُنْظُر أيضًا

العِظامُ والمَفاصِل
ص 104 – 105
العَضَلاتُ والحَرَكة
ص 106 – 107
الأُذُنان والسَّمْعُ والتَّوازُن
ص 116 – 117

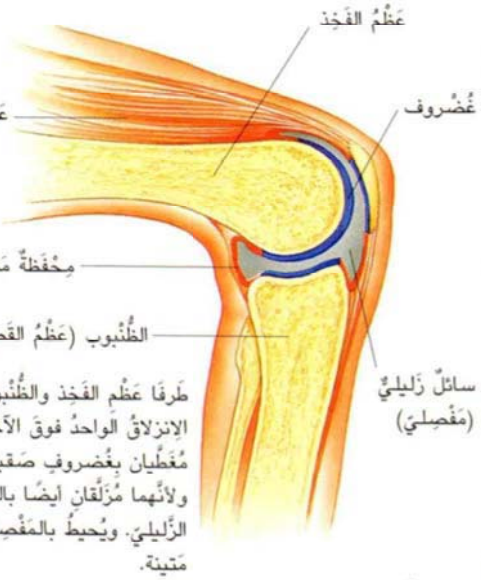
العِظامُ والمَفاصِل

العَظْمُ نَسيجٌ حَيٌّ يتَميَّزُ بالقُوَّةِ والخِفَّة. والـ 206 عِظام التي تؤلِّفُ الهيكلَ العَظْميَّ تترابَطُ معًا في مَفاصِلَ يَتحرَّكُ مُعْظَمُها بِحُرِّيَّة.

هذه الصورةُ الشُّعاعيَّةُ تُبيِّنُ بوُضوحٍ كَسْرًا مُزْدَوجًا في عَظْمَي الزَّنْد (إلى اليَسار) والكَعْبَرة (إلى اليَمين). عند التجبير يَجِبُ إعادةُ الأطرافِ المَكْسورة إلى مَواقِعها بواسطةِ الطَّبيبِ المُجَبِّر حتَّى تَلْتحمَ كما يَنْبغي عندَ الْتئامِ العَظْمَين. لاحِظْ عظامَ اليَدِ المُبَيَّنَةَ في أعلى الصُّورة.

قِلَّةٌ من البَنى والتراكيبِ تَسْتطيعُ مُجَاراةَ العَظْم من حيثُ القُوَّةُ وخِفَّةُ الوَزْن. كُلُّ العِظامِ تَتألَّفُ من مادَّةٍ صُلْدةٍ تُدعى المَطْرِق (أو الكِنان) الذي يَحوي خلايا عظميَّةً مُتَباعِدَةً ومُتَرابطة بِخُيوطٍ هَيُوليَّة. ويتألَّفُ مَطْرِقُ العَظْمِ من قِسْمَيْن رئيسيَّيْن: بُروتينٍ يُسَمَّى المِغْراءَ (الكُلاجين) يُوَفِّرُ المَرانة، وأملاحٍ مَعْدنيَّةٍ، بخاصَّةٍ فُسْفات الكالسيُوم، تُوَفِّرُ القُوَّة. وبفَضْلِ هٰذين المُقَوِّمَين يُصْبِحُ العَظْمُ بِقُوَّةِ الفُولاذ لكِنْ خَمْسَ مَرَّاتٍ أخَفَّ.

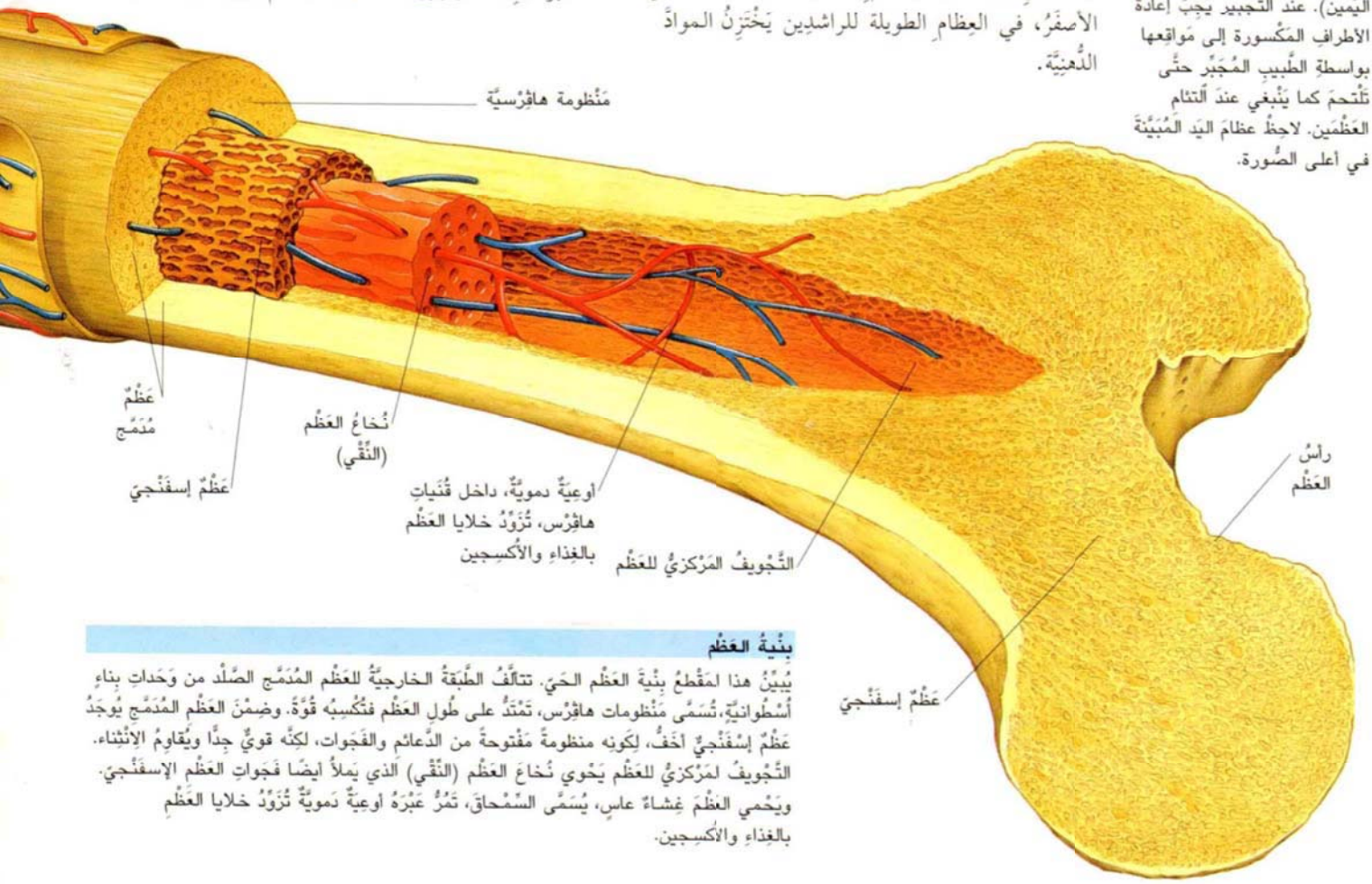
يتَّخذُ المَطْرِقُ شَكْلَين في العِظام: عَظْمًا مُدَمَّجًا صَلْدًا يكَوِّنُ الطبقةَ الخارجيَّة، وعَظْمًا إسفَنْجيًّا أخفَّ يكَوِّنُ الطبقةَ الداخليَّة. العِظامُ الطويلةُ، كعَظْمِ الفَخِذ، تَحوي تَجْويفًا (قَنَويًّا) مَرْكزيًّا مَليئًا بالنِّقْي (نُخاع العَظم). هذه المادَّةُ الهُلاميَّةُ الشَّكْلِ تَمْلأُ أيضًا الفَجَواتِ ضِمْنَ العَظْمِ الإسفَنْجيّ. النِّقْيُ الأحمرُ في الجُمْجُمةِ والأَضْلاع والحَوْضِ يُوَلِّدُ كُرَيَّاتِ الدَّمِ الحمراء والبيضاء؛ والنِّقْيُ الأصفَرُ، في العِظامِ الطويلة للراشِدين يَخْتَزِنُ الموادَّ الدُّهنيَّة.



طَرفَا عَظْمِ الفَخِذ والظُّنْبوب يُمكِنُهما الإنزلاقُ الواحدُ فوقَ الآخَرِ لأنَّهما مُغَطَّيان بِغُضروفٍ صَقيلٍ أمْلَس، ولأنَّهما مُزَلَّقانِ أيضًا بالسائلِ الزَّليليّ. ويُحيطُ بالمَفْصِلِ مِحْفَظةٌ مَتينة.

الكُسُورُ والتَّجْبير

تَنكسِرُ العِظامُ إذا تعرَّضَتْ لإجهادٍ شَديدٍ يَفوقُ قوَّةَ تَحمُّلِها. وعندَ حُدوثِ ذلك تَتكَوَّنُ خُثْرَةٌ دَمويَّةٌ بين الطَّرَفَيْن المكْسُورَيْن، بينما تُفْرِزُ خلايا العَظْمِ مَطْرِقًا جديدًا. وتكونُ الكُسُورُ مُرَكَّبَةً (مَفْتوحةً) إذا برزَتْ أطرافُ العِظام المكسُورةِ عَبْرَ الجِلْد، أو بَسيطةً (مُغْلَقةً) إذا لم تَبْرُزْ تلك الأطراف.



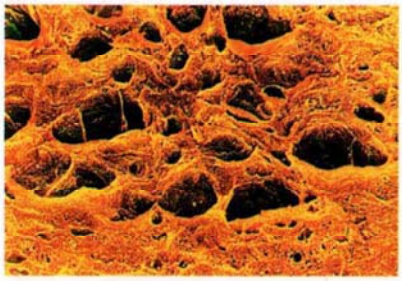
بِنْيةُ العَظْم

يُبيِّنُ هذا المَقْطعُ بِنْيةَ العَظْم الحَيّ. تتألَّفُ الطَّبَقةُ الخارجيَّةُ للعَظْم المُدَمَّج الصَّلْد من وَحَداتِ بِناءٍ أُسْطُوانيَّةٍ، تُسَمَّى مَنْظومات هافِرْس، تَمْتَدُّ على طُولِ العَظْم فتُكْسِبُه قُوَّةً. وضِمْنَ العَظْم المُدَمَّجِ يُوجَدُ عَظْمٌ إسْفَنْجيٌّ أخَفُّ، لِكَونِه منظومةً مَفْتوحةً من الدَّعائم والفَجَوات، لكِنَّه قويٌّ جِدًّا ويُقاوِمُ الإنْثِناء. التَّجْويفُ المَرْكزيُّ للعَظْم يَحْوي نُخاعَ العَظْم (النِّقْي) الذي يَملأُ أيضًا فَجَواتِ العَظْمِ الإسفَنْجيّ. ويَحْمي العَظْمَ غِشاءٌ عاسٍ، يُسَمَّى السِّمْحاقَ، تَمُرُّ عَبْرَهُ أوعِيَةٌ دَمويَّةٌ تُزَوِّدُ خلايا العَظْمِ بالغِذاءِ والأكْسِجين.

المَفاصِل

المَفاصِلُ هي النِّقاطُ التي يَلْتَقي فيها عَظْمان. وهي تُصَنَّفُ في ثلاثِ مَجْموعاتٍ رئيسيَّة: مَفاصِلَ ثابتةٍ، ومَفاصِلَ مَحْدودةِ الحَرَكة ومَفاصِلَ زليليَّة - تَبَعًا لِمِقْدارِ الحَرَكةِ التي يَسْمَحُ بها كُلُّ نَوْع. المَفاصِلُ الثابتةُ، كمفاصِلِ الدَّرْزِ بين عِظام الجُمْجُمة لا تسمَح بأيِّ حَرَكة - فحَوافُّها المُفَرَّضةُ المُتداخلة، الشبيهةُ بقِطَع النماذِج المُخَرَّمة، تَزْنُقُ عظامَ الجُمْجُمة وتُرَسِّخُها بِقُوَّةٍ معًا. كما إنَّ كُلَّ سِنٍّ في الفَم هو مَثَلٌ آخَرُ على مَفْصِلٍ ثابت. فالأسنانُ مُرَسَّخةٌ في أسناخِها في الفكَّين فلا تَتَحَرَّكُ أثناءَ مَضْغِ الطَّعام. المَفاصِلُ المَحْدودةُ الحَرَكة تَسْمَحُ بِحَرَكةٍ مَحْدودةٍ بين العِظامِ المُتَجاوِرة، كما هي الحالُ بين الفَقَرات. فبين كُلِّ فَقَرَتَين مُتَجاوِرتَيْن هنالك قُرْصٌ فاصِلٌ غُضروفيٌّ أليافيٌّ يسمَحُ بحَرَكةٍ جُزْئيَّةٍ بَيْنَهما. وهذه المَفاصِلُ، مُجْتَمِعَةً، تُكْسِبُ العَمودَ الفَقَريَّ مَرانةً (قابليَّة للثَّني) تُتيحُ له الإنْحناءَ خَلْفًا وأمامًا ومن جانبٍ إلى آخَر.

مَقْطَعٌ مُسْتَعرِضٌ مُكَبَّرٌ لِعَظْمٍ مُدَمَّجٍ من عَظْم الفَخِذ يُبَيِّنُ مَنْظومتَي هافِرس (وَحْدتَي بناءِ العَظْم المُدَمَّج). في وَسَطِ كُلِّ مَنْظومةٍ قَناةٌ مَرْكزيَّةٌ تَضُمُّ أوعيةً دَمويَّة. والفَجَواتُ الدائِنَةُ في مَنْظومةِ هافِرْس تحوي خلايا عَظميَّةً ناشِطة



هذه الصُّورةُ المُكَبَّرةُ لِعَظْمٍ إسفَنْجيٍّ من عَظْم في القَدَم تَبْدو مُخْتلِفةً جِدًّا عنْ صُورةِ العَظْمِ المُدَمَّج. فهذا العَظْمُ يَتألَّفُ من دعائِمَ صَلْدةٍ تَفْصِلُ بينَها فَجَواتٌ مُترابِطَةٌ مليئة بالنُّقْي (نُخاع العَظْم).

في مَفْصِلٍ مَداريّ، يَدورُ طَرَفُ عَظْمٍ داخِلَ فجوةٍ يُكَوِّنُها عَظْمٌ آخَرُ. ففي أعلى العمودِ الفَقَريّ، تدورُ الفَهَقةُ (الفَقَرةُ العُنُقيَّةُ الأولى) حولَ الفائق (الفَقَرةِ العُنُقيَّةِ الثانية). وهذا يُتيحُ للرَّأسِ التحَرُّكَ من جانبٍ إلى آخَر.

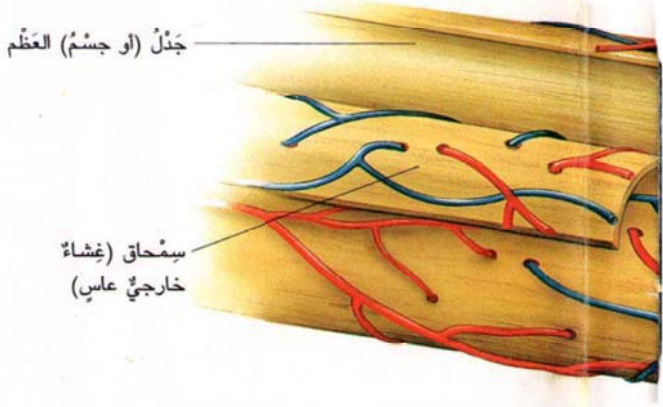
يعمَلُ المَفْصِلُ الرَّزَّيُّ كمُفَصْلةِ الباب. فيَتلاقَى الطَّرَفُ الأسْطوانيُّ لِعَظْمٍ مع الطَّرَفِ المُقَعَّرِ لِعَظْمٍ آخر. المَفاصِلُ الرَّزَّيَّةُ تُتيحُ التحَرُّكَ إلى أعلى وإلى أسفَل، وليس من جانبٍ إلى آخَر. الرُّكْبةُ (أعلاه) مثَلٌ على مَفْصِلٍ رَزَّيّ.

المَفاصِلُ الكُرويَّةُ الحُقَّيَّةُ، كما في الكَتِف (أعلاه)، هي أكثرُ مَفاصِلِ الجِسْمِ مَرانةً (قابليَّة للثَّني). فالطَّرَفُ الكُرَويُّ الشَّكْلِ لِعَظْمٍ يَنْضوي في تجويفٍ حُقِّيٍّ (قَدَحيِّ الشَّكْل) لِعَظْمٍ آخَر يُتيحُ له التحَرُّكَ في جميع الاتِّجاهات.

في المَفْصِلِ السَّرْجيِّ في قاعدةِ الإبهام، يَتلاقَى الطَّرفان النُّونيَّا الشَّكْلِ لعظمَي المِعْصَمِ والإبْهام معًا، فيُتاحُ للإبهام التحَرُّكُ خَلْفًا وأمامًا ومن جانبٍ إلى آخَر. ويُتيحُ هذا المَفْصِلُ أيضًا للإبْهام مَسَّ طرَفِ كُلِّ إصبَعٍ في اليَد - مِمّا يُكْسِبُ اليدَ البشريَّةَ رَشاقةً ودِقَّةَ قَبْض.

المَفاصِلُ الإهليلَجيَّةُ (اللقميَّة) تَتواجَدُ في البَراجِم وبينَ عَظْمَي السَّاعِد وعِظام المِعْصَم. في هذا النوعِ من المَفاصِلِ يَنْضوي الطَّرَفُ البَيْضيُّ الشَّكْل لعَظْمٍ ضِمْنَ القَدَحِ الإهليلَجيِّ لعَظْمٍ آخَرَ يُتيحُ له التحَرُّكَ خَلْفًا وأمامًا ومن جانبٍ إلى آخر.

في المَفْصِلِ المُنْزَلِق، أو المُسْتَوي، تكونُ سُطوحُ كُلِّ عَظْمٍ مستويةً مسَطَّحةً تسمحُ للعِظام بحَرَكاتٍ قصيرةٍ تَتِمُّ بانْزِلاقِ بعضِها فوق بَعض. المَفاصِلُ المُنْزَلِقةُ تَتواجَدُ بين عِظام الرُّسْغ (المِعْصَم) في كُلِّ يَد، وبينَ عِظام الرُّصْغ (الكاحِل) في كُلِّ قَدَم.



المَفاصِلُ الزَّليليَّة

مُعْظَمُ المَفاصِل - بما فيها مَفاصِلُ الرُّكبَتَين والمِرْفَقَين وبَراجِمُ الأصابع والوَرِكَين والكَتِفَين - هي مَفاصِلُ زَليليَّةٌ ذاتُ مدًى واسِعٍ من حُرِّيَّةِ الحَرَكة. وتَتماثَلُ جميعُ المفاصِلِ الزَّليليَّةِ من حيثُ البِنْيةُ الأساسيَّة. فطَرفا العظمَينِ المُلْتَقيان مُغَطّيانِ بِغُضروفٍ زُجاجيٍّ، ويَتَّصِلُ بينَهُما تجويفٌ زليليٌّ مليءٌ بالسائل الزليليِّ المُفْرَز. الغُضروفُ والسائلُ الزليليُّ يُزَلِّقان (يُزَيِّتان) المَفْصِلَ ويُخَفِّفانِ الاحتِكاكَ فَيُسَلِّسان الحَرَكة. والمَعروفُ أنَّ كُلَّ مَفْصِلٍ زَليليٍّ تُحيطُ به مِحْفَظةٌ مَفْصِليَّةٌ يُفْرِزُ غِشاؤها الداخليُّ السائلَ الزَّليليّ؛ ويَتواصَلُ جُزؤها الخارجيُّ مع أرْبطةٍ عاسِيَةٍ مَتينةٍ تَشُدُّ المَفْصِلَ وتَحْفَظُ تماسُكَه.

مدَى الحَرَكة

أشكالُ أطرافِ العِظام وتَراتُبُ العَضَلات وتَوَتُّرُ الأرْبطة التي تَضُمُّ المَفْصِلَ وتشُدُّه، هي التي تُحَدِّدُ مَدى التحرُّك فيه. فعَدْلُ الذراعِ وثنيُه عند المِرْفَقِ مَثَلٌ على مدَى امْتدادِ الذِّراعِ وانْثنائه. كذلك فإنَّ رفعَ الفَكِّ السُّفْليّ وخَفْضَهُ أثناءَ مَضْغِ الطَّعام هو مَثَلٌ على مدَى حركةِ الصُّعود والهُبوط في المَفْصِل.

أنْظُر أيضًا

الهَيْكلُ العَظْميّ ص 102 - 103
العَضَلاتُ والحَرَكة ص 106 - 107
النموُّ والتطوُّر ص 134

العَضَلاتُ والحَرَكة

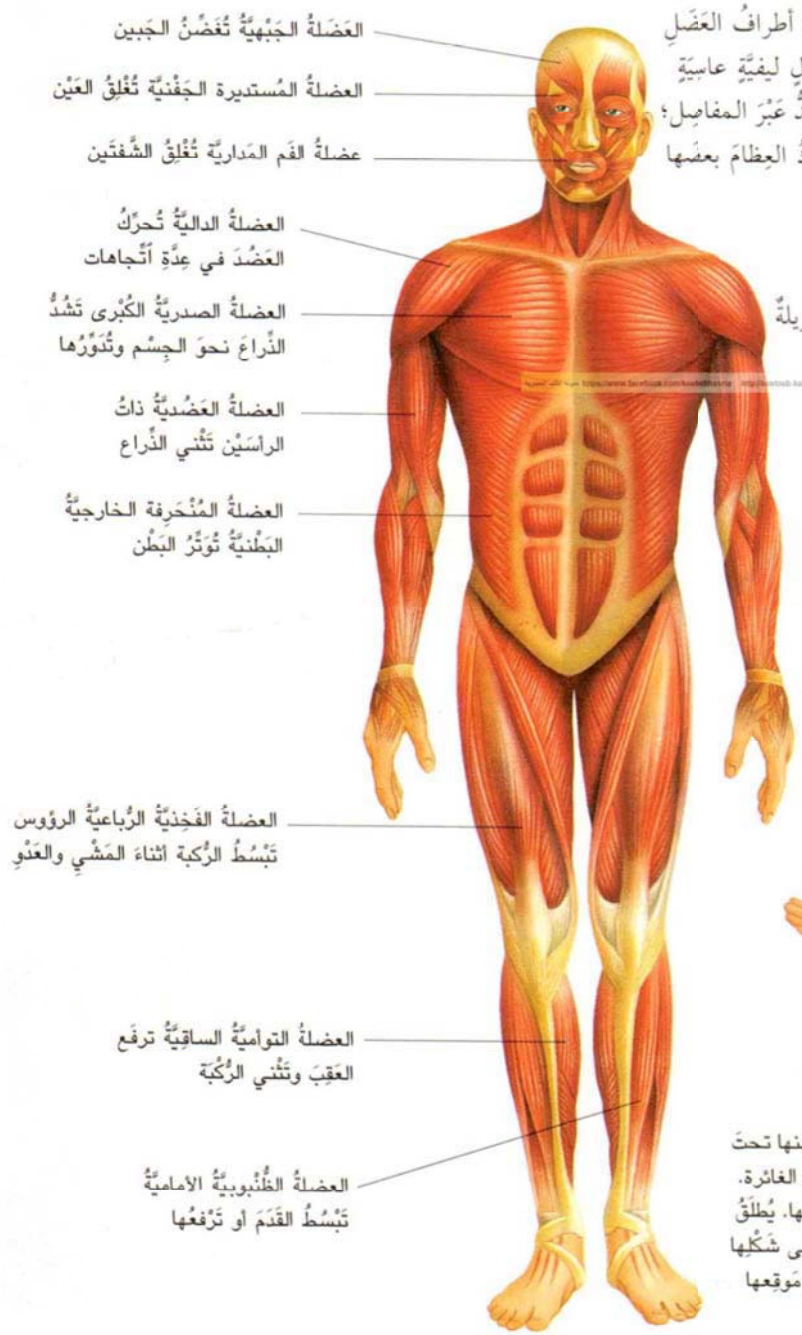
كُلُّ حَرَكةٍ جسَديَّة، من طَرْفةِ عَيْنٍ إلى العَدْوِ في سِباقٍ، تتِمُّ بواسِطة العَضَلات. والعَضَلاتُ تتألَّفُ من خلايا ذاتِ قُدرةٍ فريدةٍ على التقَلُّصِ والتقَبُّض.

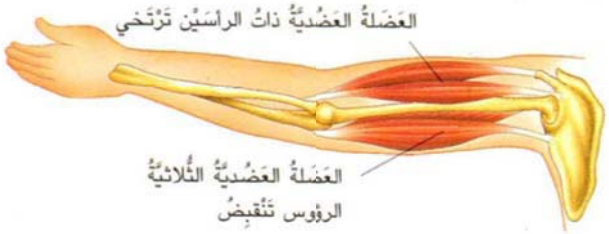
جميعُ الحَرَكاتِ التي تَنْطَوي عليها رياضةُ نَطِّ الحَبْل، كتحريكِ الذِّراعَيْن واليدَيْن أو ثَنْي الرُّكبَتَيْن ورَفْع القدمَيْن، تُحدِثُها العَضَلاتُ الهيكليَّةُ (المُتَّصلة بالهيكلِ العَظْميّ). وهذه العَضَلاتُ، بتلَقِّيها تَعْليماتٍ من الدِّماغ، تَشُدُّ أجزاءَ الهَيكل المُختَصَّةَ لِتَقُومَ بِحَرَكاتٍ مُتَناسِقة.

يُوجَدُ في الجِسْم ثَلاثةُ أنماطٍ من العَضَل: الهَيكليّ والأَمْلسِ والقَلْبيّ. العَدْو السَّريعُ يَستَخْدِمُ عضلًا هيكليًّا، والهَضْمُ يتطَلَّبُ عَضلًا أَمْلسَ، وخَفْقةُ القَلْبِ بَعْضٌ من أداءِ عَضلةِ القَلْب. العَضَلاتُ الهيكليَّةُ تُحرِّكُ عِظامَ الهيكلِ العَظْميِّ وتُسْهِمُ في دَعْمِ الجِسْم. ويَبْلُغ تَعدادُها 640 عضلةً تُغَطِّي الهيكلَ العَظْميَّ وتُكْسِبُ الجِسْمَ شَكْلَه الإجماليّ. تؤلِّفُ هذه العَضَلاتُ 40 بالمئة من وَزْنِ الجِسْم؛ وهي تَتَراوحُ حَجْمًا بين العَضَلةِ الفَخِذيَّة القويَّة الرُّباعيَّة الرُّؤوس والعَضَلةِ الرِّكابيَّةِ الدقيقةِ في الأُذُنِ الوُسْطى. أطرافُ العَضَلِ الهيكليِّ تَرْتَبِطُ بالعِظام بواسطةِ حبالٍ ليفيَّةٍ عاسِيَةٍ مَتينةٍ تُسَمَّى الأَوْتار. والعَضَلاتُ تَمْتَدُّ عَبْرَ المفاصِل؛ وهي عندَ انْقِباضِها (تقلُّصِها) تُحَرِّكُ العِظامَ بعضَها بالنِّسْبةِ إلى بعضِها الآخر.

كيفَ تَعْمَلُ العَضَلات

خلايا العَضَلِ الهَيْكليّ، أو أليافُه طَويلةٌ رَقيقةٌ ومُرتَصَّةٌ بِوَفْرةٍ من اللُّيَيْفاتِ العَضَليَّةِ المُتَوازية. هذه اللُّيَيْفاتُ تَحوي خُيوطًا من نَوعَين من البروتين القَلُوص – هما الأكْتين والمَيُوسين – مِمّا يَجْعَلُ أَلياف العَضَل الهَيْكليِّ تَبْدو مُخَطَّطةً. فعِندما تَتَلَقّى العَضَلةُ رِسالةً من الدِّماغ، عَبْرَ عَصَبٍ مُتَّصِلٍ بها، تَنْزَلِقُ الخُيوطُ بَعْضُها عَبْرَ بَعض، مُقَصِّرةً اللِّيفةَ العضليَّةَ فتَتَقَلَّصُ العَضَلة. وكَونُ العَضَلاتِ تَسْتطيعُ الشَّدَّ فقَطْ، وليسَ الدَّفْع، فهي عادةً تَعْمَل أَزواجًا – إحدى الزَّوجَين تَشُدُّ العظمَ فيما تَشُدُّه الأُخرى في الاتِّجاهِ المُعاكِس.





مُعْظَمُ العَضَلاتِ تعمَلُ أَزواجًا، بحَيثُ تَقوم إحدى زوجَي العَضَلات بِشَدٍّ مُضادٍّ لِلأُخرى. مثلًا، لِثَنْي المِرْفَق، تَنْقَبِضُ ذاتُ الرأسَيْن العَضُديَّة (فيما ثُلاثيَّةُ الرؤوس راخِيَةٌ). بينما، لِبَسْطِه، تَنْقَبِضُ ثُلاثيَّةُ الرؤوس (فيما ذاتُ الرأسَيْن راخِيَةٌ).

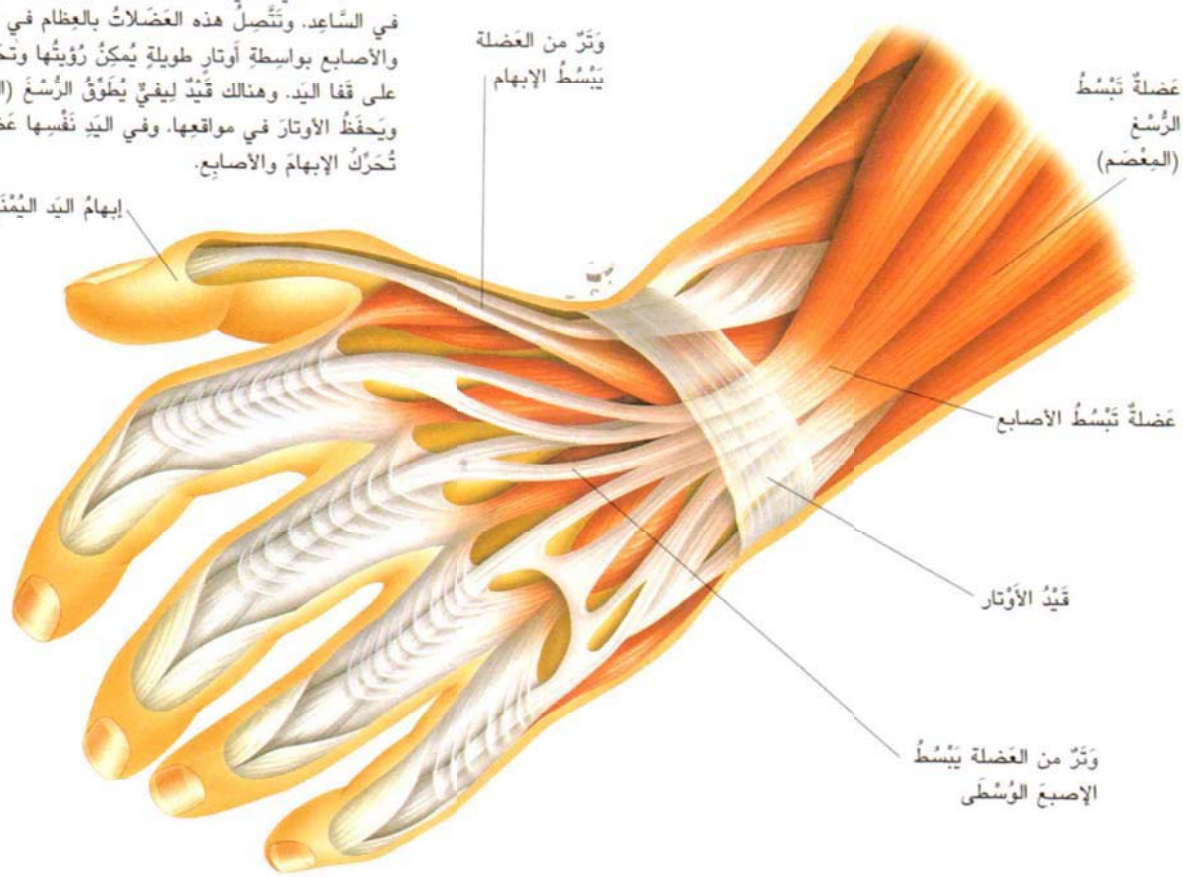
◄ تَتَراتبُ العَضَلاتُ الهَيكليَّةُ في الجِسْم في طَبَقاتٍ مُتَراكِبَة – تُسَمَّى الواقِعَةُ منها تحتَ الجِلْدِ مُباشَرةً العَضَلاتِ السَّطْحيَّة. وتُعْرَفُ العَضَلاتُ التي تحتَها بالعَضَلاتِ الغائرة. ويُبَيِّنُ هذا المَنْظَرُ الأماميُّ للجِسْم بعضَ العَضَلاتِ السطحيَّةِ المُهِمَّةِ ووَظائفها. يُطلَقُ على العَضَلاتِ غالبًا أسماءٌ تُشيرُ إلى طبيعةِ عَمَلِها (قابِضَة أو باسِطة)، أو إلى شَكْلِها (داليَّة تَعْني مُثَلَّثيَّة)، أو إلى حَجْمِها النِّسْبيّ (الأعظم تَعْني الكُبْرى) أو إلى مَوقعها (الجَبْهيَّة تُغَطِّي عَظْمَ الجَبْهة).

العَضَلاتُ التي تَثْني وتَبْسُطُ المِعْصَمَ والأصابع مُوَضَّعةٌ في السَّاعِد. وتَتَّصِلُ هذه العَضَلاتُ بالعِظام في اليدَيْن والأصابع بواسِطةِ أَوتارٍ طويلةٍ يُمكِنُ رُؤيتُها وتَحَسُّسُها على قفا اليَد. وهنالك قَيْدٌ لِيفيٌّ يُطَوِّقُ الرُّسْغَ (المِعْصَم) ويَحفَظُ الأوتارَ في مواقعِها. وفي اليَدِ نَفْسِها عَضَلاتٌ تُحَرِّكُ الإبهامَ والأصابِع.

ألياف عَضَلٍ هَيكلي

ألياف عَضَلٍ أَمْلَس

ألياف عضَل القَلْب



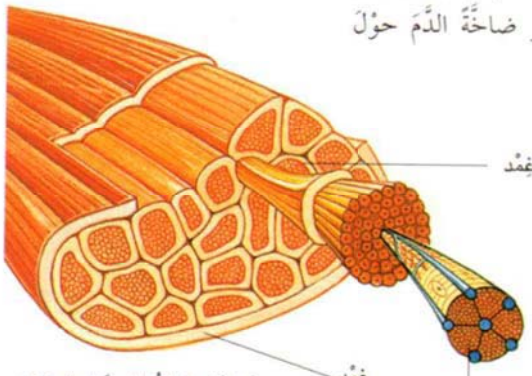
عَضَلٌ أَمْلَس

يَتواجَدُ العَضَلُ الأَمْلَسُ (اللَّاإراديُّ) بصُورةٍ رئيسيَّة في جُدرانِ الأعضاءِ المجَوَّفةِ كالمَريءِ والمَثانة. وهو حيَويٌّ للعمليَّاتِ اللَّاإراديَّةِ كتَحْريكِ الطَّعامِ على طولِ القَناةِ الهَضْميَّةِ (التمَعُّج) أثناءَ عمليَّةِ الهَضْم. الأَلْيافُ العضليَّةُ المُسْتَدِقَّةُ القَصيرةُ للعَضَلِ الأملَس، المُتراصَّةُ في صفائحَ، تتقَلَّصُ بِسَلاسَةٍ وتَواتُرٍ مُنْتَظِم بِتَحكُّم الجُملةِ العَصَبيَّة المُسْتَقِلَّة – فليسَ بِوُسْعِ المرءِ تَقْليصُها إراديًّا.

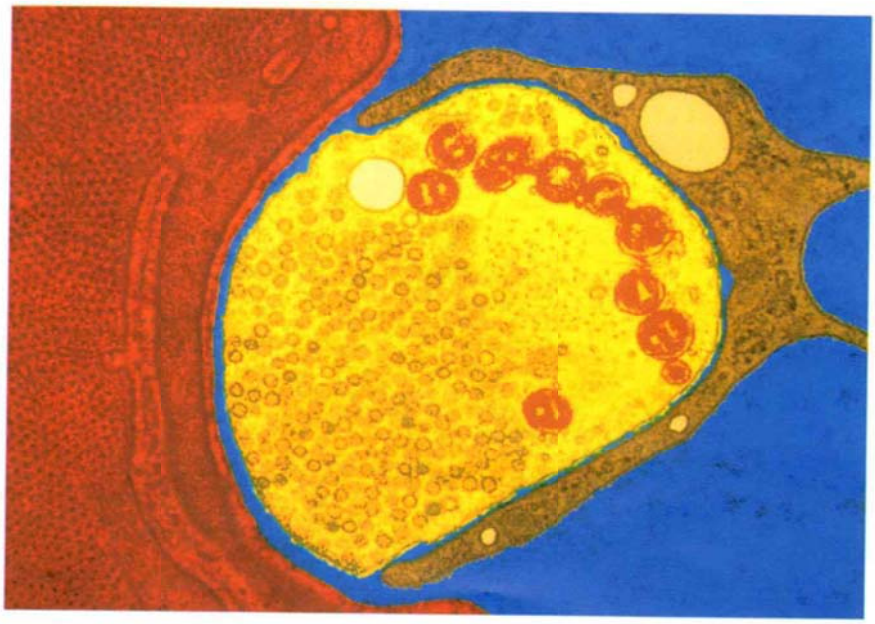
عَضلةُ القَلْب

عَضَلُ القَلْب نسيجٌ عضليٌّ مُتخَصِّص يتألَّفُ من شبكةِ أليافٍ مُخَطَّطة مُتفَرِّعةٍ ومُترابطة. وهو مَقصورٌ على عَضَلةِ القَلْب، ويُكوِّنُ جُزْءًا كبيرًا من بِنْيتِه. هٰذه الألياف تَنْقَبِضُ تِلْقائيًّا دونَ الحاجةِ إلى مُنَبِّهٍ خارجيٍّ من الجُمْلةِ العَصَبيَّةِ المَرْكزيَّة. تَنْقَبِضُ عضلةُ القَلْبِ دونَ تَوَقُّفٍ بما يَتجاوزُ 2,5 بليونِ مَرَّةٍ في مدَى مُتوَسِّط العُمْر ضاخَّةً الدَّمَ حوْلَ الجِسْم.

تَخْتلِفُ ألياف العَضلِ في مَظْهرِها. فالياف العضَلِ الهيكليّ طويلةٌ ومُخَطَّطةٌ. والياف العَضلِ الأَمْلَس قَصيرةٌ ومُسْتَدِقَّةٌ. امّا الياف عضَل القَلْب فمُخَطَّطةٌ ومُتَشَعِّبة.



تَتراتَبُ ألياف العضَلِ الهيكليّ في حُزَم تَمْتَدُّ على طُولِ العَضلة. وتتألَّفُ اللِّيَيْفاتُ العَضليَّةُ داخِلَ كُلِّ لِيفةٍ من خُيوطٍ تَتآثَرُ في ما بينها لِتَجْعَلَ العَضَلةَ تتقلَّص (تَنْقَبِض).



► مَوصِلٌ عَصَبيٌّ عضليٍّ (مُكَبَّر هنا 800 30 مَرَّة) حيثُ تَلْتَقي نِهايةُ لِيفةٍ عَصَبيَّةٍ (مُبَيَّنة بالأَصْفَر) بلِيفةٍ عَضليَّةٍ (مُبَيَّنة بالأَحْمَر). وعندما تَبْلُغ الدَّفْعَةُ العصبيَّةُ إحدى النِّهاياتِ العَصَبيَّة، تَنْطلِقُ كيماويَّاتٌ تَجْعَلُ العضَلةَ تتقلَّص.

أُنْظُر أيضًا

الهَيْكلُ العَظْميّ ص 102 – 103
الدِّماغُ والجُمْلةُ العَصَبيَّة ص 108 – 109

الدِّماغُ والجُمْلةُ العَصَبيَّة

تَترابطُ بَلايينُ العَصَبونات (وهي الخلايا العصبيَّة) مُكوِّنةً شبكةَ الاتِّصالات في الجِسْم التي تُؤلِّف الجهازَ العَصَبيَّ أو الجُملةَ العصبيَّة. وهذا الجِهازُ يَحْكُمُه الدِّماغ.

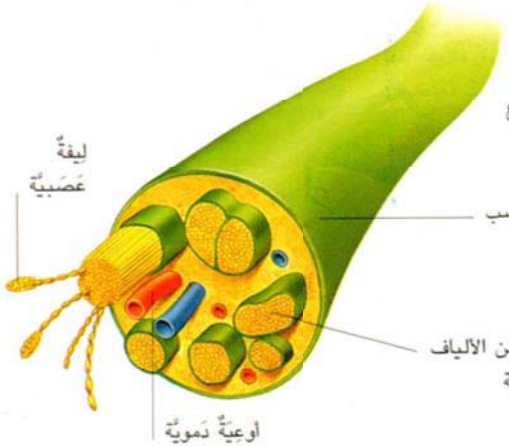
العَصبونُ (الخليَّةُ العَصَبيَّةُ) هي الوَحْدةُ الأساسيَّةُ للجُملةِ العَصَبيَّة. وهي طويلةٌ ورَفيعةٌ – وظيفتُها نَقْلُ المَعلومات بشَكلِ دَفعاتٍ كَهربائيَّةٍ عصبيَّةٍ على امتدادِ طُولِها. تتألَّفُ العَصبون من جسمٍ شبيهٍ بأجسامِ الخلايا الأُخرى ومِن مِحْوارٍ (ليفة عصبيَّة) وتغصُّناتٍ تؤلِّف مَشابكَ مع عَصَبوناتٍ أُخَر أو مع مُستقبِلاتٍ ومُستجيباتٍ أُخرى (عضليَّة أو أنسجةٍ غُدِّيَّة). والمَعروفُ أنَّ العَصبوناتِ المُتجاورةَ لا تَتماسّ، بَلْ تفصلُ بينها فَجَواتٌ دَقيقةٌ تُسَمَّى المَشابك. فعندَ وُصولِ الدَّفْعةِ العَصَبيَّة إلى نِهايةِ مِحْوار، تُطلق كيماوياتٍ تُوَلِّدُ دَفْعةً عصبيَّةً في تَغَصُّناتِ العَصَبون التالي. العَصَبوناتُ الحِسِّيَّةُ والمُحَرِّكةُ تَنْقلُ كُلٌّ بدَورها دَفَعاتٍ عصبيَّةً من الدِّماغِ والنُّخاعِ الشَّوكيّ وإليهما. عَصَبوناتُ الترابُطِ، التي تؤلِّف 90 بالمئة من مَجمَلِ العَصَبونات؛ توجَدُ فقط في الدِّماغِ والنُّخاعِ الشَّوكيّ.

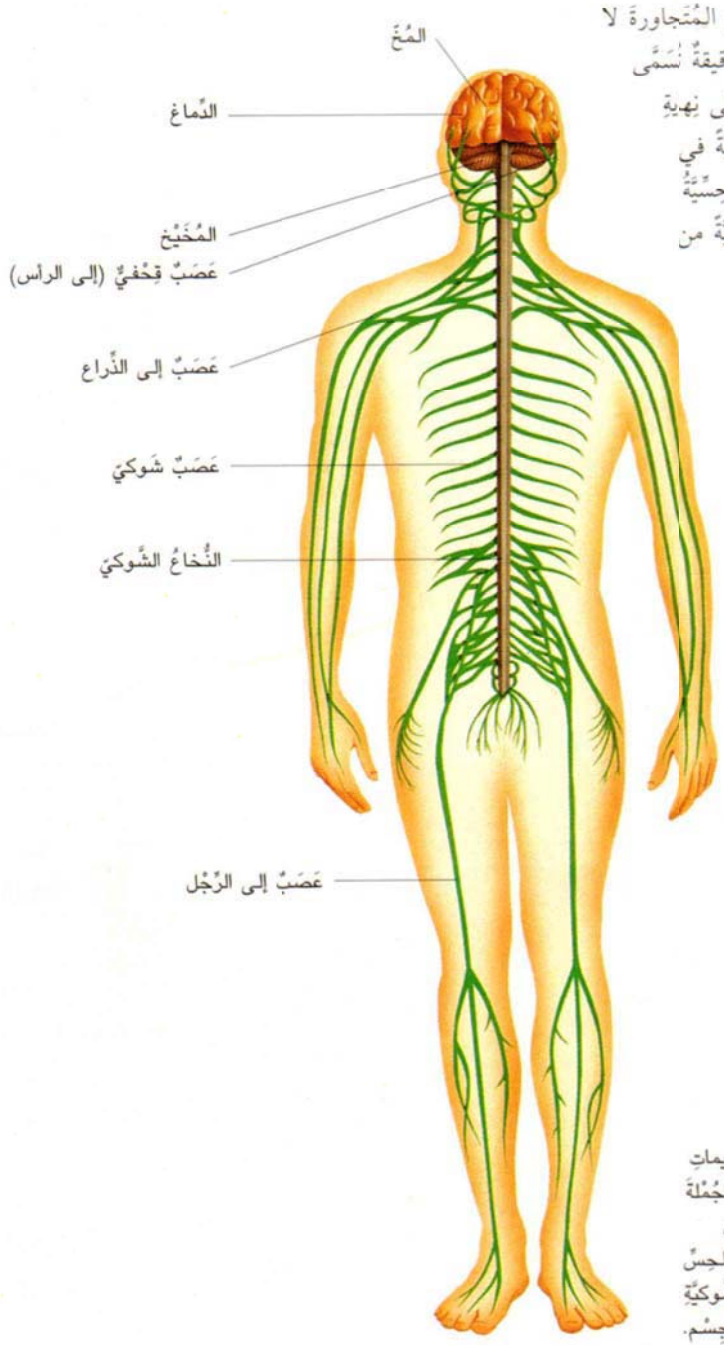
النُّخاعُ (الحَبْل) الشَّوكيّ

النُّخاعُ الشَّوكيُّ هو أساسًا امتدادٌ للدِّماغ، يَبْلُغُ طولُه حوالى 45 سم، ويَمتدُّ من الدِّماغِ إلى أسفَلِ الظَّهْر. والأعصابُ الشوكيَّةُ، على امتدادِ طُولِه، تُرَحِّلُ المَعْلوماتِ بين الدِّماغِ والجِسْم. وهو يَقومُ أيضًا بدَورٍ حيَويٍّ في المُنعَكَساتِ (رُدودِ الفِعْل اللَّاإراديَّة). فإذا مَسَّ شَخْصٌ بإصبَعِه جِسْمًا حادًّا، مثلًا، تَسري دَفَعاتٌ عصبيَّةٌ من رأس الإصبَع، عَبْرَ النُّخاعِ الشَّوكيّ، مُباشرةً إلى العَضَلاتِ العَضُديَّةِ التي تَسْحَبُ الإصبَعَ فورًا بَعيدًا عن الخَطَر.

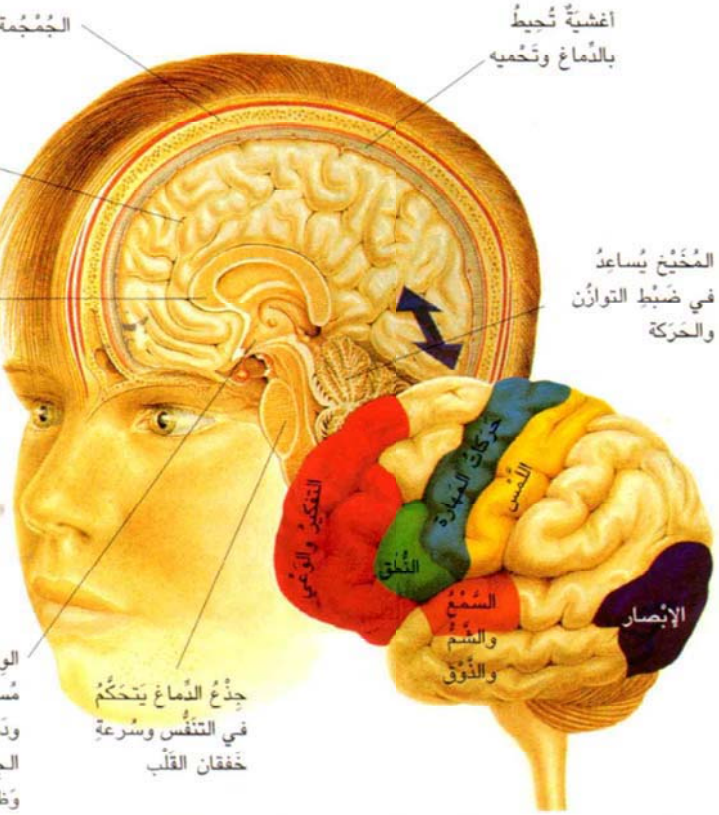
يَمتدُّ النُّخاعُ الشَّوكيُّ من قاعدةِ الدِّماغ إلى أسفَلِ الظَّهْر؛ وهو مَحْميٌّ بفَقَار الصُّلْب، تتشَعَّبُ الأعصابُ الشوكيَّةُ من النُّخاع (الحَبلِيّ) الشوكيّ ناقِلَةً الدَّفَعاتِ العَصَبيَّةَ من وإلى مُختلِف أجزاءِ الجِسْم.

تتألَّفُ الأعْصابُ من حُزَمِ عَصَبوناتٍ جِسْيَّةٍ – تَنْقُلُ الدَّفَعاتِ العصبيَّةَ من المِحَسَّات إلى الدِّماغِ والنُّخاع الشَّوكيّ، ومن عَصَبوناتٍ مُحَرِّكةٍ – تَنْقُلُ الدَّفَعاتِ العصبيَّةَ من الدِّماغِ والنُّخاعِ الشَّوكيّ إلى العَضَلات.



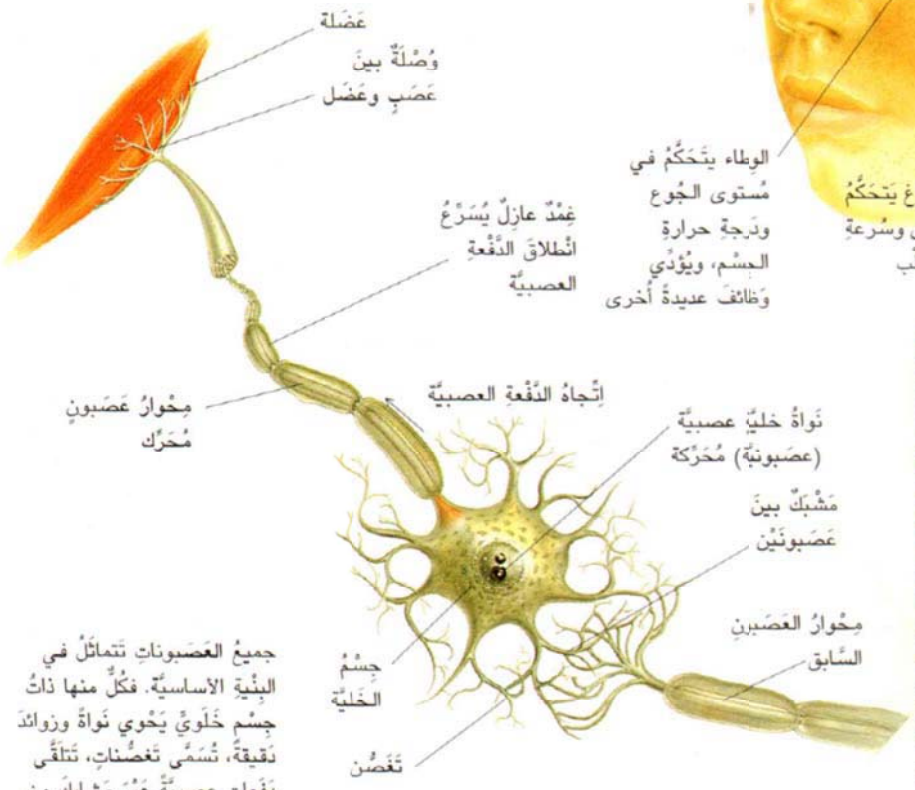


◄ الدِّماغُ يَحْكُمُ كامِلَ الجُمْلةِ العصبيَّة. فهو باستِمرارٍ يَتلَقَّى المَعْلوماتِ ويُرْسِلُ التعليماتِ التي يُرَحِّلُ مُعظَمُها بواسطةِ النُّخاعِ الشَّوكيّ. الدِّماغُ والنُّخاعُ الشَّوكيّ يُشَكِّلان معًا الجُمْلةَ العصبيَّةَ المَرْكزيَّة التي تَتواصَلُ مع أنحاءِ الجِسْم عَبْرَ الأعْصاب. هنالك 12 زوجًا من الأعصاب القِحْفيَّة التي تَصْدُرُ من الدِّماغ – مُعْظَمُها يُرَحِّلُ دَفَعاتٍ عصبيَّةً من أعضاءِ الحِسِّ كالعينَيْن، أو يَنْقُلُ تَعْليماتٍ إلى العَضَلاتِ في الرأس. وهنالك 31 زوجًا من الأعصابِ الشَّوكيَّةِ التي تَتشَعَّبُ من النُّخاع الشَّوكيّ؛ وهي تُرَحِّلُ الدَّفَعاتِ العصبيَّةَ من وإلى بَقيَّةِ أنحاءِ الجِسْم.



دَواخِلُ الدِّماغ

يتألَّفُ الدِّماغُ من ثلاثِ مناطقَ رئيسيَّةٍ هي الجِذْعُ والمُخَيْخُ والمُخّ. جِذْعُ الدِّماغ يَتحَكَّمُ تلقائيًّا في وَظائفَ أساسيَّةٍ كالتنفُّس وخَفَقانِ القَلْب. والمُخَيْخُ يُنَسِّقُ التوازُنَ والوَضْعةَ والحَرَكة. ويُقسَمُ المُخُّ إلى نِصْفَين، كنِصْفَي كُرَة، يَصِلُ بينَهما الجِسْمُ الثَّفَنيّ. ولكُلٍّ من الأقْسامِ المُخْتلِفةِ في نِصْفَي كُرَةِ الدِّماغ وَظائفُ مُختلِفة. فالنُّطْقُ (الباحاتُ) الحِسِّيَّةُ تُعالِجُ الدَّفَعاتِ العصبيَّةَ من أعضاءِ الحِسّ كالعَيْنَين؛ والنُّطُقُ المُحَرِّكةُ تُرْسِلُ التعليماتِ إلى العَضَلات لإحداثِ الحَرَكةِ والنُّطْق. أمّا النُّطُقُ المُترابطةُ، كما في مُقَدَّم المُخّ، فإنَّها مَرْكزُ الوَعْي والقُدرةِ على التَّفكير. ويُنَظِّمُ الوِطاءُ، تحتَ المُخّ، ظروفَ الجِسْم الداخليَّةَ عَبْرَ الجُمْلَةِ العصبيَّةِ المُسْتَقِلَّة.



جميعُ العَصَبوناتِ تتماثَلُ في البِنْيةِ الأساسيَّة. فكُلٌّ منها ذاتُ جِسْم خَلَويٍّ يَحْوي نَواةً وزوائدَ دَقيقةً، تُسَمَّى تَغصُّناتٍ، تَتلَقَّى دَفَعاتٍ عصبيَّةً عَبْرَ مَشابِكَ من عَصَبوناتٍ أُخرى. والمِحوارُ – الجُزْءُ الطويلُ منها يَنْقُلُ الدَّفَعاتِ العصبيَّةَ بَعيدًا عن جِسْمِ الخليَّة. يتواجَدُ جِسْمُ الخليَّةِ لهذا العَصَبون المُحَرِّك ضِمْنَ الجُمْلَةِ العصبيَّةِ المَرْكزيَّة. وهو يَنْقُلُ الدَّفَعاتِ العصبيَّةَ إلى أجزاءٍ من الجِسْم مُوعِزًا إليها القِيامَ بعَمَلٍ ما. مثلًا، الدَّفْعةُ العصبيَّةُ إلى عَضَلةٍ قد تُسَبِّبُ انْقِباضَها؛ والدَّفْعةُ العصبيَّةُ إلى غُدَّةٍ قد تتسَبَّبُ بانطِلاقِ مُفْرَزاتِها.

هذه الصورةُ المُكَبَّرةُ 494 مرَّة، تُبيِّنُ عَصَبوناتٍ مُتَرابطةً منَ القِشْرةِ الدِّماغيَّة – الجُزْءِ الرقيقِ الخارجيِّ للمُخّ (جُزْءِ التفكير منه) – علمًا أنَّ كُلَّ عَصَبونٍ مُتَرابطٌ مع آلافِ العَصَبوناتِ الأُخرى.

الدِّماغ

يتألَّفُ الدِّماغُ من ما يزيدُ على 100 بليون (بليون = 10^9) عَصَبون تتَّصِلُ كُلٌّ منها بآلافِ العَصَبوناتِ الأُخرى مُكَوِّنةً شَبكةَ تحَكُّمٍ واتِّصالاتٍ مُعَقَّدة. يَتلَقَّى الدِّماغُ مَعْلوماتٍ حَولَ ظُروفِ الجِسْم الداخليَّةِ والخارجيَّةِ فَيُعالِجُها ويَخْتَزِنُها، ويُصْدِرُ التعليماتِ حسبَ ما سبقَ له تعَلُّمه. ويَتحَكَّمُ الوِطاءُ وجِذْعُ الدِّماغ بالعَمليَّاتِ التِّلقائيَّةِ كالتنَفُّس. ويُنَظِّمُ المُخَيْخُ حَرَكاتِ الجِسْم السَّلِسَة. ويَتحَكَّمُ نِصْفا كُرَةِ الدِّماغ في التَّفكيرِ والخَيالِ والذّاكرةِ والنُّطْقِ والإنْفِعالِ والإبْصارِ والسَّمْعِ والشَّمِّ والذَّوْقِ واللَّمْس.

جُزْءَا الجُمْلَةِ العَصَبيَّة

تتألَّفُ الجُمْلةُ العصبيَّةُ من جُزْأين رئيسيَّيْن: الدِّماغِ والنُّخاع الشَّوكيّ، اللذَين يُشَكِّلانِ الجُمْلةَ العصبيَّةَ المَرْكزيَّة؛ فيما تُشَكِّلُ الأعصابُ الجُمْلةَ العصبيَّةَ المُحيطيَّة. العَصَبوناتُ الحِسِّيَّةُ ضِمْنَ الجُمْلةِ العصبيَّةِ المُحيطيَّة تُرْسِلُ دَفَعاتٍ عَصبيَّةً من أعضاءِ الحِسِّ إلى الدِّماغ. أمّا العَصَبوناتُ المُحَرِّكةُ فتَنْقُلُ تَعْليماتٍ من الدِّماغ؛ وهي على نوعَيْن: عَصَبوناتِ الجُمْلةِ العصبيَّةِ الجسمانيَّةِ التي تَخضَعُ للتحَكُّم الإراديِّ فتَسْتَثيرُ العَضَلاتِ الهيكليَّةَ لِتَنْقبِض، وعَصَبوناتِ الجُملةِ العصبيَّةِ المُستَقِلَّةِ التي تُنَظِّمُ العمليَّاتِ داخلَ الجِسْم كالتنَفُّس والهَضْم. وتَضُمُّ الجُمْلةُ العصبيَّةُ المُسْتَقِلَّةُ قِسْمَيْن: القِسْمَ الوُدِّيّ (السِّمْبَثاويّ) والقِسْمَ اللَّاوُدِّيّ (نَظير السِّمْبَثاويّ) اللذَين بتأثيراتِهما المُتَضادَّة يُحافظان على استِقْرارِ حالةِ الجِسْم.

أُنْظُر أيضًا

العَضَلاتُ والحَرَكة
ص 106 – 107
النَّومُ والأحلام ص 110
التِّقانيَّات الطِّبِّيَّة ص 142 – 143

النَّومُ والأَحْلام

يَقْضي الإنسانُ العاديُّ حوالى ثُلُثِ حياتِه في النوم، فَيُتيحُ ذلك للجِسْم راحةً وللدِّماغ فُرصةً لِمُعالَجةِ المَعْلوماتِ التي استَوعبَها في اليوم السَّابق.

هذه الصورةُ، المُعنونةُ «حُلْم لِبنا»، هي تصَوُّرُ فنَّانٍ لِتَمثيلِ مزيج الخيالاتِ الغَريب الذي يَراهُ الناسُ في أحلامِهم. هنا طِفلةٌ نائمة في سَريرٍ وَسَطَ حَقْل. تَحْصلُ الأَحْلامُ بينما الدِّماغُ مُنْشَغِلٌ في تَمْحيصِ وَفَرْزِ أحداث ومُعاناةِ اليوم السَّابق. وفي الوَعْيِ المُتَغايِر أثناءَ النَّوم، تُحَرِّفُ هذه الذِّكرياتُ إلى أحلام.

يَحصُلُ النَّومُ طبيعيًّا كجُزْءٍ من دَورةِ الـ 24 ساعةً بين اليَقَظة والنَّوم يوميًّا. وهو حالةٌ من الوَعْي المُتَغايِر، يُمكِنُ إيقاظُ الشَّخْصِ منها بِسُهولة. وللنَّوم أهمِّيَّتُه كما هو معروف؛ والذين يُحْرَمون منه يُعانونَ من التَّعَبِ وتشَوُّشِ الفِكْر والهُلاس.

وتأتينا الشواهِدُ على حصولِ أحداثٍ خلالَ النَّوم من تقَصِّي العُلماءِ لِسُلوكِ النائمين باستِخْدام مِخْطاطِ كهربائيَّةِ الدِّماغ لِقياسِ أمواجِ الدِّماغ لدَيْهِم.

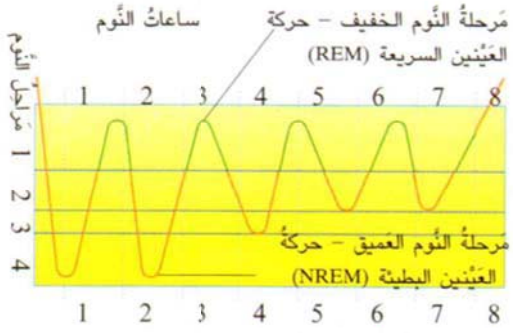
هذه التَمَوُّجاتُ الدِّماغيَّةُ مُستَمِرَّةُ الحُدوث، سواءٌ كنَّا يَقِظينَ أو نِيامًا، جَرَّاءَ «حَرَكةِ مُرور» الإشاراتِ لكهربائيَّةِ التي تَعبُر بين بلايينِ العَصَبوناتِ في الدِّماغ. وهذه التَمَوُّجاتُ الدِّماغيَّةُ تختَلِفُ تبَعًا لِكون الشَّخصِ مُستَيْقِظًا أو مُتَنَبِّهًا فِكريًّا أو ناعِسًا أو مُستغرقًا في نومٍ عَميق. والأَحْلامُ هي غالبًا الأحداثُ التي يُعايِشُها الشَّخصُ أثناءَ نَومه. ولعَلَّها تكونُ تأثيراتٍ جانبيَّةً لِانشِغال الدِّماغِ بتَوضيب تجارِبَ اليوم السَّابق، وٱخْتِزانِها في الذَّاكرة.

النَّومُ العَميق ونَوْمُ الحُلم

يَتعاقبُ على النائم أثناءَ نومه نَسَقٌ من الأحداث تَجري وتتكرَّرُ بنظامٍ مُعَيَّن. يَمُرُّ الشخصُ الذي يَغْلِبُ عليه النُّعاس في أربعِ مَراحِلَ – تَبْدأُ من شِبْهِ اليَقظة تقريبًا إلى النَّوم العميق (NREM) المُتَميِّز بحَركةِ العينَين البطيئة. ويَترافقُ هذا مع ٱنخِفاضٍ في سُرعةِ التنَفُّس وخَفَقانِ القَلْب وبُطْءٍ في نَشاطِ الدِّماغ. وبعدَ حوالى 90 دقيقةً، يتحَوَّلُ النائمُ من مَرْحَلةِ النَّوم العَميق إلى مَرْحلَةِ النَّوم الخَفيف وحركةِ العَينَين السَّريعة (REM). فتتحَرَّكُ العَيْنان تحتَ الأجفان ويَحْدُثُ الحُلْم. ويترافقُ هذا مع تزايُدِ سُرعةِ خَفَقان القَلْب والتنَفُّس، وازديادِ نَشاطِ الدِّماغ. ويَبْقى الجِسْمُ ساكِنًا، في هذه المَرْحلة، وتتعَطَّلُ العَضَلاتُ، رُبَّما لِمَنْع النائم من القيامِ بتَمْثيلِ ما يَجري في أَحْلامه. ثُمَّ، بعدَ مُضِيِّ خَمْسِ إلى عَشْر دقائق يَعودُ النائمُ إلى النَّومِ العَميق. ويَتكَرَّرُ هذا النَّسَقُ خِلالَ اللَّيْل حوالَى خَمْسِ مَرَّات، مع بَدْءِ نوم حركةِ العينَيْن السريعةِ (REM) كُلَّ 90 دَقيقةً تقريبًا. يَتَناقَصُ النومُ العَميقُ خلالَ اللَّيل، وتُصبحُ فتَراتُ نومِ حركةِ العَيْنين السريعة أطولَ، فتَسْتَغرِقُ الفَتْرةُ الأخيرةُ حوالى 50 دقيقةً.

أنماطُ النَّوم

وُصِّلَ عددٌ من الإلكترودات برأسِ هذه المرأةِ النائمة، لكَشفِ التمَوُّجاتِ الكهربائيَّةِ الدِّماغيَّةِ التي تُحدِثُها الأعصابُ في الدِّماغ. وتُوَصَّلُ أَسْلاكٌ من الإلكتروداتِ بمِخْطاطِ كهربائيَّةِ الدِّماغ، الذي يَرسُم مُخَطَّطًا لهذه التمَوُّجات. التمَوُّجاتُ الدِّماغيَّةُ هذه تتغيَّرُ أثناءَ النَّوم، مُبَيِّنةً أنَّ الشَّخْصَ يَمُرُّ بمَراحِلِ نومٍ مُختلِفة. يظهَرُ من المُخَطَّط البيانيِّ أدناه أنَّ النائمَ يدخُلُ أوَّلًا في مرحلة نوم عَميق (مَرْحلة 4، «NREM»)، ثُمَّ يَعودُ إلى مَرحلة نومٍ خفيف (مَرْحلة 1، «REM»). ويَتكرَّرُ هذا النَّسَقُ طوالَ اللَّيل.



ٱنْظُر أيضًا

السُّلوكُ الحيَوانيّ ص 90 – 91
الدِّماغُ والجُمْلةُ العصبيَّة ص 108 – 109
التِّقانيَّاتُ الطِّبِّيَّة ص 142 – 143

التَّواصُل

التواصُلُ ضروريٌّ لجميعِ أنواعِ الحيوانات. ويتميَّزُ البَشَرُ بأَنَّهُم فريدونَ بين سائر الحيوانات كَونَهم قادِرينَ على استِخْدامِ اللُّغَةِ للتَّواصُل واحدُهم بالآخرين.

يتَواصَلُ الناسُ فيما بينَهم لِتبادُلِ الأفكار وتناقُلِ الأخبار والمَعارف؛ أو تَعبيرًا عن الصَّداقةِ أو اللَّامُبالاةِ أو العُدوانِ نَحو الآخرين؛ أو لإبداءِ السُّرورِ أو الغَضَبِ أو القَلَق.

ويَتَّخِذُ التَّواصُلُ أشكالًا مُتنَوِّعةً ومُبايِنةً. تَنْطوي لُغَةُ الجَسَدِ على تَوضيعِ أجزاءٍ من الجِسْم، غالبًا دونَ تفكير، في هيئةٍ تَحمِلُ رِسالةً مّا. مثلًا، مُقابَلَةُ البَعضِ ومُحاكاةُ لُغَتِهم الجَسَديَّةِ مَرَحًا، غالبًا ما تُعَبِّرُ عن اهتِمامٍ خاصٍّ بهم. كما إنَّ تَعابيرَ الوَجه، كالابتِسامِ والعُبوسِ والتَّكْشيرِ أو البَرْطمة، هي مُؤشِّراتٌ على مِزاجِ الشَّخْصِ وانْفِعالاتِه.

اللُّغَة

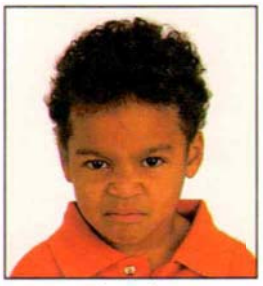
اللُّغَةُ المَحْكيَّةُ هي من الخواصِّ الفَريدة بالجِنْسِ البَشَريّ. وتحكُم مَلكَةَ النُّطْقِ باحَةٌ على الجانبِ الأَيْسَر من الدِّماغ. عندما يَرْغبُ الشخصُ في الكلام، تُرْسَلُ دَفَعاتٌ عصبيَّةٌ من هذه الباحَةِ في الدِّماغِ إلى العَضَلات في الحَلْقِ والفَمِ والفَكّ. يَعْبرُ الحَنْجَرةَ (صُندوقَ الصوت) شَريطان غشائيَّان، هما وتَرا الصوت، يُمكِنُهما الانفِتاحُ والإنغلاق. والرسائلُ العصبيَّةُ من الدِّماغ تُسَبِّبُ غَلْقَ عَضَلاتِ الحَنْجَرة ومَطْلِ وَتَرَي الصوت. ثُمَّ يُقْحَمُ هواءُ الزَّفيرِ من الرِّئتين عَبْرَ الوتَرين (حَبْلَي الصوت)، فيَتذَبْذبا مُوَلِّدَين أصواتًا تَعْبُر إلى الحَلْقِ والفَم والأَنف. الحِبالُ الصوتيَّةُ الرَّاخيَةُ تُوَلِّدُ أصواتًا تَعْبُر إلى الحَلْقِ والفَم والأَنف. الحِبالُ الصوتيَّةُ الرَّاخيَةُ تُوَلِّدُ أصواتًا خَفيضةَ الطبقة؛ والحِبالُ المَشْدودةُ تُوَلِّدُ أصواتًا عاليَةَ الطبقة. هذه الأصواتُ تتَحَوَّلُ إلى نُطْقٍ تبَعًا لِتَوَضُّع اللِّسانِ وشَكْلِ الشَّفَتَيْن.

أثناءَ التنفُّس، تظَلُّ الحِبالُ الصوتيَّةُ مَفْتوحةً لِتَسْمحَ للهواءِ بالدُّخولِ إلى الرِّئتين والخُروجِ منهما.

يُقْحَمُ الهواءُ المزْفورُ عَبْرَ وَتَرَي الصوت المُغلقَين لِتوليدِ أصواتٍ أثناءَ التكلُّم.

▲ يَمْتَدُّ عَبْرَ الحَنْجَرة في أعلى الرُّغامَى غشاءَان يُسَمَّيان وَتَرَي (أو حَبْلَي) الصوت. يكونُ هذان الغشاءان عادةً مَفْتوحَين، لكنَّهما يَنْغلقان أثناءَ النُّطْق. والهواءُ المَزْفورُ عَبْرَهما حينئذٍ يجعلُهما يتذَبْذبانِ ويُولِّدان أصواتًا.

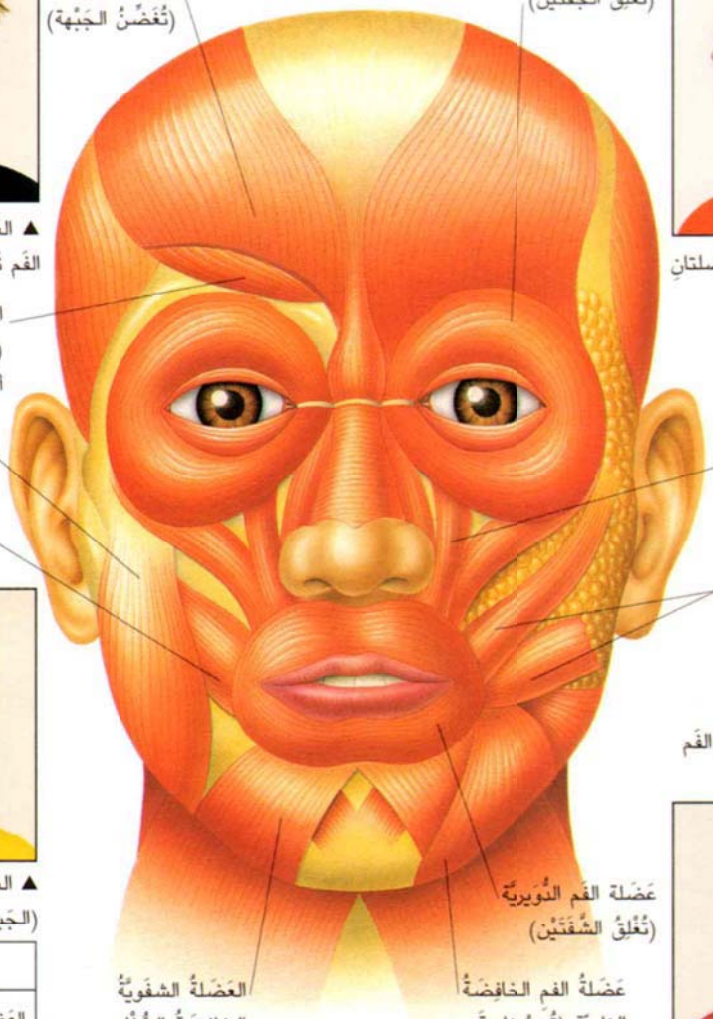
◄ أكثَرُ من 30 عَضَلةً صغيرةً في الوَجْه تُحْدِثُ ذلك المَدى الواسعَ من التعابير الوَجْهيَّة. وتتَّصِلُ معظمُ هذه العضَلات من أحدِ طَرَفَيها بعَظْمِ الجُمْجُمة وبجِلْدِ الوَجْه من الطرفِ الآخر. وعند انْقِباضِ إحدى هذه العَضَلات، يُشَدُّ جِلْدُ الوَجْهِ المُتَّصِلُ بها فيَتبَدَّلُ مَظْهَرُ الوَجْه. التعابيرُ الوجهيَّةُ تَعْكِسُ أمْزِجةَ الشَّخْص وانْفِعالاتِه، وتُعَبِّر عن مدًى واسِعٍ من الانفِعالاتِ والأحاسيس – من الابْتِهاجِ إلى الغَضَب.



▲ هذه العَبْسةُ تُحدِثُها العَضلتانِ مُنطِبتا الحاجبَيْن.

▲ العَضَلتان خافِضَتا زاويتَي الفَم تَشُدُّهما نُزُولًا.

▲ العَضَلةُ الجَبْهيَّةُ تُغَضِّنُ الجَبْهة (الجَبينَ) وترفَعُ الحاجبَيْن.



▼ أثناءَ الابْتِسام، تَشُدُّ العَضَلاتُ الوَجْنِيَّةُ زاويتَي الفَم صُعُودًا وإلى الخارج.

العَضَلةُ الشفويَّةُ العُلْيا (ترفَعُ الشَّفةَ العُليا)

العَضَلاتُ الوَجْنيَّة (تَشُدُّ الفَمَ صُعُدًا أثناءَ الضَّحِك)

انْظُر أيضًا

العَضَلاتُ والحَرَكة ص – 106 – 107، الدِّماغُ والجُمْلةُ العصبيَّة ص 108 – 109

اللَّمْس

حاسَّةُ اللَّمْس تُزَوِّدُ الدِّماغَ بِمَعْلوماتٍ حولَ البيئةِ المُحيطَة بالجِسْم بواسطةِ مِحَسَّاتِ لَمْسٍ تَنْتَشِرُ في شَتَّى أنحاءِ سَطْحِ الجِسْم.

هذه الفتاةُ عَمياءُ، لكِنَّها تَسْتَطيعُ القِراءةَ بإمرارِ رؤوسِ أصابِعها فوق الصَّفْحةِ النافِرةِ الحُروف. فالكَلِماتُ «المكتوبةُ» بطريقة بريل؛ تُمَثَّلُ، بأنماطِ نِقاطِها النافِرة، حُروفًا وأَرقامًا مُعَيَّنة.

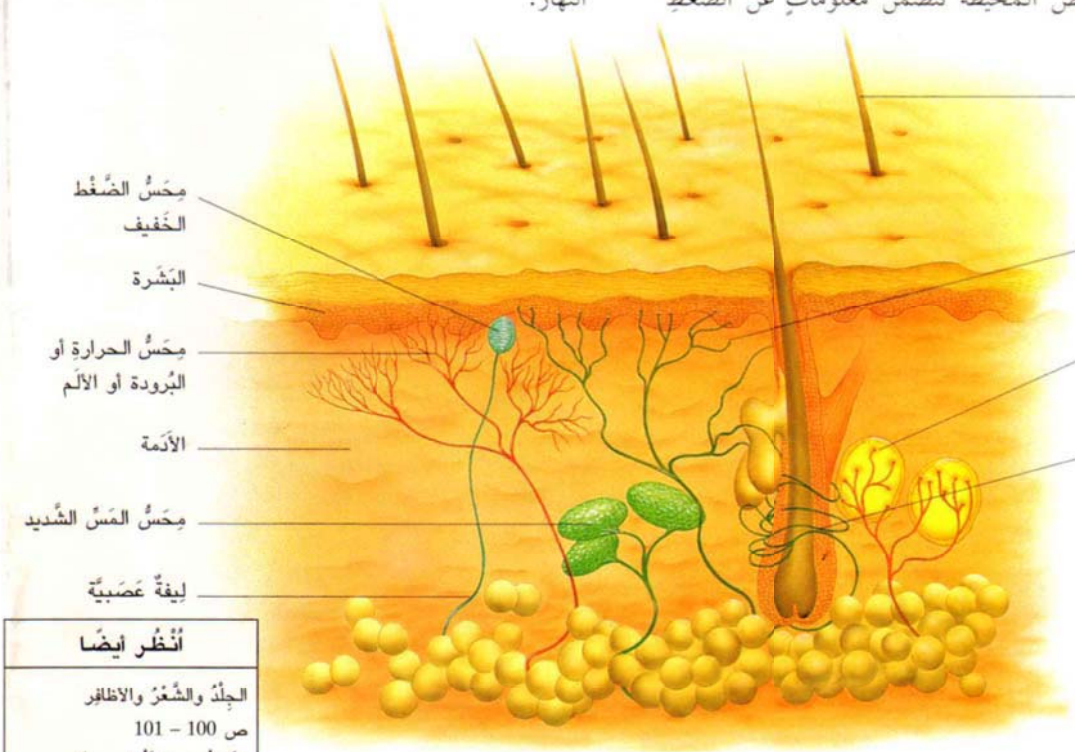
هذا الصَّبيُّ يَبْدو غريبًا لأنَّ حُجومَ أجزاءِ جِسْمِه صُوِّرَتْ وَفْقًا لِمِقدارِ حساسيَّتِها لِلَّمْس. فبَعضُ أجزاءِ الجِسْم، كالأصابِعِ والشَّفَتَين، هي أكثرُ حساسيَّةً لِلَّمْسِ بِكَثير من أجزاءٍ أُخرى لأنَّها تحوي عددًا أكثرَ من مِحَسَّاتِ المَسّ.

تَسْتَشْعِرُ المِحَسَّاتُ في الجِلْدِ المَسَّ والألَمَ والدَّبْدَبةَ والضَّغْطَ والحرارةَ والبُرودة. فنُعومةُ الفِراءِ، والدَّبْدباتُ الناتِجَةُ عن إمرارِ أصابِعِ اليَدِ على وَرَقةٍ صَنْفَرة، والضَّغْطُ الناتِجُ عن حَمْلِ وَزْنٍ ثَقيل، والألَمُ الناتِجُ عن الوُقوفِ على رأسٍ مُدَبَّب، والحرارةُ الصادِرةُ عن لَهَب، والبُرودةُ المُسْتَشْعَرةُ عندَ غَمْسِ اليَدِ في ماءٍ مُثَلَّج – كُلُّها تُحَسُّ باستِثارةِ المِحَسَّاتِ في الجِلْد.

مِحَسَّاتُ المَسِّ والضَّغْطِ الخَفيفَيْن توجَدُ في الجُزْءِ العُلْويِّ من أَدَمةِ الجِلْد، فيما تَتواجَدُ مِحَسَّاتُ المَسِّ والضَّغْطِ الشَّديدَيْن الأكبرُ حجمًا أعمقَ في الأَدَمة. هذه المِحَسَّاتُ في مُعظَمِها مَحْصورةٌ في مَحابِظَ، باستِثناءِ المِحَسَّاتِ التي تَسْتَشْعِرُ الحرارةَ والبُرودةَ والألَمَ التي هي نِهاياتُ أعصابٍ مُتَشَعِّبةٌ على مَقْرُبةٍ من المَوصِلِ بين البَشَرة والأَدَمة. والمَعْلوماتُ المُسْتَشْعَرةُ من جميعِ المِحَسَّاتِ المُخْتَلِفة تَنْطَلِقُ كدَفَعاتٍ كهربائيَّةٍ عَبْرَ الأعصابِ إلى الباحَةِ الحِسِّيَّةِ في المُخِّ (الجُزْءِ الرئيسيِّ من الدِّماغ). فيُؤَوِّلُ الدِّماغُ هذه الدَّفَعاتِ كصُورةٍ حِسِّيَّةٍ لِبيئةِ الشَّخْصِ المُحيطة تَتضمَّنُ مَعْلوماتٍ عن الضَّغْطِ والدِّفْءِ مثلًا. بينما تُنَبِّهُ إحساساتُ الألَمِ الجِسْمَ حولَ الأخْطارِ المُحْتَمَلة.

التَّعَوُّد

عندما يَرْتَدي الشخصُ ثيابَه صَباحًا، فإنَّه يُحِسُّ بها وهي تُسْحَبُ على جِلْدِه. لكِنَّه بعدَ فَتْرةٍ وَجيزةٍ لا يعودُ يُحِسُّ بوُجودِها على جِسْمه. فَقْدُ الإحساسِ هذا يُسَمَّى التَّعَوُّد، إذْ يَعْتادُ الجِلْدُ على استِثارةِ المَلابس، فيَتوقَّفُ عن إرسالِ الدَّفَعاتِ العصبيَّة إلى الدِّماغ. ظاهِرةُ التَّعَوُّدِ هذه مُهِمَّةٌ لأنَّ بدونها كانتِ المَلابسُ تظَلُّ تَسْتَثير الجِلْدَ وتُهَيِّجُه طَوالَ النَّهار.



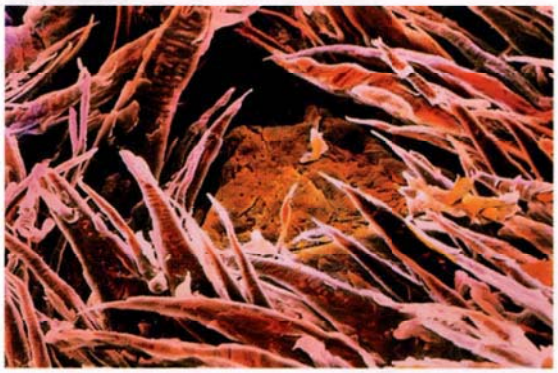
هذا المَقْطَعُ عَبْرَ الجِلْدِ يُبَيِّنُ مُخْتلِفَ نِهاياتِ الأعصابِ الحِسِّيَّة. هذه النِّهاياتُ تَسْتَشْعِرُ المَسَّ والضَّغْطَ والألَمَ والحرارةَ والبُرودة. ومنها تَنْقُلُ الأليافُ العصبيَّةُ الدَّفَعاتِ من المِحَسَّاتِ إلى الدِّماغ.

اُنْظُر أيضًا

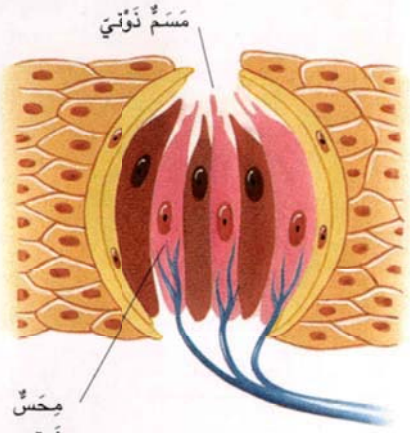
الجِلْدُ والشَّعْرُ والأظافِر
ص 100 – 101
الدِّماغُ والجُمْلَةُ العصبيَّة
ص 108 – 109
الذَّوْقُ والشَّمُّ ص 113

الذَّوْقُ والشَّمُّ

الذَّوْقُ والشَّمُّ حاسَّتان مُتَرابِطتان – كلاهما تَسْتَشِفُّ الكيماويَّاتِ في الطَّعامِ أو في الهواء. وهُما، معًا، يُمَكِّنانِ النَّاسَ من استِشْعارِ وتعَرُّفِ مدًى واسِعٍ من النَّكَهات.



مَنْظَرٌ مُكَبَّرٌ 180 مرَّةً لِسَطْحِ اللِّسانِ العُلْويِّ يُبَيِّنُ حُلَيْماتٍ خيطيَّةً مؤسَّلةً (مُدبَّبة) تُحيطُ بِحُلَيْمةٍ فُطريَّةِ الشَّكْل (باللَّونِ البُرتقاليِّ المُصفَرّ) على جوانبِها براعِمُ ذَوْق.



خليطُ المِحَسَّاتِ الذَّوْقيَّةِ وخلايا الحَشْوَةِ المُلَفَّفَةُ معًا في بُرْعمِ الذَّوقِ هذا أشْبَهُ بحُزَمِ بُرتُقالة. يَسْتَشِفُّ بُرْعمُ الذَّوقِ الكيماويَّاتِ المُذابةَ في اللُّعابِ الدَّاخلِ عَبْرَ مَسَمِّ الذَّوقِ الذي هو الفُتْحَةُ إلى سَطْحِ اللِّسان.

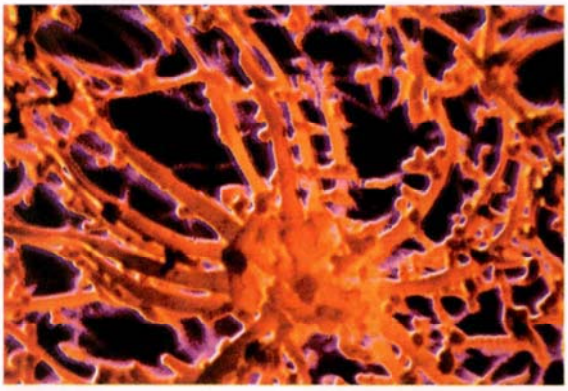
عُضْوُ الذَّوقِ هو اللِّسان، الذي يَنْتَشِرُ على سَطْحِه العُلْويِّ حوالى 10 000 بُرْعمِ ذَوْق. بَراعِمُ الذَّوق تَسْتَشِفُّ أربعةَ مَذاقاتٍ أساسيَّة – هي الحُلْوُ والحامِضُ والمِلْحُ والمُرُّ. الأطعِمةُ المُرَّةُ المَذاقِ قد تكونُ سامَّةً ويُمكِنُ بَصْقُها.

تَتواجَدُ براعِمُ الذَّوق على جوانِبِ نواتِئَ دَقيقةٍ تُغَطِّي اللِّسانَ تُسَمَّى حُلَيْمات. الحُلَيْماتُ فُطْريَّةُ الشَّكْل أشْبَهُ بعَيْشِ الغُراب. وهناك منها سَبْعٌ أو ثماني حُلَيْماتٍ كبيرةٍ مُسَنَّمةٍ في مُؤخَّرة اللِّسان. والحُلَيْماتُ الخَيطيَّةُ الشَّكْل عديمةُ براعِمِ الذَّوق فتَنْتَصِرُ مُهِمَّتُها على قَبْضِ الطَّعام أثناءَ المَضْغ. عندَ وصولِ كيماويَّاتِ الطعام المُذاب إلى بُرْعم الذَّوق، تُرْسِلُ الخلايا الحِسِّيَّةُ دَفَعاتٍ عصبيَّةً إلى الدِّماغ.

تَتوَزَّعُ براعِمُ الذَّوقِ في نُطُقٍ على اللِّسان: ذوَّاقةُ الحَلاوةِ في مُقدِّمة اللِّسان، ومُسْتَشِفَّةُ المَرارةِ في مُؤخَّرته ومُسْتَشْعِرَةُ المُلوحةِ والحُموضة على أمْتِدادِ جانِبَيْه. كما تتواجَدُ على اللِّسان أيضًا مُسْتَقبِلاتٌ تَسْتَشْعِرُ الحرارةَ والبُرودةَ، وأُخْرَ تَسْتَشْعِرُ الحَرافةَ للأَطْعِمةِ التَّابليَّة.

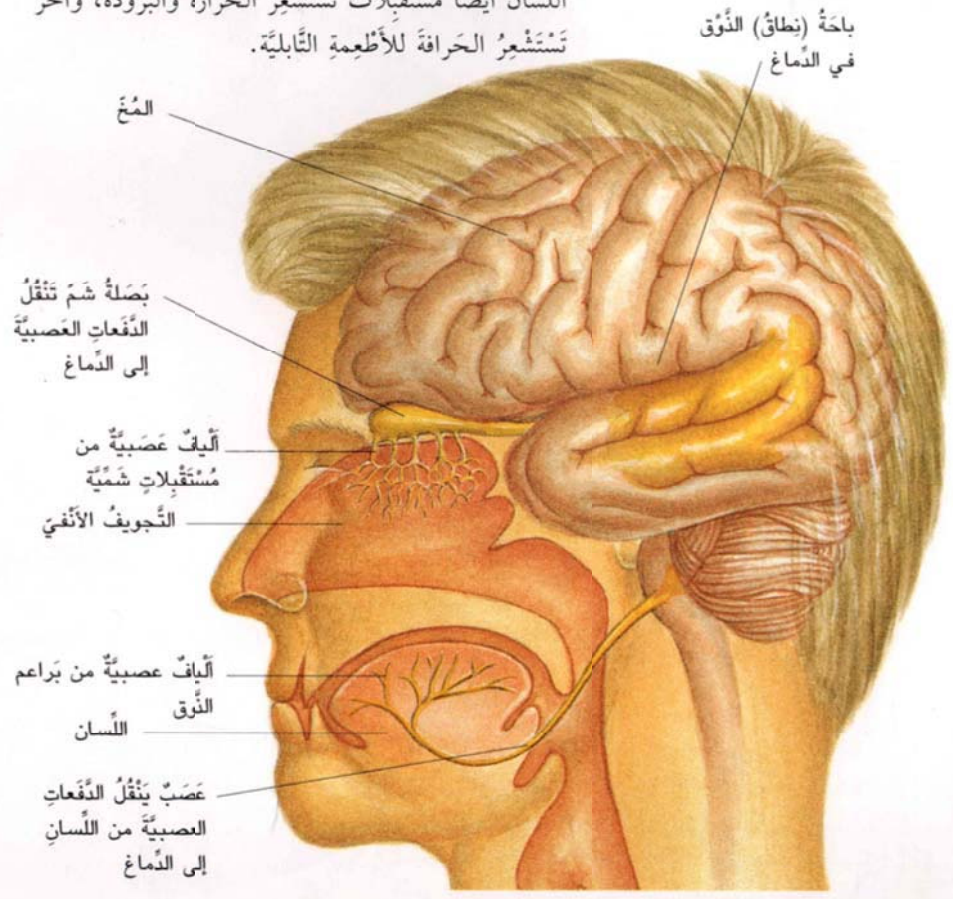
الشَّمُّ

حاسَّةُ الشَّمِّ تُمَكِّنُ الناسَ من الاستِمْتاع بالطَّعام ومن تجَنُّبِ الموادِّ الخَطِرةِ في الهواءِ والمأكولات. ويَسْتطيعُ البَشَرُ تَبَيُّنَ أكثرَ من 10 آلاف ضَرْبٍ من الروائحِ المُخْتلِفة. ويتواجد حوالى 10 ملايين مُسْتَقْبِلٍ شَمِّيٍّ في الجُزْءِ العُلْويِّ من التَّجْويفِ الأنْفيِّ في رُقْعتَيْن ظِهاريَّتَيْن (بِطانيَّتين) كُلٌّ منهما بِحَجْم طابعِ البريد. ويَحْوي كُلُّ مُسْتَقْبِلٍ حوالى 20 هُدْبَةً شَعْريَّةَ الشَّكْل. عندَ اسْتِنْشاقِ الهواء، تَذُوبُ جُزَيْئاتٌ منه في المُخاطِ المائيِّ وتَرْتَبِطُ بالأهْداب. والمَعروفُ أنَّ الشَّمَّ يُهَيْمِنُ على الذَّوْق؛ فالزُّكامُ الشديدُ يجعَلُ الطعامَ تَفِهًا عديمَ النَّكْهَة.



▲ أهْدابٌ شَعْريَّةُ الشَّكْل (مُكَبَّرةٌ 285 10 مرَّةً) تَتَشعَّبُ من مُسْتَقْبِلٍ شَمِّيٍّ في التَّجْويفِ الأنْفيِّ العُلْويّ. عندما تَمَسُّ هذه الأهدابَ جُزَيْئاتٌ «ذاتُ رائحة»، تُرْسِلُ هذه الأهدابُ دَفَعاتٍ عصبيَّةً شمِّيَّةً إلى الدِّماغ.

► تَتواجَدُ براعِمُ الذَّوق على السَّطْح العُلْويِّ لِلِّسان. تَنْطلِقُ الدَّفَعاتُ العصبيَّةُ من هذه البراعِم عَبْرَ الأعصابِ إلى باحَةِ الذَّوْق في الدِّماغ. وتَتواجَدُ المُسْتَقْبِلاتُ الشمِّيَّةُ في الجُزْءِ العُلْويِّ من جانبَي التَّجْويفِ الأنْفيّ. الدَّفَعاتُ العصبيَّةُ من هذه المُسْتَقْبِلاتِ تُرْسَلُ إلى جُزْءِ الدِّماغ المُخْتَصّ بتَعْيين ماهيَّةِ الرَّوائح.

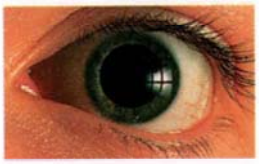


أُنْظُر أيضًا

الدِّماغُ والجُمْلةُ العَصَبيَّة ص 108 – 109
العَيْنان والإبصار ص 114 – 115
الأُذُنان والسَّمْع والتَّوازُن ص 116 – 117

العَيْنان والإبْصار

الإبْصارُ حاسَّةٌ بالِغةُ الأهمِّيَّة. فالعَيْنانِ تَسْتَشْعِران الضَّوءَ من الأشياءِ المُحيطة بالجِسْم وتُرْسِلان إلى الدِّماغ رسائلَ تُمَكِّنُ الشَّخْصَ من الرُّؤية.



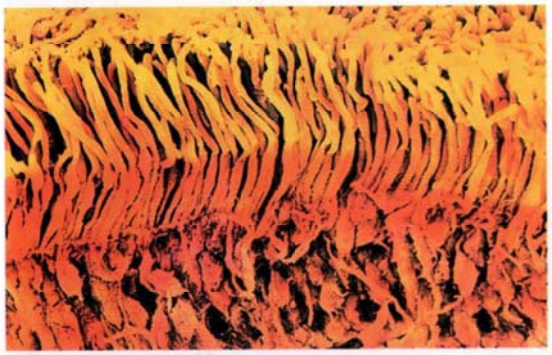
البُؤْبُؤ فُتْحةٌ تُتيحُ لأشِعَّةِ الضَّوءِ دُخولَ العَيْن. في الضَّوءِ الخافِتِ تعمَلُ القُزَحيَّةُ المُلَوَّنةُ على توسيع البُؤْبُؤ.

في الضَّوءِ السَّاطِعِ تُضَيِّقُ القُزَحيَّةُ البُؤْبُؤَ لِمَنْعِ فَيْضِ الضوءِ من دُخولِ العَيْن وإتلافِ الشبكيَّة.

العَيْنانِ فائقتا الأهمِّيَّة للإنسان وغَيْرِه من الحيوان. فهما تُزَوِّدان الدِّماغَ بِوَفْرةٍ من المَعْلومات حولَ بيئةِ الجِسْم ومُحيطِه. الطبقةُ الشَّكيَّةُ التي تُبَطِّنُ قاعَ العَيْن تَحْوي المُسْتَقْبِلاتِ الضوئيَّة – وهي خلايا حِسِّيَّةٌ يَسْتَثيرها الضَّوءُ. هذه المُسْتَقْبِلاتُ تُؤلِّفُ حولى 70 بالمئة من مجمَل المُسْتَقْبِلاتِ الحِسِّيَّةِ في الجِسْمِ البَشَريّ. وفي ذلك دَليلٌ على مدَى أهَمِّيَّتِها. تتواجَدُ المُقْلتان داخلَ مَحْجرَيْهما في الجُمْجُمة؛ ويبلُغُ قُطْرُ الواحدةِ منها حولى 2,5 سم، ولا يظهَرُ منها سِوى جُزْءٍ صغيرٍ من مُقَدِّمَتِها. تَتحَرَّكُ كُلُّ مُقْلةٍ بواسِطةِ سِتِّ عَضَلاتٍ خارجيَّة، تُمَكِّنُ الشخصَ من النَّظرِ من جانِبٍ إلى آخَر، كما إلى أعلى وإلى أسْفَل. وتُيَسِّرُ هذه العَضَلاتُ للمُقْلتَيْن حَرَكاتٍ دقيقةً خاطِفَةً تُمَكِّنُ العَيْنَيْن من استِمْراريَّةِ تفَرُّسِ مُحيطِهما.

البُقْعة العَمْياء

البُقْعةُ العَمْياء هي منطقةٌ صغيرةٌ في شبكيَّةِ العَيْن، حيثُ يَدْخلُها العَصَبُ البَصَريّ. وهي خاليَةٌ من المِحَسَّاتِ



هذا مَقْطعٌ عَبْرَ الشبكيَّةِ – طَبَقةِ العَيْن الحَسَّاسةِ للضَّوء. النَّبابيتُ والمَخاريطُ (المُبَيَّنة بالأصفر) تَسْتَجيبُ للضَّوءِ وتُرْسِلُ إلى الدِّماغ رسائلَ عَبْرَ الألياف العصبيَّة (المُبَيَّنة بالقَرَنْفُلي).

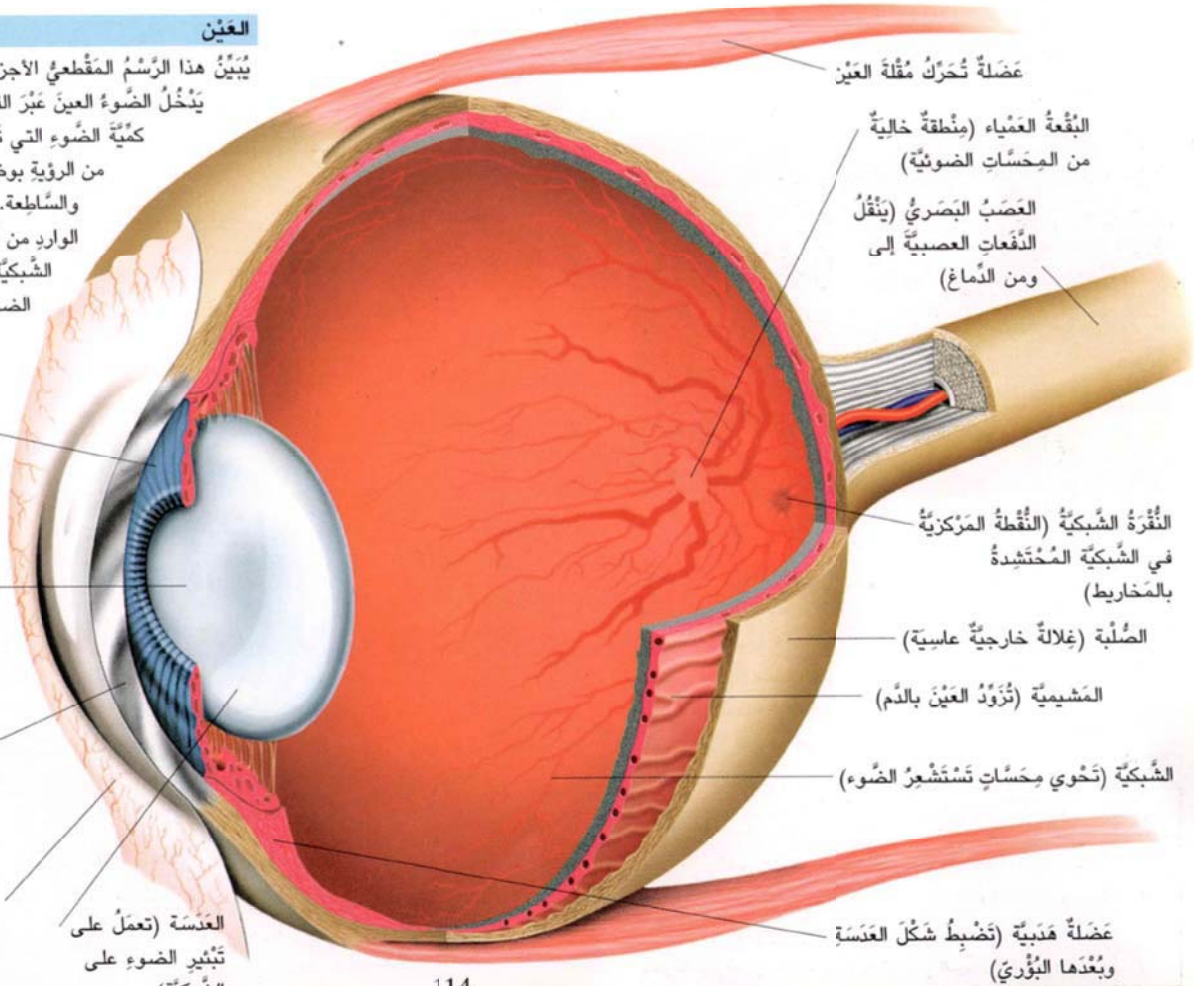
الضوئيَّة. وهذه البُقْعةُ لا تُعيقُ الإبصار. والناسُ عادةً لا يَشعرون بأيِّ تأثيرٍ لها لأنَّ الدِّماغَ يَتعَمَّدُ «تَجاهُلَها».

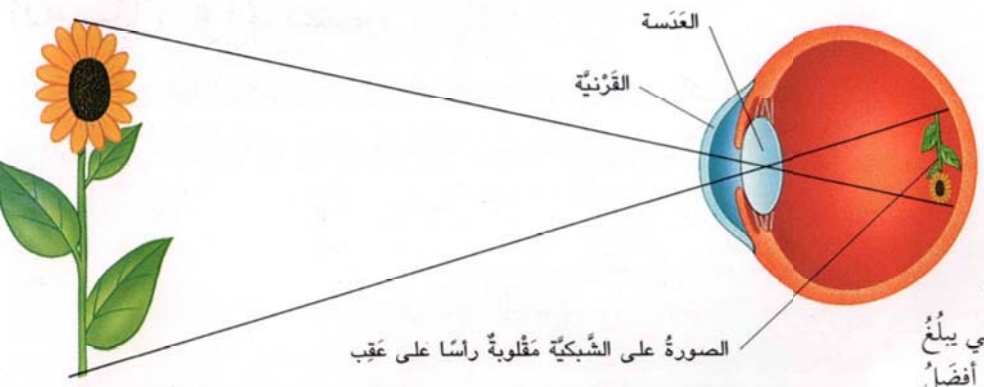
الإبْصار

تنكَسِرُ (تَنْحني) أشِعَّةُ الضَّوءِ الدَّاخلةُ إلى العَيْن بواسطةِ القَرْنيَّةِ والعَدَسةِ بحيثُ تَتَبَأَرُ على الشَّبكيَّة. العَضَلتانِ الهَدَبيَّتانِ تَضْبِطان سماكةَ العَدَسةِ لِتَبْئيرِ الضَّوءِ من الأجْسامِ القَريبةِ والبَعيدة. وتتحكَّمُ القُزَحيَّةُ في كَمِّيَّةِ الضَّوءِ الداخلةِ إلى العَيْن – إذْ يقومُ نَسيجُها العَضَليُّ على الدَّوامِ بتَعْديلِ

العَيْن

يُبَيِّنُ هذا الرَّسْمُ المَقْطعيُّ الأجزاءَ الداخليَّةَ والخارجيَّةَ للعَيْن. يَدْخُلُ الضَّوءُ العينَ عَبْرَ القَرْنيَّةِ الشَّفَّافة؛ فتَضْبِطُ القُزَحيَّةُ كَمِّيَّةَ الضَّوءِ التي تَعْبُرُ البُؤْبُؤَ بحيثُ يَتمكَّنُ الناظِرُ من الرؤيةِ بوضوحٍ في حالتَي الإنارة الخافِتَة والسَّاطِعة. وتقومُ العَدَسةُ بتَبْئير الضَّوءِ الواردِ من الأجْسامِ القَريبةِ أو البَعيدةِ على الشَّبكيَّةِ المُحْتَشِدةِ بالمُسْتَقْبِلاتِ الضوئيَّة (المِحَسَّاتِ الضوئيَّة).





اتِّساعِ بُؤبُؤِ العَيْن، فتُوَسِّعُه لإدخال مَزيدٍ من الضوءِ الخافِتِ أو تُضيِّقُه لِمَنْعِ الضَّوءِ الساطِعِ من إتلافِ الشَّبكيَّة.

الشَّبكيَّةُ طَبقةٌ رَقيقةٌ من المِحَسَّاتِ الضَّوئيَّةِ بشَكْلِ نَبابيتَ ومَخاريط. فالنَّبابيتُ، التي يبلُغُ عدَدُها 120 مليونًا حسَّاسةٌ للأبيض والأَسْودِ فقط، فلا تكشِفُ الألوانَ. لكِنَّها تَسْتَجيبُ للضَّوءِ الخافت؛ وهذا يجعَلُها مُهِمَّةً للإبْصار اللَّيليّ. أمَّا المَخاريطُ، التي يبلُغُ عدَدُها ستَّةَ مَلايين، فقادرةٌ على تَبَيُّنِ الألْوان، وهي أفضَلُ عمَلًا في الضَّوءِ السَّاطِع. تتواجَدُ مُعظَمُ المخاريط في البُقْعةِ الشَّبكيَّة التي تُوَلِّدُ الصُّوَرَ الأكثرَ وُضوحًا وتَفاصيلَ. هنالك ثلاثةُ أنواعٍ من المَخاريط تتبَيَّنُ الضَّوءَ الأخضرَ والأحمرَ والأزرقَ على التوالي. عندما نَسْتَشْعِرُ النَّبابيتُ والمَخاريطُ الضَّوءَ، تُوَلِّدُ دَفَعاتٍ عصبيَّةً تَنْطَلِقُ عَبْرَ العصبِ البَصَريِّ إلى النُّطُقِ (الباحاتِ) البَصَريَّة في مُؤخَّرةِ المُخِّ – الجُزْءِ الرئيسيِّ من الدِّماغ – حيثُ يتِمُّ تَقْويمُ الصُّوَرِ وتأويلُها. كُلٌّ من العَيْنَيْن بِحُكم مَوْضِعها تَتَبَيَّنُ مَنْظرًا مُخْتلِفًا قليلًا؛ والدِّماغ يَستَخْدِمُ هذه الفُروقَ لِيُوَلِّدَ صُورةً مُجَسَّمةً (ثُلاثِيَّةَ الأبعاد) تُمَكِّنُ الناظِرَ من تَقْديرِ المَسافات.

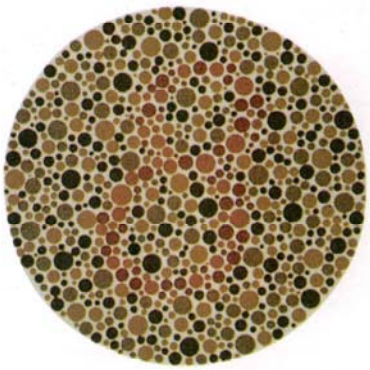
عُيوبُ الإبْصار

الحَسَرُ، أو قِصَرُ البَصَر، هو عدمُ القُدرة على رؤيةِ الأجسامِ البَعيدةِ بوُضوحٍ لأنَّ أشِعَّةَ الضوءِ الواردةَ منها تَتبأَّرُ قَبْلَ وُصولِها إلى الشَّبكيَّة، فترى لصورةُ غَبِشَةً. ويَنْتُجُ ذلك إمَّا عن طولِ المُقلة أو شِدَّة تحَدُّب العدسة. يُمكِنُ تَصْحيحُ الحَسَرِ بِوَضْعِ عَدسةٍ مُزْدَوجةِ التقَعُّر أمامَ العَيْن.

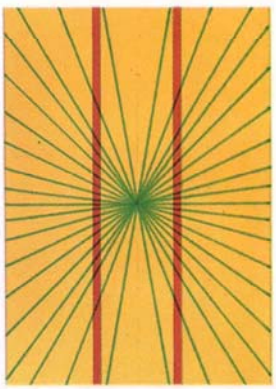
مَدُّ البَصَر (طُولُ البَصَر) هو عدَمُ القُدرة على رؤية الأجسامِ القَريبةِ بِوُضوح لأنَّ أشِعَّةَ الضوءِ الواردةَ منها تتبأَّرُ «خَلْفَ» الشَّبكيَّة، مكوِّنةً صُورةً غَبِشَة. ويَنْتُج ذلك عن قِصَرِ المُقْلَةِ أو قصور تحَدُّبِ العَدسة. ويُمكِنُ تَصْحيحُ مَدِّ البَصَر بوَضْعِ عَدسةٍ مُزْدَوجةِ التحَدُّب أمامَ العَيْن. أمَّا قُصُوُّ البَصَر الشيخوخيّ فهو نوعٌ من طولِ البَصَرِ الذي قد يُرافِقُ الشيخوخةَ بقُصور قُدرةِ العين على التكيُّف والتَّبْئيرِ على الأَجْسامِ القريبة، فيُحتاجُ إلى النَّظَّارات للقراءَة وأداءِ الأعمال عن قُرْب.

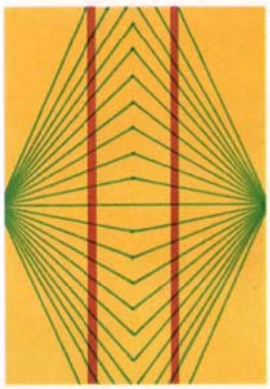
عَمَى الألْوان هو قُصورٌ عن التَّمْييزِ بينَ ألوانٍ مُعَيَّنةٍ كالأحمر والأخضرِ مثلًا؛ وهو أكثرُ شيُوعًا في الرِّجالِ مِنهُ في النِّساء.

عندما يَدْخلُ الضَّوءُ من جِسْمٍ إلى العَيْن، تُبَئِّرُه القَرْنِيَّةُ والعَدسةُ، لتكوينِ صُورةٍ واضِحةٍ على الشَّبكيَّة، لكِنْ مَقْلوبةٍ رأسًا على عَقِب. وعندما تُستَثارُ مِحَسَّاتُ الشَّبكيَّة بهذا الضَّوءِ، تُرْسِلُ المِحَسَّاتُ رسائلَ عصبيَّةً إلى الدِّماغ؛ وهناك «تُرى» الصُّورةُ قائمةً.



هذا النَّسَقُ من النِّقاطِ يَخْتَبِرُ عَمى الألْوان – أي عدمَ القُدرةِ على تمييزِ ألوانٍ مُعَيَّنة. أعْمَى الألوان يَفْتَقِرُ إلى أحدِ أنواعِ المَخاريط (مِحَسَّات اللَّون) التي تَسْتَشعِرُ الضوءَ الأحمرَ أو الأخضرَ أو الأزرق. وعَمَى الألْوان الأكثرُ شيُوعًا هو عَمَى اللَّونَيْن الأحمرِ والأَخْضر – بحيثُ لا يُمكِنُ التمييزُ بَيْنَهُما. فإذا استطعْتَ رُؤيةَ الرَّقْم ثمانية في هذا النَّسَق، فأنتَ لَسْتَ مُصابًا بعَمَى الألْوان – الأكثرَ شيُوعًا بين الذُّكورِ منه بينَ الإناث.

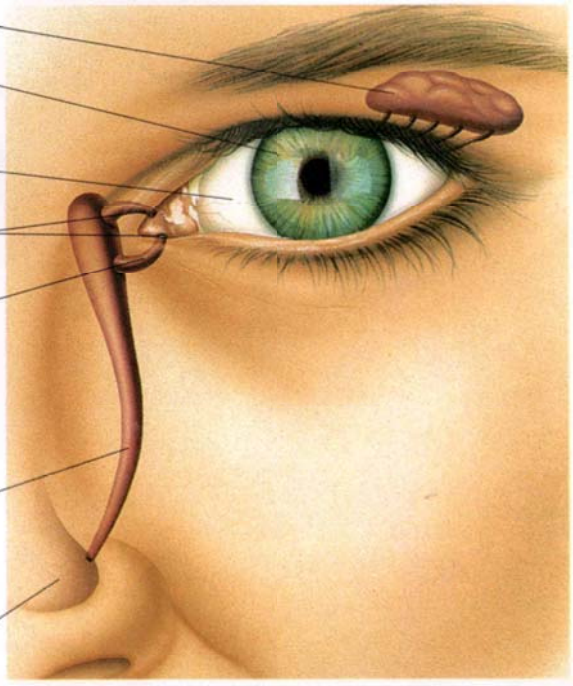




الخُدَعُ البَصَريَّةُ صُوَرٌ تَخْدَعُ الدِّماغ. في هذين الرَّسْمَين كِلا الخَطَّين الأحمرَيْن مُسْتَقيمانِ تمامًا؛ لكِنَّهما يَبْدوان مُقَوَّسَيْن قليلًا نحوَ الداخِل (يَمينًا) أو نحوَ الخارِج (يَسارًا).

اُنْظُر أيضًا

الدِّماغُ والجُمْلةُ العَصبيَّة ص 108 – 109
اللَّمْس ص 112
الذَّوْقُ والشَّمّ ص 113



▲ الغُدَدُ الدَّمْعيَّةُ تُفْرِزُ الدَّمعَ الذي يَنْتَشِرُ على سَطْحِ العَيْن عندما تَطْرِفُ، فتُزيلُ القَذارةَ والغُبار. ويحوي الدمعُ أيضًا مادَّةَ اللَّيْسُوزَيْم الكيماويَّةَ المُبيدَةَ للبَكتيريا. تَنْصرِفُ الدُّموعُ عَبْرَ فُتْحتَيْن في زاويةِ العَيْن وتُفْرَغُ في الأنْف.

الأُذُنان والسَّمْعُ والتَّوازُن

تَسْتطيعُ الأُذُن البَشَريَّةُ تَبيُّنَ ما يزيدُ على 400 000 من الأَصوات المُختلِفة. وبالإضافةِ إلى قيامِ الأُذُنَيْن باستِشْعار الصوت فإنَّهما تُؤدِّيان دَورًا مُهمًّا في توازُنِ الجِسْمِ ووَضْعِته.

معظمُ أجزاءِ الأُذُنِ تَقْبَعُ مَخْفيَّةً داخلَ العَظْم الصُّدْغيِّ للجُمْجُمة. والجُزءُ الظاهِرُ منها وهو الصِّوان يُوَجِّه المَوْجاتِ الصوتيَّةَ إلى داخلِ القناةِ السَّمْعيَّة – التي تُفْرِزُ مادَّةً شَمْعيَّةً مُنَظِّفةً تُسَمَّى الصِّمْلاخ. الأُذُنُ الوُسْطى المليئةُ بالهواءِ تَحُدُّها طَبْلةُ الأُذُن من جانبٍ والنَّافذةُ البيضويَّةُ من الجانب الآخر. ومَنْفذُها الوحيدُ هو عَبْرَ النَّفير (قناةِ أُستاكيُوس) المُوصِل إلى الحَلْق. وبواسِطتِه يتأمَّنُ بقاءُ الضَّغْطِ مُتساويًا على جانبَي طَبْلة الأُذُن. وفي حالِ انعدامِ هذا التساوي لا يتَسَنَّى لِطَبْلةِ الأُذُنِ التذَبْذبُ كما يَنْبغي، فيَخْتَلُّ السَّمْع. ويَحْدُثُ ذلك بسبب تغَيُّراتِ الضغط الفُجائيَّة – كما يحصُل عندَ دُخولِ قِطارٍ في نَفَق. ويُمكنُ تَسريعُ عَودةِ هذا التساوي بين الضغطين على جانبَي الطبلة بالتَّثاؤب أو المَضْغ – فيَنْدفعُ الهواءُ من الحَلْقِ إلى داخلِ النَّفير أو إلى خارِجه بِفَقْعةٍ مَحسوسَة يَتساوى معها الضغطان، ويعودُ السَّمْعُ سَويًّا. الأُذنُ الداخليَّةُ تَضُمُّ مُسْتَقْبِلاتٍ صوتيَّةً تتَّصِلُ بالدِّماغ؛ وهي مَليئةٌ بالمائع ومُحْكَمةُ السَّدِّ داخِلَ بِنْيةٍ عَظْميَّة.

يتولَّدُ الصَّوتُ من تمَوُّجاتٍ مُتَعاقبةٍ من الضَّغط العالي والخَفيض تَمُرُّ عَبْرَ الهواءِ كما تَنْتشرُ التمَوُّجاتُ عَبْرَ بِرْكةٍ عندَ إسقاطِ حَجَرٍ في الماء. هذه التمَوُّجاتُ التضاغُطيَّة تدخُلُ الأُذُنَ حيثُ تَسْتَشعِرُها مِحَسَّاتُ السَّمْع، وتَبْعَثُها رَسائلَ عصبيَّةً إلى الدِّماغ الذي يُؤَوِّلُها أصواتًا.

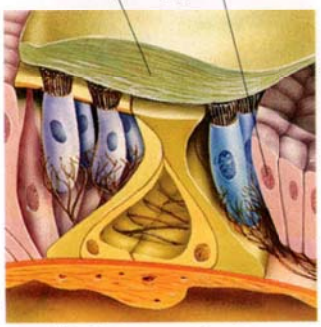
كيفَ نَسْمَع

تَنْطلِقُ التمَوُّجاتُ الصوتيَّةُ من مَصْدرِ الصَّوتِ الذي يُحدِثُها، كجهازِ راديو مثلًا، فتَدْخلُ الأُذُنَ عَبْرَ القَناةِ السَّمْعيَّة (الصِّماخ) فتَتَذبذبُ طَبلةُ الأُذُن، وهي القِطْعةُ الجِلْديَّةُ المَشْدودةُ في نهايةِ هذه القناة، عندما تَصْدِمُها التمَوُّجاتُ الصوتيَّة. وتنقُل طَبلةُ الأُذُن هذه الذَّبْذباتِ إلى العُظَيْماتِ السَّمْعيَّةِ الثَّلاث – المِطْرقة والسِّندان والرِّكاب – في الأُذُنِ الوُسْطى. وبتَذَبْذُبِ هذه العُظَيْمات يُحَرِّك العَظْمُ الرِّكابيُّ الغِشاءَ الذي يُغَطِّي النافذةَ البَيْضَويَّةَ شدًّا ودَفْعًا. فتُحْدِثُ هذه الحَرَكةُ ذَبْذباتٍ في مائعِ الأُذُنِ الدَّاخليَّة تَسْتَشْعِرُها المِحَسَّاتُ في القَوقَعة. وهٰذه، بِدَورها، تُرسِلُها دَفَعاتٍ عصبيَّةً إلى الدِّماغ، حيثُ يَتِمُّ تأويلُها فيَسْمَعُ الشَّخْصُ الصَّوتَ. الأصواتُ الأعلَى تُحدِثُ ذَبْذباتٍ أكبرَ في المائع. الأَصْواتُ العاليَةُ الطَّبَقةِ تُسْتَبانُ بِجُزْءِ القَوقعةِ القريبِ من النافذة البَيْضويَّة، فيما تُسْتبانُ الأصواتُ الخَفيضةُ الطَّبَقةِ بطَرفِ القَوقعةِ المُلتَفّ.

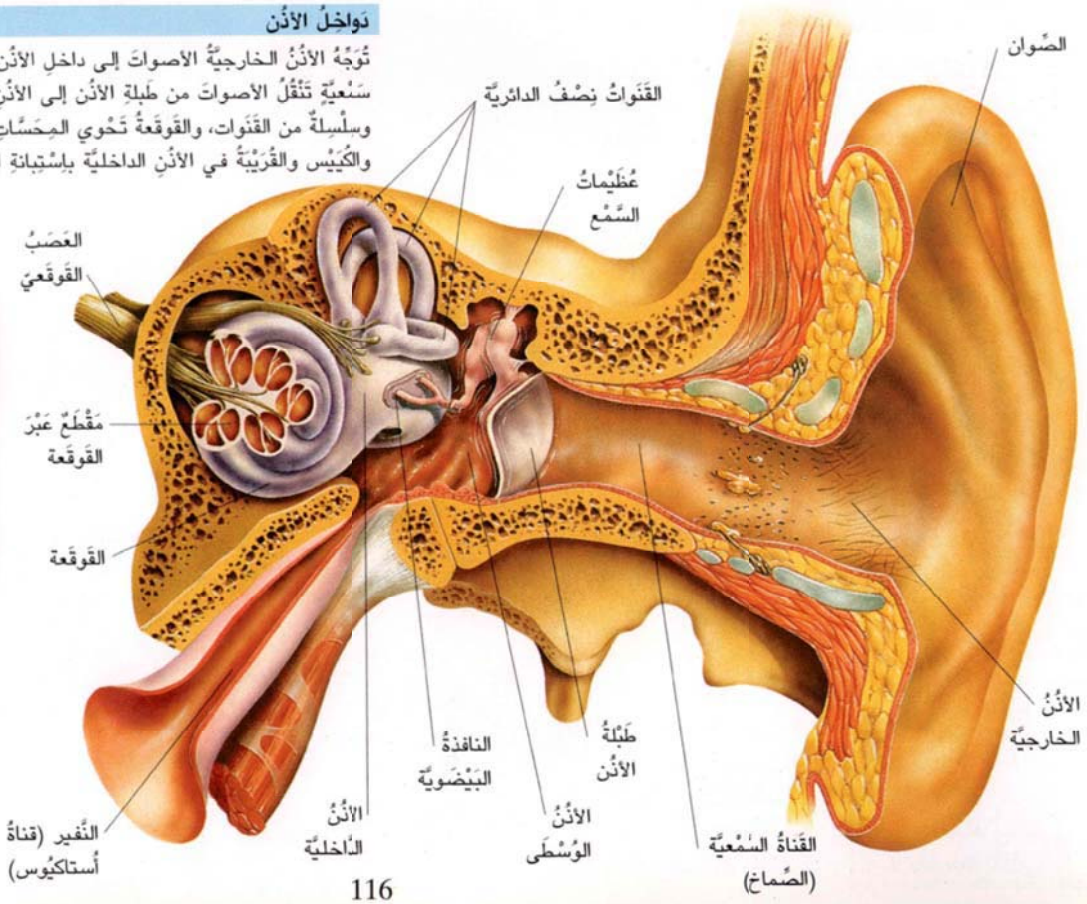
عادةً تصِلُ التمَوُّجاتُ الصوتيَّةُ إلى إحدى الأُذُنَيْن قَبْلَ الأُخرى بأجزاءٍ من الثانية. ومن هذا الفَرْقِ الزَّمَنيِّ الضئيلِ جِدًّا، يَسْتطيعُ الدِّماغُ تحديدَ جِهَةِ مَصْدرِ الصَّوْت.

دَواخِلُ الأُذُن

تُوَجِّهُ الأُذُنُ الخارجيَّةُ الأصواتَ إلى داخلِ الأُذُن. الأُذُنُ الوُسْطَى تَعْتَرِضُها ثلاثُ عُظَيْماتٍ سَمْعيَّةٍ تَنْقُلُ الأصواتَ من طَبلةِ الأُذُن إلى الأُذُنِ الداخليَّة. الأُذُنُ الداخليَّةُ يملؤها مائعٌ وسِلْسِلةٌ من القَنَوات، والقَوقَعةُ تَحْوي المِحَسَّاتِ الصوتيَّة. وتقومُ القَنَواتُ نِصْفُ الدائريَّة والكُيَيْس والقُرَيْبَةُ في الأُذُنِ الداخليَّة بإسْتِبانةِ الحَرَكةِ والوَضْعَة وتوازُنِ الجِسْم.



▲ تَتبَيَّنُ الخلايا الشَّعْريَّةُ في القَوقَعةِ التغَيُّراتِ الضَّغْطيَّةَ التي تَحْدُثُ عندَ وُصُولِ الأصواتِ إلى الأُذُن. هذه التغَيُّراتُ تَثْني الخُيَيْطاتِ الشعريَّةَ لتلك الخلايا، فتُرْسِلُ الخلايا بدَورها دَفَعاتٍ عصبيَّةً إلى الدِّماغ عَبْرَ العَصَبِ القَوقَعيّ.



هذه التَّفْريسَةُ بالتصوير الطَّبقيّ الحاسُوبيّ (ت ط ح) تُبَيِّنُ مَقْطعًا عَبْرَ أُذُنٍ حَيَّةٍ. القَناةُ السَّمْعيَّةُ (بالأبيض) تمتَدُّ من اليَسارِ إلى الوَسَط؛ وعُظَيْماتُ السَّمْعِ المُبْرَزةُ بشِدَّة النُّور في الوَسَط. أمّا المناطقُ الرَّماديَّةُ المُرَقَّشةُ الأضخَمُ فهي عِظامُ الجُمْجُمة.

هذا المَنْظرُ للأُذُنِ الداخليَّة (المُكَبَّرُ 2074 مرَّةً) يُبَيِّنُ مِنْطقةَ القَوقَعةِ التي تَسْتَشْعِرُ الأصوات. فالأصواتُ التي تَصِلُ النوقعةَ تُحدِثُ نَبْذباتٍ في المائعِ القَوقَعيّ – فَتَنْثَني خُيَيْطاتُ الخلايا الشَّعْريَّةُ (الصَّفراء على شكل V)، وتُرسِلُ هذه الخلايا رَسائلَ عَصَبيَّةً إلى الدِّماغ.

الأُذُنان والتَّوازُن

مِحَسَّاتُ التَّوازُن تَتَواجدُ ضِمْنَ الأذُنِ الداخليَّة داخلَ بِنْيَتَيْن مُتَّصلتَيْن مليئتَيْن بالمائع تَقعَان بِجِوار القَوقَعة – هما القَنَواتُ نِصْفُ الدائريَّة والدِّهْليز. القَنَواتُ نِصْفُ الدائريَّة الثلاثُ، المُتَعامدةُ واحدتُها مع الأُخريَيْن، تَسْتَشْعِرُ حَرَكاتِ الرأس. وتَنْضوي في قاعدةِ كُلِّ قناةٍ خلايا شَعْريَّةٌ حِسِّيَّةٌ داخلَ قُدَيحٍ هُلاميِّ القَوام. فعند تحَرُّكِ الرأسِ يتحَرَّكُ المائعُ في واحدةٍ أو أكثرَ من هذه القَنَوات ويَثْني القُدَيْحَ وشُعَيْراتِه؛ فتُرسِلُ الخلايا الشَّعْريَّةُ دَفَعاتٍ عصبيَّةً إلى الدِّماغ. وبتَحْليلِ وتحديدِ أيٍّ من القَنَوات نصفِ الدائريَّة أرسلَتِ الرسائلَ العَصَبيَّة، يَسْتطيعُ الدِّماغُ تعَرُّفَ اتِّجاهِ تحَرُّكِ الرأس والجِسْم في أيِّ لَحْظة.

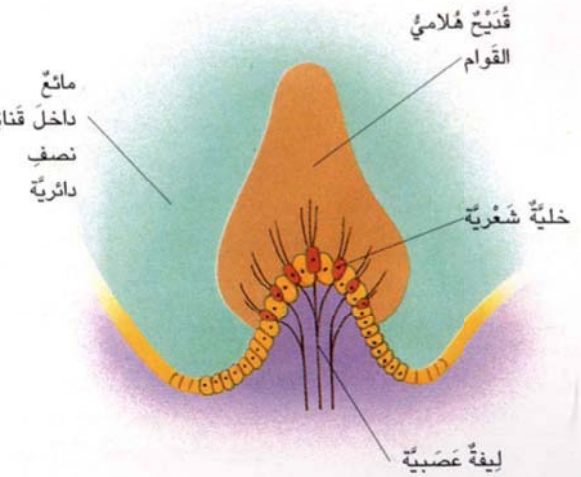
يَحْوي الدِّهْليزُ مِحَسَّي تَوازُنٍ هما القُرَيْبَةُ والكُيَيْس، وكِلاهُما يَحْوي شُعَيْراتٍ حِسِّيَّةً مُنْضويةً في حُصَيَّاتٍ أُذَنِيَّةٍ (أجزاءٍ أُذَنِيَّة مُؤَلَّفةٍ من بِلَّوراتٍ كربونات الكالسيُوم). القُرَيْبَةُ تَتَبَيَّنُ التَّسارُعَ والتَّقاصُرَ السَّريعَيْن، بينما يَتَبَيَّنُ الكُيَيْسُ التغَيُّراتِ في وَضْعِ الرأس. وتَتواجَدُ هذه المَعْلوماتُ مع الرَّسائلِ العَصَبيَّةِ من العَيْنَيْن ومن المِحَسَّاتِ الضَّغْطيَّةِ في القَدَمَيْن ومن المُسْتَقْبِلاتِ في العَضَلاتِ والمَفاصِلِ مُزَوِّدةً الدِّماغَ بصورةٍ كاملةٍ عن وَضْعِ الجِسْم. ومن ثَمَّ، يَسْتطيعُ الدِّماغُ إصدارَ تَعْليماتٍ مُحَدَّدةٍ إلى العَضَلاتِ لِتَعديلِ أوضاعِ الجِسْم للحِفاظِ على وَضْعِه وتَوازُنِه.

مَدى السَّمْع

يَسْتطيعُ البَشَرُ سَماعَ مَدًى واسِعٍ من الأصوات، من الهَمْهَماتِ الخَفيضةِ الطَّبَقة إلى الزَّعَقاتِ الصَّريريَّةِ العاليةِ الطبقة. وتُحَدَّدُ الطَّبَقةُ بِتَرَدُّدِ الصَّوت، أي سُرعةِ توارُد ذُرَى الأمواج الصوتيَّة وتتابُعِها. ويُقاسُ التَرَدُّدُ الصوتيُّ بالهِرْتز (هز)، أو بالنَمُوُّجاتِ الصوتيَّةِ في الثانية.

صِغارُ السِّنِّ يَسْتطيعونَ سَماعَ أصواتٍ تَتَراوحُ تَرَدُّداتُها بين 20 وَ 20 000 هرتز. لكنَّ مدَى الأصواتِ المَسْمُوعة يَقِلُّ مع التقَدُّمِ في السِّنِّ، بحيثُ يَتعَذَّرُ على الشُّيوخ سَماعُ الأصوات الأَعْلى طَبَقةً. بعضُ اللَّبُوناتِ تَسْتطيعُ سَماعَ أصواتٍ عاليةِ الطبقة لا يَسْتطيعُ البَشَرُ سَماعَها. فالخفافيشُ مثلًا تَسْتطيعُ سماعَ أصواتٍ يَتَراوحُ مَداها بين 1000 وَ 120 000 هِرتز، والقِطَط بين 60 وَ 65 000 هِرتز.

▲ تقومُ القَنَواتُ نِصفُ الدائريَّة والقُرَيْبَةُ والكُيَيْسُ بدَورٍ مُهِمٍّ في حفظ التَّوازُن. فهي تُرْسِلُ مَعْلوماتٍ حولَ أوضاعِ الرأس وحَرَكاتِه إلى الدِّماغ. والدِّماغُ يُصْدِرُ تَعْليماتٍ إلى العَضَلاتِ للحركةِ وَتوضيعِ الجِسْمِ بحيث لا يفقِدُ تَوازُنَه ويسقُط.



► يُوجَدُ داخلَ كُلِّ قناةٍ نِصْفِ دائريَّة مليئةٍ بالمائع عُجْرةٌ هُلاميَّةُ القَوام، تُسَمَّى القُدَيح. تَنْضَوي في القُدَيح خلايا شَعْريَّةٌ بحيثُ إذا تحرَّكَ الرأسُ يتحَرَّكُ المائعُ أيضًا، فيَنْثني القُدَيْح. وبانْثِناءِ القُدَيح تُرسِلُ الخلايا الشَّعْريَّةُ فيه رسائلَ عصبيَّةً إلى الدِّماغ تجعَلُ الشَّخْص يُدْرِكُ تحَرُّكاتِه.

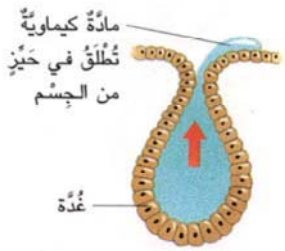
انْظُر أيضًا

العَضَلاتُ والحَرَكة
ص 106 – 107
الدِّماغُ والجُمْلَةُ العَصَبيّة
ص 108 – 109

الهُرْمُونات

مَنظومةُ الغُدَدِ الصمَّاء تُنْتِجُ مَراسيلَ كيماويَّةً تُسَمَّى هُرْمونات، وتُطلقُها في مَجرى الدَّم مُباشَرةً. الهُرْموناتُ المُختلِفةُ تَحْكُمُ عمليَّاتٍ مُختلِفةً كالتَّناسُلِ والنمُوّ.

الغُدَّةُ هي مَجْموعةٌ من الخلايا تُطْلِقُ كيماويَّاتٍ داخلَ الجِسْم أو عليه. الغُدَدُ الصمَّاءُ غُدَدٌ لاقَنَويَّةٌ (أعلاه) تُطْلِقُ هُرْموناتِها في مَجْرى الدَّم مُباشَرةً؛ والدَّمُ يَنْقُلُها إلى جُزْءِ الجِسْم حيثُ تُحْدِثُ تأثيراتِها.

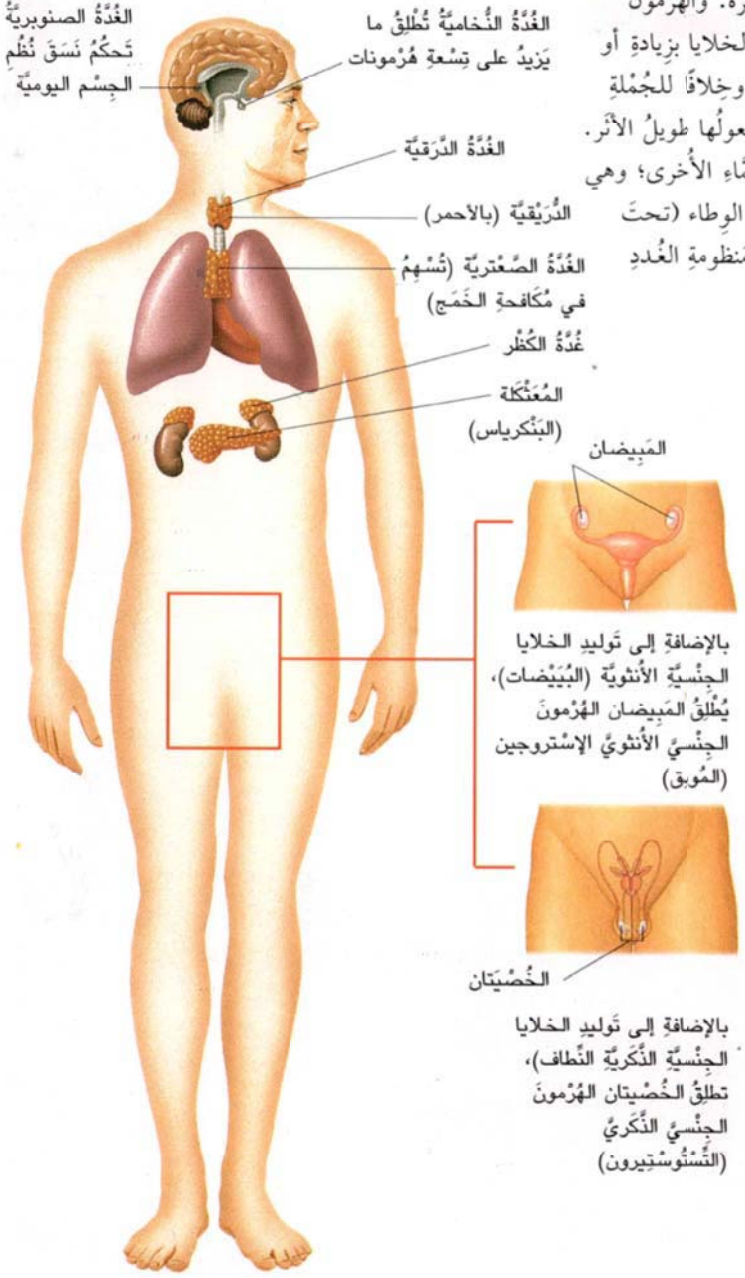


الغُدَدُ الخارجيَّةُ الإفراز، كالغُدَدِ اللُّعابيَّةِ والعَرَقيَّة، تُسَمَّى أيضًا الغُدَدَ القَنَويَّةَ لأنَّها تُطْلِقُ إفرازاتِها، كاللُّعابِ أو العَرَق، عَبْرَ قَنَواتٍ تُفْضي إلى حَيِّزٍ داخلَ الجِسْم أو على سَطْحِه.

تتألَّفُ مَنْظومَةُ أو جُملةُ الغُدَدِ الصمَّاء، وهي لجهازُ الهُرْمونيُّ، من عَدَدٍ من الغُدَدِ الصُّمِّ (اللَّاقنَويَّة) الهُرْمونيَّةِ الإفراز. وهي، مع الجُمْلةِ العَصَبيَّة، تَحكُم وتُنَسِّقُ الكثيرَ من أعمالِ الجِسْم. يَقومُ جهازُ الغُدَدِ الصمَّاء بِدَورٍ رئيسيٍّ في عمليَّتَي التكاثُرِ والنُّموّ، كما يَتحكَّمُ في عِدَّةِ عمليَّاتٍ أُخرى. وهو يعمَلُ بطرائقَ تَختلِفُ كثيرًا عن طرائقِ الجُمْلةِ العَصَبيَّة. ففي الجُملةِ العَصَبيَّة تُنْقَلُ الرسائلُ على شَكْلِ دَفَعاتٍ كهربائيَّةٍ؛ فيما يُطْلِقُ جهازُ الغُدَدِ الصُّمِّ هُرْموناتِه كمَراسيلَ كيماويَّةٍ في مَجْرى الدَّمِ مُباشَرةً. والهُرْمونُ المَنقولُ بالدَّم إلى هَدَفِه، يُبَدِّلُ أنشِطةَ الخلايا بزيادةِ أو تَبْطئةِ سُرعةِ العمليَّاتِ الجاريَةِ داخِلَها. وخِلافًا للجُمْلةِ العَصَبيَّة، فإنَّ الهُرْموناتِ تعمَلُ ببُطْءٍ ومَفعولُها طويلُ الأثَر. الغُدَّةُ النُّخاميَّةُ تَحكُمُ مُعظمَ الغُددِ الصمَّاءِ الأُخرى؛ وهي بدَوْرِها مَحكومةٌ بجُزْءِ الدِّماغ المُسَمَّى الوِطاء (تحتَ المِهاد). وهذا هو الرابطُ المُباشِرُ بين مَنظومةِ الغُددِ الصمَّاءِ والجُمْلةِ العَصَبيَّة.

الهُرْموناتُ المُنَظِّمة

المُسْتَوياتُ الهُرْمونيَّةُ في الدَّم تُنَظِّمُها مَنْظوماتُ تَغْذيةٍ مُرتَدَّةٍ سَلْبيَّةٍ. وهذه تَعْكِسُ التغَيُّراتِ غيرِ المَرغوب فيها، لِضمان أنَّ تأثيرَ الهرمونات لا يَتجاوزُ الحَدَّ السَّويّ – لا نَقْصًا ولا إفراطًا. فالذَرَقين (هُرمون الدَّرَقيَّة) مثلًا، يُسَرِّعُ أيْضَ الجِسْم. فإذا تَجاوزَ هذا الهرمونُ الحدَّ السويَّ إفراطًا، فإنَّ سُرعةَ عَمل الجِسْم تَزدادُ بشِدَّة، وإذا كان التجاوزُ نَقْصًا فإنَّ سُرعةَ عمل الجِسْم تهبِطُ بشِدَّة. ولِتفادي ذلك، فإنَّ مُستوياتِ الدَّرَقين الخفيضة تَسْتحِثُّ الغُدَّةَ النُّخاميَّةَ لإطلاقِ هُرْمونٍ مُنَبِّهٍ للدَّرَقيَّة (ه م د) يَجعلُها تَزيدُ من إنتاجِ الدَّرقين. وتُحدِثُ مُسْتَوياتُ الدَّرَقين العاليَةُ تأثيرًا مُعاكِسًا.



مَنْظومةُ الغُدَدِ الصمَّاء

تَتَوزَّعُ الغُدَدُ التي تُؤلِّفُ مَنْظومةَ الغُدَدِ الصمَّاء عَبْرَ الرَّأس والصَّدْر والبَطْن؛ والرئيسيَّةُ منها هي: النُّخامَى والدَّرَقيَّةُ والغُدَدُ الدُّرَيْقيَّة (جَنيباتُ الدَّرقية) وغُدَّتا الكُظْر. تُطْلِقُ النُّخامَى (الغُدَّةُ النُّخاميَّة) أكثرَ من تِسْعةِ هُرْموناتٍ تَحْكُمُ انشِطةَ مُعْظَمِ الغُدَدِ الصمّاءِ الأُخرى؛ وهي بدَورِها مَحْكومةٌ بجُزْءٍ من الدِّماغ يُسَمَّى الوِطاءَ (تحتَ المِهاد). الغُدَّةُ الدَّرَقيَّةُ تُنَظِّمُ المُعَدَّلَ الأيْضِيَّ في الجِسْم (سُرعةَ لتفاعُلاتِ الكيماويَّةِ داخلَ خلايا الجِسْم). وهي بمُشارَكةِ الغُدَدِ الدُّرَيْقيَّة، تَحكُمُ أيضًا مُسْتوياتِ الكالْسيُوم في الدَّم. غُدَّتا الكُظْر تُسْهمان أيضًا في ضَبْطِ المُعَدَّلِ الأيْضيِّ وتُساعِدان الجِسْمَ في تَحَمُّلِ الإجهاد. وتضُمُّ أعضاءً أُخرى أيضًا أجزاءً صَمَّاويَّة. فالمُعَثْكَلةُ (البَنْكرياس) تَحْكُمُ مُسْتَوياتِ الغلوكوز في الدَّم، لكِنَّها تعمَلُ أيضًا كغُدَّةٍ خارجيَّةِ الإفراز فتُطْلِقُ أنْزيماتٍ هَضْميَّةً في الأمعاء. كذلك فإنَّ الخُصْيَتَيْن في الذُّكور والمَبيضَيْن في الإناث تُوَلِّدُ هُرْموناتٍ جِنْسيَّةً بالإضافةِ إلى إنتاجِ النُّطافِ والبُيَيْضات.

يتعرَّض رُكَّابُ عَربةِ سِكَّة المَلاهي المُتَلَوِّية هذه إلى تأثيراتِ هُرْمون الأدْرينالين، الذي تُطْلِقُه غُدَّتا الكُظْر. هذا الهرمونُ يُساعِدُ الجِسْمَ في مُجابَهةِ المَواقفِ الخَطِرة – فيَزيدُ سُرعَتَي خَفَقان القَلْب والتنَفُّس، كما يُحَوِّلُ أيضًا الدَّمَ إلى العَضَلات. وإثْرَ إطلاقِ الأدْرينالين يكونُ الجِسْمُ مُهَيَّأً إمّا لِمُواجهَة المَواقف الخَطِرة أو الهُروب. يُسَمَّى هذا رَدَّ فِعْلِ المُجابَهةِ أو الهَرَب.

الغُدَّةُ النُّخاميَّة (النُّخامَى)

الغُدَّةُ النُّخاميَّةُ البِسِلِّيَّةُ الحَجْم في ناعدةِ الدِّماغ تُساعِدُ في التحَكُّم بجهازِ الغُدَدِ الصمَّاء؛ فهي تُطْلِقُ ما يزيدُ على تِسْعةِ هُرْمونات. بعضُ هذه الهُرْمونات يَحْكُمُ وَظائفَ جِسمانيَّةً مُعَيَّنةً مُباشَرة، كهُرْمون النمُوِّ الذي يَسْتَحِثُّ عمليَّةَ النمُوّ؛ والبعضُ الآخرُ يَسْتَهدِفُ غُدَدًا صمَّاءَ أُخرى، كالهُرْمونِ المُنَبِّهِ للجُرَيْبات، الذي يَسْتَحِثُّ المَبيضَيْن على إطلاقِ الإسْتروجين – الهُرْمونِ الجِنْسيِّ الأُنْثَويّ.

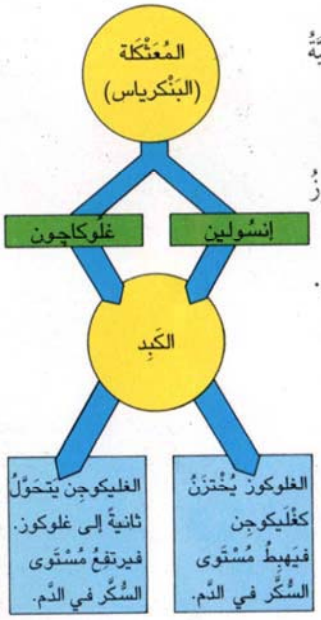
تتألَّفُ الغُدَّةُ النُّخاميَّة من فُصَّيْن أماميٍّ وخَلْفيّ. الفُصُّ الأماميُّ الأكبَرُ يُنتِجُ مُعظمَ الهُرْمونانِ النُّخاميَّةِ التي يَجْري إطلاقُها بحَضِّ هُرْمونات يُفْرِزُها الوِطاءُ في قاعدةِ الدِّماغ. أمَّا الفُصُّ الخَلْفيُّ الأصغَرُ فيَخْتزِنُ ويُطلِقُ هُرْمونَيْن يُوَلِّدُهما الوِطاء.

غُدَّتا الكُظْر

غُدَّتا الكُظْر نَجُثُمُ كُلٌّ منهُما على قِمَّة كُلْيَة. القِشْرةُ الخارجيَّةُ لِهاتين الغُدَّتين تُطلِقُ هُرْمونات، تُسَمَّى الستيرُويْدات القِشْريَّة. هذه الهُرْمونات تُساعِدُ في التحكُّم بالمُعَدِّلِ الأيْضيِّ وتَنْظيم تركيزِ الموادِّ في الدَّم؛ أمَّا لُبُّ الكُظْر فيُفْرِزُ الأدْرينالين. عِنْدَ الإحساس بالخَطِر أو الإجهاد، يُرْسِلُ الدِّماغُ رَسائلَ عصبيَّةً إلى غُدَّتَي الكُظْرِ لِتُفْرِزا الأدْرينالين. هذا الهُرْمونُ يُحَضِّرُ الجِسْمَ لِمُجابَهةِ التَّهديدِ أو تَجَنُّبِه بالهَرَب.

المُعَتْكَلة (البَنْكرياس أو المِعْقَد)

المُعَتْكَلةُ مَوقِعُها تحتَ المَعِدة. وهي تُطْلِقُ هُرْمونَي الإنْسُولين والغلُوكاچون – اللَّذين يَحْكُمان مُسْتَوياتِ الغلوكوز في الدَّم. والمَعروفُ أنَّ الخلايا تَحتاجُ إلى مَدَدٍ ثابتٍ من الغلوكوز، وأنَّها لا تَسْتطيعُ تَلقِّي الغلوكوز إذا كان مُستواه في الدَّم عاليًا جدًّا أو خَفيضًا جدًّا. الإنسُولين والغلوكاچون يُوازنانِ واحِدَهما الآخرَ طبيعيًّا لِلحِفاظ على مُستوًى ثابتٍ للغلوكوز – سَواءٌ كان الشخصُ جائعًا أو شَبعانَ بطعامٍ تناوَله مُنْذُ فَتْرةٍ وَجيزة.



المُعَتْكَلةُ (البَنْكرياس) تُطْلِقُ هُرْمونَي الإنسُولين والغلُوكاچون. وهذان الهُرْمونان يَعْملانِ بطريقتَيْن مُتَضادَّتين لِنَظْم مُسْتَوياتِ الغلوكوز في مَجْرى الدَّم. فإذا ارتفَعَ مُسْتَوى الغلوكوز، يَسْتَحِثُّ الإنسُولين الخلايا لامتِصاص الغلوكوز، والكَبِدَ لِتَخْتزِنَه كغليكوجِن. وإذا هبَطَ مُسْتَوى الغلوكوز، يَسْتَحِثُّ الغلُوكاچون الكَبِدَ لِتُعيدَ تحويلَ الغليكوجِن ثانيةً إلى غلوكوز.

اُنْظُر أيضًا

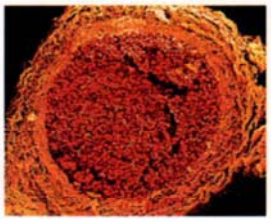
الدِّماغُ والجُمْلةُ العَصَبيَّة ص 108 – 109، الدَّم ص 122
الأيْض (الاستِقلاب) ص 130
التناسُل ص 132

▶ يَستَخْدِمُ هذا الفَتى يوميًّا زرَّاقةً أُوتوماتيَّةً خاصَّةً لِحَقْن الإنسُولين في جِسْمِه. إنَّه يُعاني من داءِ السُّكَّريّ حيثُ لا تُنْتِجُ مُعَتْكَلتُه هُرْمونَ الإنسُولين. وبدونِ هذه الحُقَن فإنَّ جِسْمَه لا يَسْتطيعُ التحَكُّم في مُسْتَوياتِ الغلوكوز في الدَّم، فتعْتَلُّ صِحَّتُه ويَشْتَدُّ مَرَضُه.

القَلْبُ والدَّوْرةُ الدَّمويَّة

جِهازُ أو مَنْظومةُ دَورانِ الدَّم يُمِدُّ خلايا الجِسْم بكافَّةِ اَحْتِياجاتِها. وتتألَّفُ هذه المَنْظومةُ من القَلْبِ والأوْعيةِ الدَّمويَّةِ والدَّمِ الذي يَسْري عَبْرَها.

الطبيبُ الإنكليزيُّ وِلْيَم هارْڤي (1578 – 1657) كان أَوَّلَ من بَيَّنَ انَّ الدَّمَ يَدورُ في اتِّجاهٍ واحدٍ حَوْلَ الجِسْم، وانَّ القَلْبَ هو الذي يَضُخُّه. امَّا أَوَّلُ مَن بَيَّن دَورانَ الدَّم بين القَلْب والرِّئتين فكان الطبيبَ العربيَّ، ابنَ النَّفيس (ح. 1205 – 1288).

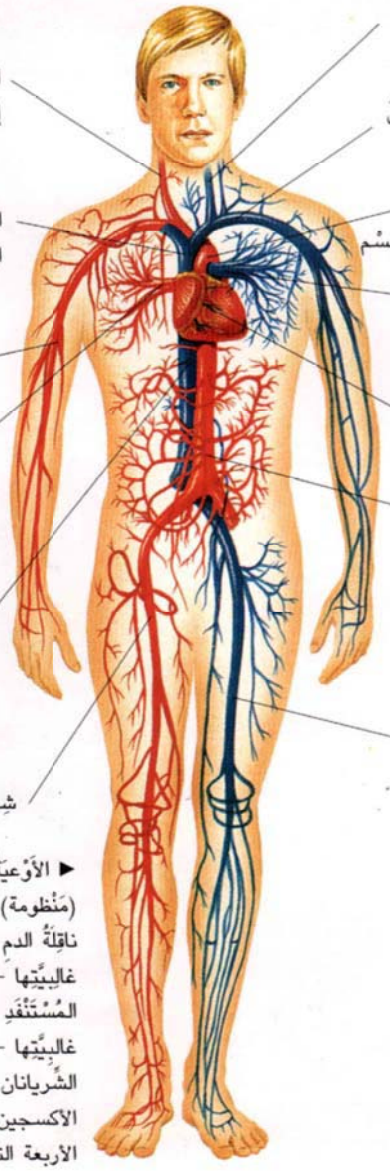


المَقْطَعُ المُسْتَعْرِضُ المُكَبَّرُ (أعلاه) يُبَيِّنُ جُدْرانَ الشَّرايين السَّميكة.

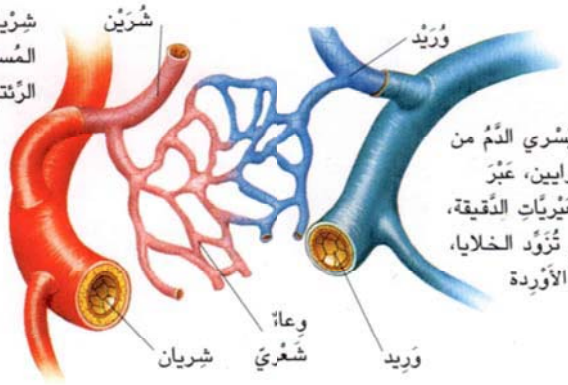
يَضُخُّ القَلْبُ الدَّمَ عَبْرَ شَبكةٍ من الأوعيةِ الدَّمويَّة، يَبْلُغ امتدادُها حوالى 000 150 كيلومتر في أنحاءِ الجِسْم البَشَريّ. هنالك ثلاثةُ أنماطٍ رئيسيَّةٍ من الأوعيةِ الدَّمويَّة هي: الشرايينُ السَّميكةُ الجُدرانِ – وهي تَقُلُ الدَّمَ بعيدًا عن القَلْب؛ والأَوْردةُ الأرَقُّ جُدرانًا – وهي تنقُلُ الدَّمَ عَودًا إلى القَلْب؛ والشُّعَيْرِيَّاتُ المِجْهريَّةُ التي تصِلُ الأَوْردةَ بالشَّرايين. وبكَون الشُّعيريَّات تشَعُّباتٍ من الشُّرَيْنات (أصغر الشرايين)، فإنَّها تعبُر الأنسِجَةَ وتُزوِّدُ مَجْموعاتِ الخلايا بالموادِّ الأساسيَّة. وبدَوْرها تسري الفَضَلاتُ عَودًا إلى الشُّعَيْرِيَّات التي تَترابطُ وتتَّحِدُ لِتكوِّنَ الوُرَيْدات، التي بدَوْرها تتَّحِدُ لتكَوِّنَ الأوْردة. الدَّوْرةُ الدَّمويَّةُ البَشَريَّةُ مُزْدوِجةُ الدورات – رئويَّةٌ وجِهازيَّة. الدورةُ الرئويَّةُ تَنْقُلُ الدَّمَ إلى الرِّئتَيْن؛ والجهازيَّةُ تنقُلُ الدَّمَ إلى مُختلِفِ أنحاءِ الجِسْم. وبَسْتَغرِقُ دورانُ الدَّمِ حوالى 60 ثانيَةً لِيُنجِزَ دَوْرةً كامِلَةً حولَ الجِسْم.

تَشْريحُ القَلْب

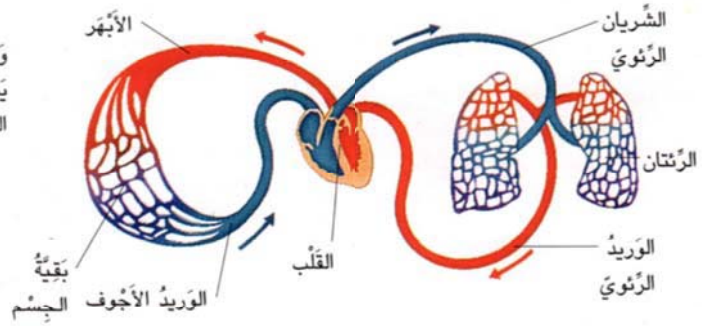
القَلْبُ مِضَخَّةٌ عَضَليَّةٌ قَويَّةٌ تُبْقي سَريانَ الدَّم مُسْتَدامًا في سائر أنحاءِ الجِسْم. يُقْسَمُ القَلْبُ طولِيًّا إلى نِصْفَيْن، أَيمنَ وأيسَر، بواسطةِ الحاجزِ العَضَليّ. ويتألَّفُ كُلُّ نِصْفٍ من حُجْرةٍ عُلْويَّةٍ أصغرَ، تُسَمَّى الأُذَيْن، وحُجْرةٍ سُفْليَّةٍ أكبرَ تُسَمَّى البُطَيْن. يَتلَقَّى الأُذَيْنُ الأَيمنُ الدَّمَ المُسْتَنْفَدَ الأُكسجين من الجِسْم عَبْرَ وَريدَيْن كبيرَيْن هما الوَريدُ الأَجْوفُ العُلْويّ والوَريدُ الأَجْوفُ السُّفْليّ. ويَنْقُلُ الشَّريانان الرِّئويّان (الأَيمنُ والأَيْسَر) الدمَ المُسْتَنْفَدَ الأُكسجين من البُطَيْنِ الأَيمن إلى الرِّئتَيْن. يَتلَقَّى الأُذَيْنُ الأَيْسَرُ الدمَ المُؤكسَجَ عَبْرَ الأَوْردةِ الرِّئويَّةِ الأربعة من الرِّئتين. ويَضُخُّ البُطَيْنُ الأَيْسَرُ الدمَ المُؤكْسَجَ إلى سائر خلايا الجِسْم عَبْرَ شِريانٍ كبيرٍ يُسَمَّى الأَبْهَر.



◄ الأَوْعيةُ الدَّمويَّةُ في هذه الخريطة لجهازِ (مَنْظومة) دَوران الدَّم مُمَيَّزَةٌ لَوْنيًّا. فالأوعيةُ ناقِلَةُ الدم المُؤكْسَج – وهي شَرايينُ في غالِبيَّتِها – حَمْراءُ اللَّوْن. والأوعيةُ ناقِلَةُ الدمِ المُسْتَنْفَدِ الأُكسجين – وهي أوردةٌ في غالبيَّتِها – زرقاءُ اللَّوْن. الاستِثْناءاتُ هي الشَّريانان الرِّئويَّان اللَّذان يَنْقلان الدمَ المستَنْفَدَ الاكسجين إلى الرِّئتين، والأوردةُ الرِّئويَّةُ الأربعة التي تَنْقُلُ الدمَ المُؤكسَجَ من الرِّئتَيْن.



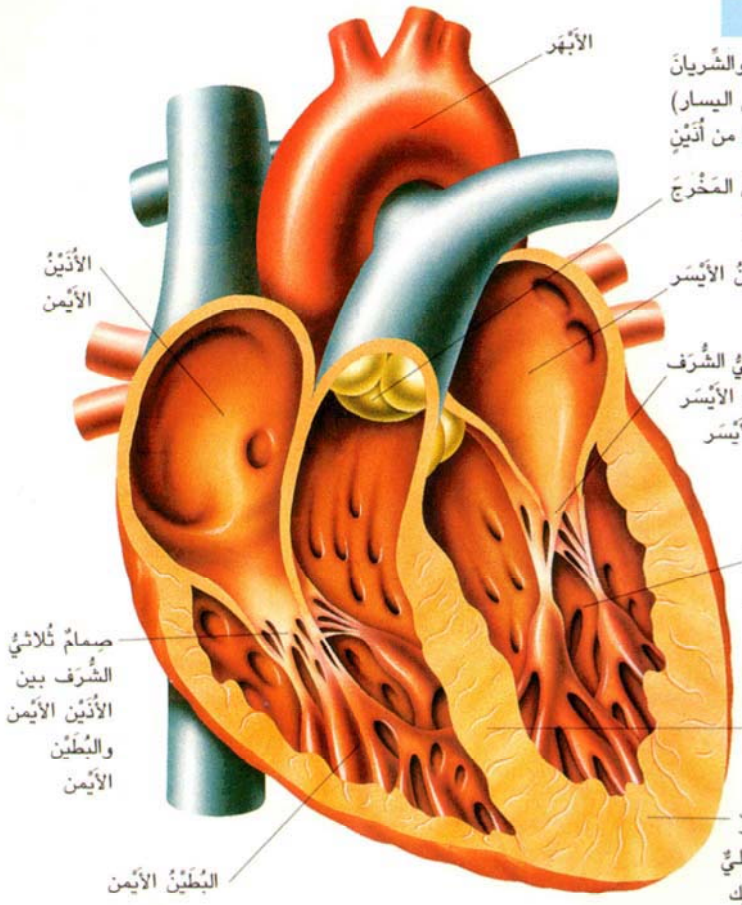
◄ يَسْري الدَّمُ من الشَّرايين، عَبْرَ الشُّعَيْرِيَّاتِ الدَّقيقة، التي تُزَوِّد الخلايا، إلى الأَوْرِدة

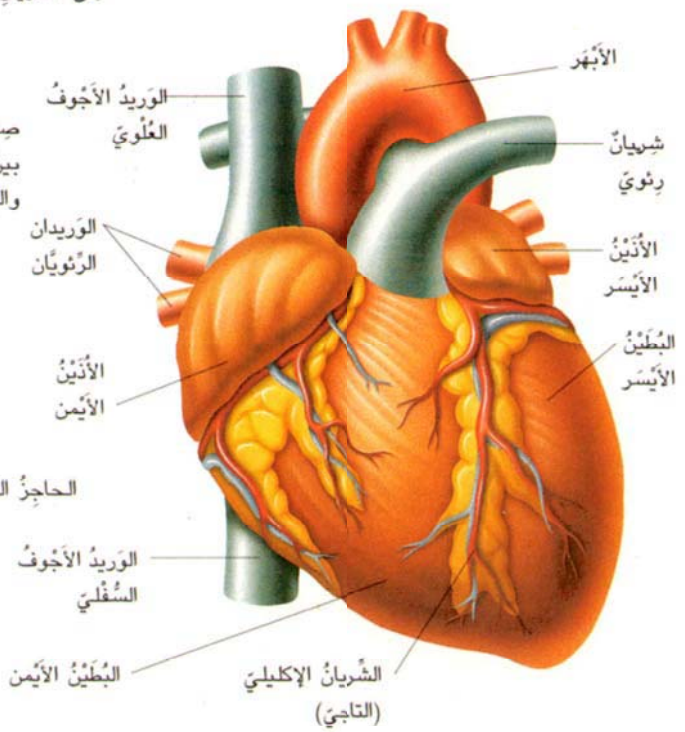


▲ تتألَّفُ مَنْظومةُ دَورانِ الدَّم من دورتَيْن: رئويَّةٍ تنقُلُ الدَّمَ الفَقير بالاكسجين من القَلْب إلى الرِّئتَيْن (حيثُ يتأكْسَج) ثُمَّ يَعودُ ثانيةً إلى القَلْب – الدَّورةِ الصُّغرى؛ وجهازيَّةٍ تنقُلُ الدمَ المؤكسَج (الغَنيَّ بالاكسجين) من القَلْب إلى سائرِ أَنْحاءِ الجِسْم (حيثُ يُزَوِّدُ جميع انسِجَةِ الجِسْم بالأُكسجين) ثُمَّ يَعودُ ثانيةً إلى القَلْب – وتُعرَفُ هذه الدَّوْرةُ بالدَّوْرةِ الكُبْرى.

القَلْب

يُبَيِّنُ المَنْظرُ الأماميُّ للقَلْب (أدناه) الأوعيةَ الدمويَّةَ الرئيسيَّةَ التي تَنْقُلُ الدمَ من القَلْبِ وإليه، والشَّريانَ التاجيَّ (الإكليليَّ) الذي يُزَوِّدُ جُدْرانَ القَلْبِ بالدَّم. ويُبَيِّنُ المَقْطَعُ الطوليُّ عَبْرَ القَلْب (أدناه إلى اليسار) الحاجزَ العَضَليَّ الذي يَقْسِمُ القَلْبَ طُوليًّا إلى نِصفَيْن، الأيَسَر والأيمن، اللذين يتألَّفُ كُلٌّ منهما من أُذَيْنٍ عُلْويٍّ وبُطَيْنٍ سُفْليٍّ أكبرَ. صِمَاماتُ القَلْب تَمْنَعُ سريانَ الدمِ رُجوعًا.





الدَّورانُ الإكليليّ

يَمُرُّ الدمُ عَبْرَ القَلْبِ بِسُرعةٍ فائقة تَحُدُّ من قُدرته على تَزْويدِ خلايا جُدْرانِ القَلْب العَضَليَّة بحاجتها من الأُكسجين والغِذاء. لِذا فإنَّ لِلْقَلْبِ مَدَدَه الخاصَّ من الدمِ بواسطةِ الدَّورانِ الإكليليّ – حيثُ يَتشعَّبُ من الشِّريان الأبْهر شِريانان إكليليَّان يُزَوِّدان كامِلَ أجزاءِ جُدران القَلْب بالدَّم. الدَّمُ الذي يَمُرُّ عَبْرَ عَضَلةِ القَلْب يُفْرَغُ في الأُذَيْن الأيمن. وإذا ما انسَدَّ أحدُ الشِّريانَيْن التَّاجيَّيْن، فقد يَموتُ جُزْءُ القَلْبِ الذي يُزَوِّدُه ذلك الشِّريانُ بالدَّم، ويُسبِّبُ هذا نَوْبةً قَلْبيَّة.

خَفَقانُ القَلْب

خِلالَ نَبْضةِ القَلْبِ الواحدة، يَمْتلِئُ كِلا البُطَيْنين بالدَّم ثُمَّ يَنْقَبِضان لِيَضُخَّا الدَّمَ إلى خارجِ القَلْب. وأثناءَ امتِلاءِ القَلْبِ بالدَّم، يَنْغَلِقُ الصِّمامانِ الهِلاليَّان لِمَنْعِ سَريانِ الدَّم من الأبْهَر والشِّريانِ الرِّئويِّ عَودًا إلى القَلْب. وعندما يُفْرَغُ القَلْبُ من الدَّم، يَنْغَلِقُ الصِّمامان بين الأُذَيْنَيْن والبُطَيْنَيْن لمنع الدَّم من الاندفاقِ رُجوعًا إلى الأُذَيْنَيْن. ويُحْدِثُ هذا الانغِلاقُ صوتًا مَديدًا «لَبّ». وعندما يَنْغَلِقُ الصِّمامان الهِلاليَّان يُحدِثان صوتًا أقصرَ «دَبّ». هذان الصَّوتانِ معًا يُؤلِّفان نَبْضةً قَلْبيَّةً، يُمكِنُ سَماعُها بالمِسْمَاع (السمَّاعة). ويجري نَظْمُ توقيت كُلِّ نَبْضةٍ قَلْبيَّةٍ بواسطةِ ناظِمةِ النَّبْضِ في جدارِ الأُذَيْن الأيمن.

◄ في المُعدَّل، يَخْفِقُ القَلْبُ حوالى 75 مرَّةً في الدَّقيقة. وكُلُّ نَبْضةٍ قَلْبيَّةٍ هي دَوْرةٌ من ثلاثِ مَراحِل – انبِساطٍ وانقِباضِ أُذَيْنيٍّ وانقِباضِ بُطَيْنيّ. هذه المَراحِلُ تتعاقبُ بتَوالٍ دقيق التوقيت. وفي مَساق هذه المَراحلِ الثَّلاث يدخلُ الدمُ إلى الأُذَيْنين، ويَعْبُر إلى البُطَيْنين، ثُمَّ يُضَخُّ خارجَ القَلْب.

◄ هذه الصورةُ الشُّعاعيَّةُ تُبيِّنُ موقِعَ القَلْب داخِلَ التجويف الصَّدريّ بين الرِّئتين (بالأَصْفر)؛ وتُبَيِّنُ أيضًا الأَضْلاعَ تُحيطُ وتحمي القَلْب والرِّئتين. ويظهرُ أيضًا (في أسفلها) مُخَطَّطٌ لكَهْربائيَّةِ القَلْب (م ك ق) – يُسجِّل ويُبيِّنُ التغيُّراتِ الكهربائيَّةَ الجاريةَ في القَلْب.

أثناءَ الانبِساط، يَرْتَخي الأُذَيْنان والبُطَيْنان، ويَمْتلِئُ الأُذَيْنان بالدَّم.

أثناءَ الانْقِباضِ الأُذَيْنيّ، يَنْقَبِضُ الأُذَيْنان فيَدْفعان الدَّمَ إلى البُطَيْنين.

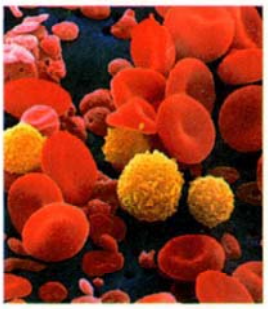
أثناءَ الانْقِباضِ البُطَيْنيّ، يَنْقَبِضُ البُطَيْنان ويَضُخّان الدَّمَ من القَلْب.

اُنْظُر أيضًا

الدَّم ص 122
الجُمْلةُ اللَّمْفاويَّة ص 123
الرِّئتان والتنفُّس ص 124 – 125
الأبْيَض (الاسْتِقلاب) ص 130

الدَّم

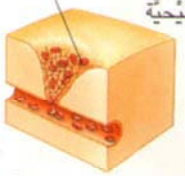
الدَّمُ يُوَفِّرُ لِتِرْليُونات خلايا الجِسْم مَنْظومةً لتوصيلِ اَحْتِياجاتِها وإزالةِ فَضَلاتِها. ويُساعِدُ أيضًا في الدِّفاعِ عن الجِسْمِ ضِدَّ الخَمَج والعَدْوى ويُرَمِّمُ كُرَيّاتِ الدَّم المَعْطوبة.



سَيْلٌ من الدَّم يَنْدفِقُ من وِعاءٍ دَمويٍّ صغير. وتُقَدَّرُ كمِّيَّةُ الدم الذي يَسْري حولَ جِسْم الإنسان البالغ بحوالى 6 لِتْرات في الذَكر وَ 5 لِتْرات في الأُنْثى. وتَحْوي قطرةُ الدم الواحدة ما يَزيدُ على 250 مليون كُرَيَّة دَم حَمْراء وَ 375 000 كُرَيَّة دَم بَيْضاء وَ 16 مليون صُفَيْحَة. والباقي مائعٌ باهِتٌ، يُسمَّى المَصْل (البلازما) يتألَّفُ في مُعظمِه من الماء بالإضافةِ إلى مُغَذِّياتٍ وهُرْموناتٍ وبروتيناتٍ دَمويَّة وأملاحٍ وموادَّ فَضَلاتيَّةٍ وكيماويَّاتٍ كثيرةٍ أُخرى.

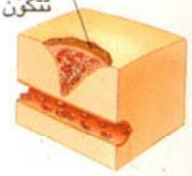
تُصَنَّعُ كُرَيَّاتُ الدَّم الحَمراء والبَيضاء (باللَّون الأَصْفر) والصُّفَيحاتُ (باللَّون الوَرْدي) في نُخاعِ العَظْم (النِّقي). ويتِمُّ إنتاجُ قُرابَةَ مِليونَي كُرَيَّة دَم حمراء في الثانية.

كُرَيَّاتُ دَم حَمْراء مُحْتَبِسةٌ في شَبكةٍ صُفَيْحيَّة



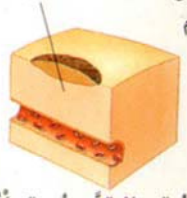
إذا جُرِحَ وِعاءٌ دَمويّ فإنَّ صُفَيْحاتِ الدَّم تُكَوِّنُ «شَبكةً» من الألياف تَحْتَبِسُ كُرَيَّاتِ الدَّم الحَمْراء.

جُلْبَة قِشْرِيَّة تتكَوَّن



الألياف وكُرَيَّاتُ الدَّم الحَمْراء تُكَوِّنُ خُثْرَةً (جُلطةً) تَسُدُّ الجُرْح. ثُمَّ يَتَقَسَّى سَطحُ الخُثْرَةِ مُكَوِّنًا جُلْبَةً قِشْرِيَّة.

نَسيجٌ مُنْدَمِلٌ تحت جُلْبَةِ جُرْحٍ قديم



يُرَمِّمُ الوِعاءُ الدَّمويُّ والجِلْدُ تحتَ جُلْبَةِ الجُرْح. وعندما يتِمُّ ذلك تَسقُطُ الجُلْبَةُ القِشْرِيَّةُ الجافَّةُ القديمة.

يَضُخُّ القَلْبُ الدَّمَ حولَ الجِسْم عَبْرَ الشَّرايين والأوردةِ والشُّعَيْرِيَّات. ويُزَوِّدُ الدَّمُ خلايا الجِسْم بالغذاءِ والأُكسجين ويُزيلُ منها الفَضَلات. ويُساعِدُ الدَّمُ أيضًا في الحِفاظ على ثباتِ درجةِ حرارةِ الجِسْم وفي مُكافحةِ المَرض ويقومُ بدَورٍ مُهِمٍّ في تَرْميمِ الأوعيةِ الدمويَّةِ المَعْطوبة.

الدَّمُ كمَنْظومةِ نَقْل

يُنْقَلُ الأُكسجينُ إلى الخلايا بواسطةِ كُرَيَّاتِ الدَّمِ الحمراء القُرصيَّةِ المُقَعَّرةِ الوَجْهَيْن، المُحتَشِيَةِ باليَحْمورِ (الهيموغلوبين) – وهو مادَّةٌ تتَّحِدُ بالأُكسجين أثناءَ مُرورِ الدَّم عَبْرَ الرِّئتين، وتُطْلِقُه في خلايا الجِسْم. مَصْلُ الدم (البلازما أو المُصوَّرة) سائلٌ مائيٌّ يؤلِّفُ حوالى 55 بالمئة من الدَم. وهو يَنقُلُ الغذاءَ والهُرْموناتِ (المَراسِل الكيماويَّة) والمُنْتَجاتِ الفَضَلاتيَّة وموادَّ عديدةً أُخرى حولَ الجِسْم. ويُساعِدُ الجِسْمَ أيضًا في الحِفاظِ على درجةِ حرارةٍ ثابتةٍ تُقارِبُ 37°س.

الدِّفاعُ والوِقاية

الجِسْمُ البَشَريُّ مُعَرَّضٌ باستِمرار لخَمَج المُتَعَضِّياتِ المِجْهريَّةِ المُمْرِضة؛ وكُرَيَّاتُ الدَّم البيضاء البلعميَّة والكُرَيَّاتُ اللِّمْفاويَّة مُوَلِّدةُ المُضادَّات تعمَلُ دَومًا على إبادةِ هذه الغازيات المُمْرِضة. الكُرَيَّاتُ البيضُ تغتمِرُ وتَبْلَعُمَ (تَلْتَقِمُ) المُمرِضات. واللِّمْفاويَّاتُ تُطلِقُ كيماويَّاتٍ قتَّالةً، تُسَمَّى أجسامًا مُضادَّةً، تَشُلُّ المُمْرِضاتِ فيَتَسَنَّى للكُرَيَّاتِ البلعميَّة اغتِمارُها وبَلْعمتُها. ويَبْدو أنَّ اللِّمْفاويَّاتِ تَتذكَّرُ ما تُجابِه من مُمرِضات فتَسْتجيبُ لمكافحتها بسُرعةٍ أشدَّ إذا ما عاودت تلك المُمْرِضاتُ مُهاجمةَ الجِسْمِ ثانيةً.

الصُّفَيْحاتُ تَسُدُّ ثُقوبَ السَّرَب من الأوعيَةِ الدمويَّة المَعْطوبة، فتَحولُ دونَ ولوجِ المُمْرِضاتِ إلى الجِسْم، كما تمنَعُ فَقْدَ الدَّمِ من المِنْطقةِ المَعْطوبة.

اُنْظُر ايضًا

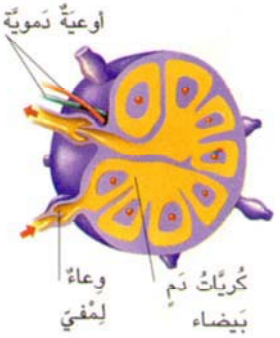
القَلْبُ والدَّورةُ الدَّمويَّة ص 120 – 121

جِهازُ المَناعة ص 137

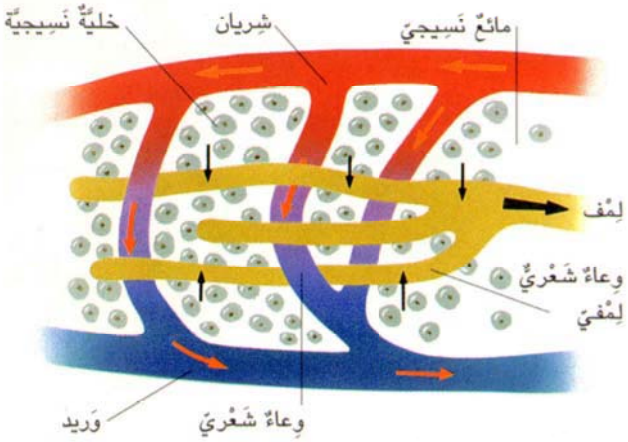
الجُمْلَةُ اللِّمْفاويَّة

الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّةُ مَنْظومةُ نَقْلٍ تَسْتَصْفي مائعًا، يُسَمَّى اللِّمْفَ، من الأنسِجَة وتَصُبُّه في الدَّم. وهي تَحْوي أيضًا خلايا تَحْمي الجِسْمَ من الأمْراض.

أثناءَ سَرَيانِ الدَّم عَبْرَ مَنْظومةِ الدَّوران، تَنْسَرِبُ مادَّةٌ تُسَمَّى المائعَ النَّسيجيَّ عَبْرَ جُدران الأوعية الشُّعَيْريَّة. هذا المائعُ يحمِلُ الأُكسجينَ والمُغَذِّياتِ الضروريَّةَ إلى خلايا الأنسجة، ويُزيلُ منها الفَضَلات، ثُمَّ يَعودُ ثانيةً إلى مَجْرى الدَّم عَبْرَ الجُدرانِ الشُّعَيْريَّة.



▲ العُقْدةُ اللِّمْفيَّةُ كُتْلةٌ من كُريَّاتِ دَم بَيْضاءَ ضِمْنَ شَبكةٍ من الأَلْياف. يُسْتَصْفى اللِّمْفُ من الأَنْقاضِ والمُمْرِضات أثناءَ عُبورِه عُقْدةً لِمْفيَّة.



الخلايا في أنسِجَةِ الجِسْم تَسْبَحُ في مائعٍ مُسْتَمَدٍّ من الشُّعَيْريَّاتِ الدمويَّةِ القريبة. والمائعُ النسيجيُّ الفائضُ يَنْسَرِبُ إلى داخِلِ شُعَيْراتٍ لِمْفيَّةٍ رَدْبيَّةٍ (غيرِ نافذةٍ) ويَصيرُ لِمْفًا.

نِظامُ التَّصْريف

يُغادِرُ الشُّعَيْريَّاتِ يوميًّا حوالى 24 لِتْرًا من المائع المارِّ عَبْرَ الأنسجةِ؛ والذي يَعودُ مُعظمُه مُباشَرةً إلى الدَّم فلا يَبْقى منه فيها إلَّا حوالى 4 لِتْرات. الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّة تُصَرِّفُ المائعَ الفائضَ، الذي يُسَمَّى الآنَ اللِّمْفَ، وتُعيدُ إفراغَه في الأوعيةِ الدمويَّةِ في أعلى الصَّدْر.

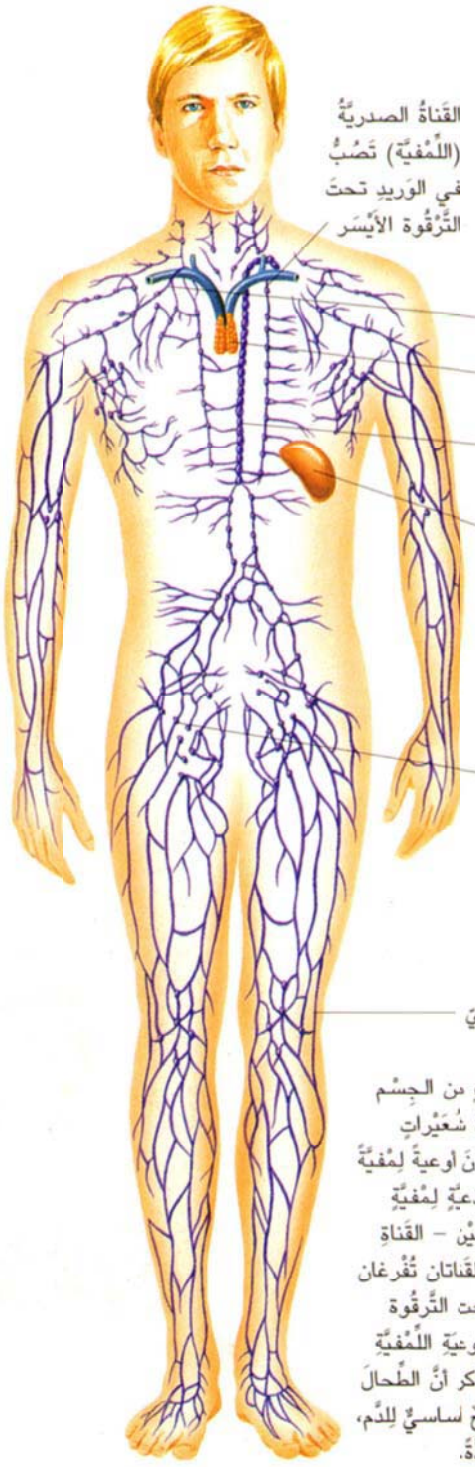
اللِّمْفُ مائعٌ عديمُ اللَّوْن يَحْوي موادَّ مُذابَةً وأنقاضًا ومُتَعَضِّياتٍ مُمْرِضةً، كالبَكتِريا والفَيْروسات. وهو يَسْري في اتِّجاهٍ واحدٍ مُباعِدٍ لِلأنسِجَة. وبخِلافِ الدَّمِ الذي يَضُخُّه القَلْبُ، فإنَّ اللِّمْفَ يَسْري عَبْرَ الجُمْلةِ اللِّمْفاويَّةِ بِمُساعدةِ العَضَلاتِ الهيكليَّةِ التي تدفَعُه قُدُمًا كُلَّما تَقَبَّض.

والصِّماماتُ في الأوعيةِ اللِّمْفيَّةِ تَمْنَعُ سَرَيانَ اللِّمْفِ في الاتِّجاهِ المُعاكِس.

الدِّفاعُ والحِماية

يَمُرُّ اللِّمْفُ أثناءَ سَرَيانِه في الأوعيةِ اللِّمْفيَّةِ عَبْرَ عُقَدٍ لِمْفيَّةٍ تُغْتَمَرُ فيها وتُحْتَبَسُ أنقاضُ الخلايا والمُمْرِضاتُ بواسطة كُريَّاتِ دَم بَيضاءَ بَلْعميَّة (تُسَمَّى البَلْعميَّات). وتُنْتِجُ كُريَّاتُ دمٍ بيضاءَ أُخرى، تُسَمَّى اللِّمْفاويَّات، أجسامًا مُضادَّةً – وهي كيماويَّاتٌ ترصُدُ المُمْرِضاتِ وتُبيدُها. كذلك تقومُ أعضاءٌ لِمْفيَّةٌ أُخرى بدَورٍ مُماثِل. فاللَّوزتان تَعْترضان المُمْرِضاتِ التي تدخُلُ الفَمَ وتَحْمي الحَلْقَ منها.

اللِّمْفاويَّاتُ والبَلْعميَّاتُ تؤلِّفُ معًا جهازَ المَناعةِ – الذي هو جهازُ الجِسْمِ الدِّفاعيُّ الأقوى ضِدَّ الأمْراض.



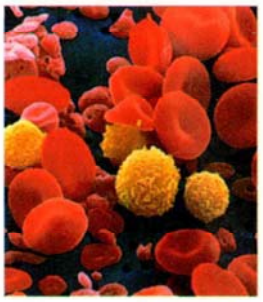
◄ تَمْتَدُّ الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّةُ لِتَطالَ كُلَّ جُزءٍ من الجِسْم تقريبًا. فالأوعيةُ الصُّغرى منها، المُسَمَّاةُ شُعَيْراتٍ لِمْفيَّة، تَنْتَشِرُ في الأنسِجةِ وتَتَدامَجُ لِتُكَوِّنَ أوعيةً لِمْفيَّةً أكبرَ. وهذه بدَورِها تَنْضَمُّ إلى مجارٍ جِذعيَّةٍ لِمْفيَّةٍ تحمِلُ اللِّمْفَ إلى إحدى القناتَيْنِ اللِّمْفيَّتَيْن – القَناةِ الصدريَّةِ والقَناةِ اللِّمْفيَّةِ اليُمْنى. هاتانِ القَناتان تُفْرِغان اللِّمْفَ في مَجْرى الدَّم عَبْرَ الوَريدَيْن تحت التَّرْقُوة الأيْسَر والأيْمن. وتتواجدُ على امْتِدادِ الأوعيَةِ اللِّمْفيَّةِ انْتِفاخاتٌ تُسَمَّى عُقَدًا لِمْفيَّةً. وجَديرٌ بالذِّكر أنَّ الطِّحالَ جُزءٌ مُهِمٌّ من الجُمْلةِ اللِّمْفاويَّةِ فهو مُرَشِّحٌ ساسيٌّ لِلدَّم، إضافةً إلى أنَّه يُوَلِّدُ أيضًا أجسامًا مُضادَّةً.

انْظُر أيضًا

تركيبُ الجِسْم ومَنْظوماته
ص 98 – 99
القَلْبُ والدَّورةُ الدمويَّة
ص 120 – 121
جهازُ المَناعة ص 137

الدَّم

الدَّمُ يُوَفِّرُ لِتِرْليُونات خلايا الجِسْم مَنْظومةً لتوصيلِ اَحْتِياجاتِها وإزالةِ فَضَلاتِها. ويُساعِدُ أيضًا في الدِّفاعِ عن الجِسْمِ ضِدَّ الخَمَج والعَدْوى ويُرَمِّمُ كُرَيَّاتِ الدَّم المَعْطوبة.



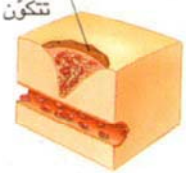
سَيْلٌ من الدَّم يَنْدفِقُ من وِعاءٍ دَمويٍّ صغير. وتُقَدَّرُ كَمِّيَّةُ الدم الذي يَسْري حولَ جِسْم الإنسان البالغ بحوالى 6 لِتْرات في الذَّكر وَ 5 لِتْرات في الأُنْثى. وتَحْوي قطرةُ الدم الواحدة ما يَزيدُ على (25 مليون كُرِيَّة دَم حَمْراء وَ 375 000 كُرِيَّة دَم بَيْضاء وَ 16 مليون صُفَيْحَة. والباقي مائعٌ باهِتٌ، يُسَمَّى المَصْل (البلازما) يتألَّفُ في مُعظمِه من الماء بالإضافةِ إلى مُغَذِّياتٍ وهُرْمونات وبروتيناتٍ دَمويَّة وأملاحٍ وموادَّ فَضَلاتيَّةٍ وكيماويَّاتٍ كثيرةٍ أُخرى.

تُصَنَّعُ كُرَيَّاتُ الدَّم الحَمراء والبَيضاء (باللَّون الأَصْفر) والصُّفَيحاتُ (باللَّون الوَرْديّ) في نُخاعِ العَظْم (النُّقْي). ويتِمُّ إنتاجُ قُرابةَ مِليونَي كُرِيَّة دَم حمراء في الثانية.

كُرَيَّاتُ دَم حَمْراء مُحْتَبِسةٌ في شَبَكةٍ صُفَيْحيَّة

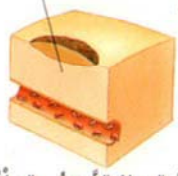
إذا جُرِحَ وِعاءٌ دَمويّ فإنَّ صُفَيْحاتِ الدَّم تُكَوِّنُ «شَبَكةً» من الألياف تَحْتَبِسُ كُرَيَّاتِ الدَّم الحَمْراء.

جُلْبَة قِشْرِيَّة تتكَوَّن



الألياف وكُرَيَّاتُ الدَّم الحَمْراء تُكَوِّنُ خُثْرَةً (جُلطةً) تَسُدُّ الجُرْح. ثُمَّ يَتَقَسَّى سَطحُ الخُثْرةِ مُكَوِّنًا جُلْبَةً قِشْرِيَّة.

نَسيجٌ مُنْدَمِلٌ تحت جُلْبَةِ جُرْحٍ قديم



يُرَمِّمُ الوِعاءُ الدَّمويُّ والجِلْدُ تحتَ جُلْبَةِ الجُرْح. وعندما يتِمُّ ذلك تَسقُطُ الجُلْبَةُ القِشْرِيَّةُ الجافَّةُ القديمة.

يَضُخُّ القَلْبُ الدَّمَ حولَ الجِسْم عَبْرَ الشَّرايين والأوردةِ والشُّعَيْرِيَّات. ويُزَوِّدُ الدَّمُ خلايا الجِسْم بالغذاءِ والأُكسجين ويُزيلُ منها الفَضَلات. ويُساعِدُ الدَّمُ أيضًا في الحِفاظ على ثباتِ درجةِ حرارةِ الجِسْم وفي مُكافحةِ المَرض وبقومُ بدَورٍ مُهِمٍّ في تَرْميمِ الأوعيةِ الدمويَّةِ المَعْطوبة.

الدَّمُ كمَنْظومةِ نَقْل

يُنْقَلُ الأُكسجينُ إلى الخلايا بواسطةِ كُرَيَّاتِ الدَّم الحمراء القُرصيَّةِ المُقَعَّرةِ الوَجْهَيْن، المُحتَشِيَةِ باليَحْمور (الهيموغلوبين) – وهو مادَّةٌ تتَّحِدُ بالأُكسجين أثناءَ مُرورِ الدَّم عَبْرَ الرِّئتين، وتُطْلِقُه في خلايا الجِسْم. مَصْلُ الدم (البلازما أو المُصوَّرة) سائلٌ مائيٌّ يؤلِّفُ حوالى 55 بالمئة من الدَّم. وهو يَنقُلُ الغذاءَ والهُرْموناتِ (المَراسيل الكيماويَّة) والمُنْتَجاتِ الفَضَلاتيَّة وموادَّ عديدةً أُخرى حولَ الجِسْم. ويُساعِدُ الجِسْمَ أيضًا في الحِفاظِ على درجةِ حرارةٍ ثابتةٍ تُقارِبُ 37°س.

الدِّفاعُ والوِقاية

الجِسْمُ البَشَريُّ مُعَرَّضٌ باستِمرار لخَمَج المُتَعَضِّيات المِجْهريَّةِ المُمْرِضة؛ وكُرَيَّاتُ الدَّم البيضاء البلعميَّة والكُرَيَّاتُ اللِّمْفاويَّة مُوَلِّدةُ المُضادَّات تعمَلُ دَومًا على إبادةِ هذه الغازيات المُمْرِضة. الكُرَيَّاتُ البيضُ تغتمِرُ وتَبْلَعُمُ (تَلْتَقِمُ) المُمرِضات. واللِّمْفاويَّاتُ تُطلِقُ كيماويَّاتٍ قَتَّالةً، تُسَمَّى أجسامًا مُضادَّةً، تَشُلُّ المُمْرِضاتِ فيَتَسَنَّى للكُرَيَّاتِ البلعميَّة اغتِمارُها وبَلْعمتُها. ويَبْدو أنَّ اللِّمْفاويَّاتِ تَتذكَّرُ ما تُجابِه من مُمرِضات فتَسْتجيبُ لمكافحتها بسُرعةٍ أشدَّ إذا ما عاودت تلك المُمْرِضاتُ مُهاجمةَ الجِسْمِ ثانيةً.

الصُّفَيْحاتُ تَسُدُّ ثُقوبَ السَّرَب من الأوعيَةِ الدمويَّة المَعْطوبة، فتَحولُ دونَ ولوجِ المُمْرِضاتِ إلى الجِسْم، كما تمنَعُ فَقْدَ الدَّمِ من المِنْطقةِ المَعْطوبة.

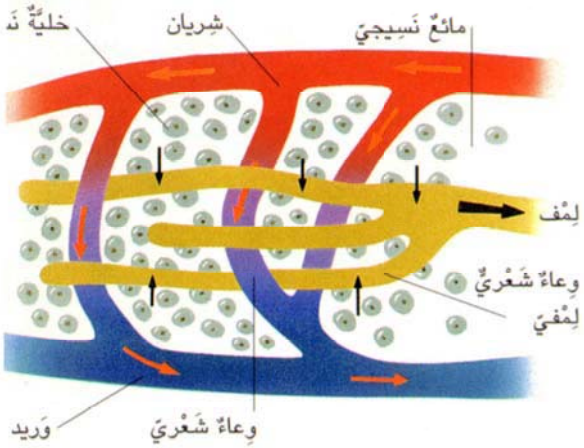
اُنْظُر أيضًا

القَلْبُ والدَّورةُ الدَّمويَّة ص 120 – 121
جِهازُ المَناعة ص 137

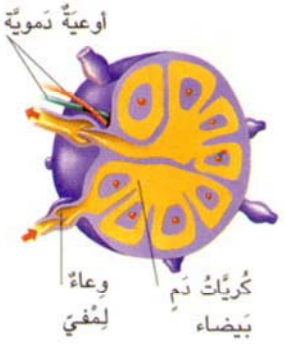
الجُمْلَةُ اللِّمْفاويَّة

الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّةُ مَنْظومةُ نَقْلٍ تَسْتَصْفي مائعًا، يُسَمَّى اللِّمْفَ، من الأنسِجَة وتَصُبُّه في الدَّم. وهي تَحْوي أيضًا خلايا تَحْمي الجِسْمَ من الأَمْراض.

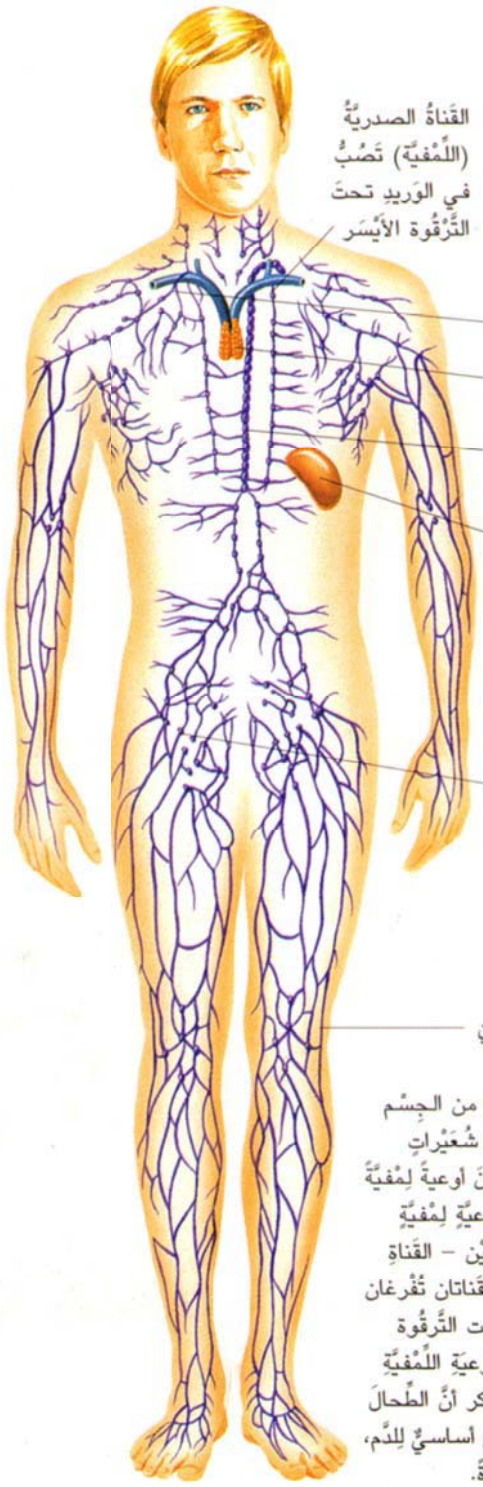
أثناءَ سَرَيانِ الدَّم عَبْرَ مَنْظومةِ الدَّوران، تَسْرِبُ مادَّةٌ تُسَمَّى المائعَ النَّسيجيَّ عَبْرَ جُدران الأوعية الشُّعَيْريَّة. هذا المائعُ يحمِلُ الأُكسجينَ والمُغَذِّياتِ الضروريَّةَ إلى خلايا الأنسِجة، ويُزيلُ منها الفَضَلات، ثُمَّ يَعودُ ثانيةً إلى مَجْرى الدَّم عَبْرَ الجُدرانِ الشُّعَيْريَّة.



الخلايا في أنسِجَةِ الجِسْم تَسْبَحُ في مائعٍ مُسْتَمَدٍّ من الشُّعَيْرات الدمويَّةِ القريبة. والمائعُ النسيجيُّ الفائضُ يَنْسَرِبُ إلى داخِلِ شُعَيْراتٍ لِمْفيَّةٍ رَنْبيَّةٍ (غيرِ نافذةٍ) ويَصيرُ لِمْفًا.



▲ العُقْدةُ اللِّمْفيَّةُ كُتْلةٌ من كُريَّاتِ دَمٍ بَيْضاءَ ضِمْنَ شَبكةٍ من الأَلْياف. يُسْتَصْفى اللِّمْفُ من الأنْقاضِ والمُمْرِضات أثناءَ عُبورِه عُقْدةً لِمْفيَّة.



◄ تَمْتَدُّ الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّةُ لِتَطالَ كُلَّ جُزءٍ من الجِسْم تقريبًا. فالأوعيةُ الصُّغرى منها، المُسَمّاةُ شُعَيْراتٍ لِمْفيَّةً، تَنْتشِرُ في الأنسِجةِ وتَتدامَجُ لِتُكَوِّنَ اوعيةً لِمْفيَّةً أكبرَ. وهذه بدَورِها تَنْضَمُّ إلى مجارٍ جِذعيَّةٍ لِمْفيَّةٍ تحمِلُ اللِّمْفَ إلى إحدى القناتَيْن اللِّمْفيَّتَيْن – القَناةِ الصدريَّة والقَناةِ اللِّمْفيَّةِ اليُمْنى. هاتانِ القَناتان تُفْرِغان اللِّمْفَ في مَجْرى الدَّم عَبْرَ الوَريدَيْن تحت التَّرقُوة الأيْسَر والأيمن. وتتواجدُ على امْتِدادِ الأوعيةِ اللِّمْفيَّةِ انْتِفاخاتٌ تُسَمَّى عُقَدًا لِمْفيَّةً. وجَديرٌ بالذِّكر أنَّ الطِّحالَ جُزءٌ مُهِمٌّ من الجُمْلةِ اللِّمْفاويَّة فهو مُرَشِّحٌ أساسيٌّ لِلدَّم، إضافةً إلى أنَّه يُوَلِّدُ أيضًا أجسامًا مُضادَّة.

نِظامُ التَّصْريف

يُغادِرُ الشُّعَيْرِيَّاتِ يوميًّا حوالى 24 لِتْرًا من المائع المارِّ الأنسجةِ؛ والذي يَعودُ مُعظمُه مُباشَرةً إلى الدَّم فلا يَبْقى فيها إلَّا حوالى 4 لِتْرات. الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّة تُصَرِّفُ الم الفائضَ، الذي يُسَمَّى الآنَ اللِّمْفَ، وتُعيدُ إفراغَه في الأو الدمويَّةِ في أعلى الصَّدْر.

اللِّمْفُ مائعٌ عديمُ اللَّوْن يَحْوي موادَّ مُذابَةً وأنقاضًا ومُتعَضِّياتٍ مُمْرِضةً، كالبَكتيريا والفَيْروسات. وهو يَسْري اتِّجاهٍ واحدٍ مُباعِدٍ لِلأنسِجَة. وبخِلافِ الدَّمِ الذي يَضُخُّ القَلْبُ، فإنَّ اللِّمْفَ يَسْري عَبْرَ الجُمْلةِ اللِّمْفاويَّةِ بِمُساعَدةِ العَضَلاتِ الهيكليَّةِ التي تدفَعُه قُدُمًا كُلَّما تَنْقَبِض. والصِّماماتُ في الأوعيةِ اللِّمْفيَّةِ تَمْنَعُ سَريانَ اللِّمْفِ في الاتِّجاهِ المُعاكِس.

الدِّفاعُ والحِماية

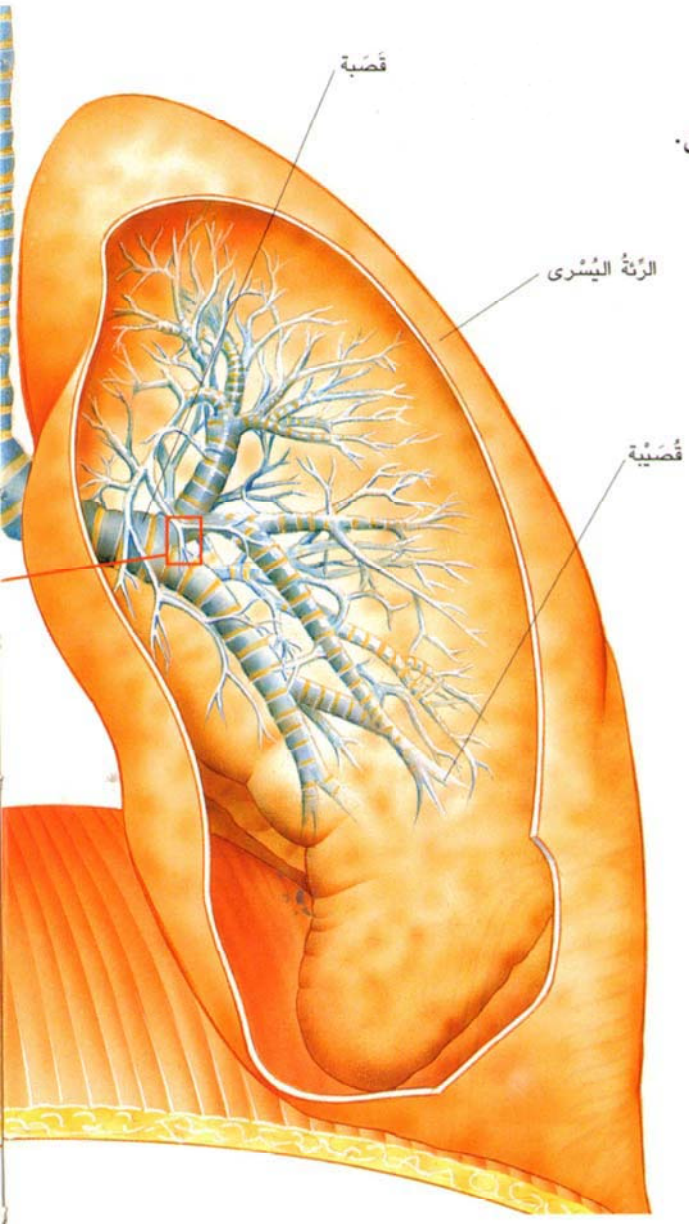
يَمُرُّ اللِّمْفُ أثناءَ سَرَيانِه في الأوعيةِ اللِّمْفيَّةِ عَبْرَ عُقَدٍ لِمْ تُغْتَمَرُ فيها وتُحْتَبَسُ أنقاضُ الخلايا والمُمْرِضاتُ بواسـ كُريَّاتِ دَمٍ بَيضاء بَلْعميَّة (تُسَمَّى البَلْعميَّات). وتُنْتِجُ كُريَّ دمٍ بيضاءَ أُخرى، تُسَمَّى اللِّمْفاويَّات، أجسامًا مُضادَّةً - وهي كيماويَّاتٌ ترصُدُ المُمْرِضاتِ وتُبيدُها. كذلك تقو أعضاءٌ لِمْفيَّةٌ أُخرى بدَورٍ مُماثِل. فاللَّوزتان تَعْترضان المُمْرِضاتِ التي تدخُلُ الفَمَ وتَحْمي الحَلْقَ منها. اللِّمْفاويَّاتُ والبَلْعميَّاتُ تؤلِّفُ معًا جهازَ المَناعةِ – الذي هو جهازُ الجِسْمِ الدِّفاعيُّ الأقوى ضِدَّ الأَمْراض.

اُنْظُر أيضًا

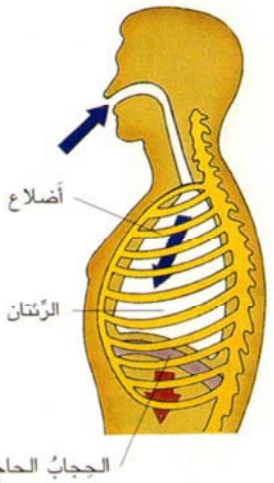
تركيبُ الجِسْم ومَنْظوماته ص 98 – 99
القَلْبُ والدَّورةُ الدمويَّة ص 120 – 121
جهازُ المَناعة ص 137

الرِّئتانِ والتنفُّس

لا حياةَ للبَشَر بدونِ الأُكسجين، الذي يُستَحْصَلُ من الهواءِ المُسْتَنْشَقِ إلى الرِّئتين. في الرِّئتَيْن يَنْسَرِبُ الأُكسجينُ إلى مَجْرى الدَّم ثُمَّ يُنْقَلُ إلى خلايا الجِسْم.



تحتاجُ الخلايا إلى مَدَدٍ ثابتٍ من الطاقة لِتَزويدِ أشطتِها بالقُدرة اللّازمة. وتَسْتَخْدِمُ الخلايا الأُكسِجينَ لِتَحريرِ الطاقةِ من الأطعمة في عمليَّةِ التنفُّس التي يَنْطَلِقُ منها غازُ ثاني أُكسيد الكربون كمُنْتَجٍ فَضَلاتيٍّ سامٍّ يجِبُ إزالتُه من الجِسْم. جهازُ التنفُّس وَظيفتُه إيصالُ الأُكسجين وإزالةُ ثاني أُكسيد الكربون. وهذا الجِهازُ يتألَّفُ من مَنْظومةِ أنابيبَ، تَنْقُلُ الهواءَ إلى الجِسْم ومنه شهيقًا وزَفيرًا، ومن الرِّئتَين اللَّتَين عَبْرَهُما يجري دخولُ الأُكسجينِ إلى الدَّم وخروجُ ثاني أكسيد الكربون منه. ويَقومُ الدَّمُ بنَقْل الأكسجين من الرِّئتين إلى خلايا الجِسْم، ويَعودُ إليهما حامِلًا ثاني أكسيد الكربون الفَضَلاتيّ من الخلايا.

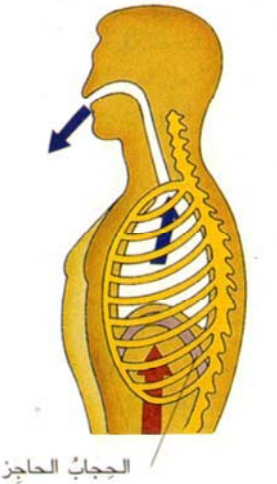


أثناءَ الشَّهيق، في عمليَّةِ التنفُّس، يَنْقَبِضُ الحِجابُ الحاجِزُ ويَتفَلْطح. وتَنْقبِضُ أيضًا العَضَلاتُ الوَرْبيَّةُ (بين الضِّلعيَّة) شادَّةً الأَضلاعَ صُعُدًا وإلى الخارج. وهذا يُوَسِّعُ الرِّئتَين ويُقَلِّلُ الضغطَ داخِلَهُما فَيُسْفَطُ الهواءُ إليهما من الخارج عَبْرَ الأَنْفِ (أو الفَم) والرُّغامَى.

مَنْظومةُ أَنابيب

يَمُرُّ الهواءُ أَوَّلًا عَبْرَ الأَنْف حيثُ تُحْتَبَسُ الجُسَيْماتُ، التي قد تُلْحِقُ ضررًا بالرِّئتين، في شُعَيْراتِ المِنْخَرَيْن والمُخاطِ الدَّبِقِ الذي يُبَطِّنُ التجويفَ الأَنْفيّ. ثُمَّ يَمُرُّ الهواءُ في البُلْعوم عَبْرَ الحَنْجرةِ (صُندوقِ الصوت) إلى الرُّغامَى المُعَزَّزةِ بِقِطَعٍ غُضروفيَّةٍ هِلاليَّةِ الشَّكْل. وهنا أيضًا يَحْتَبِسُ المُخاطُ، في الرُّغامَى، الغُبارَ فتحمِلُه الأهدابُ الشَّعْريَّةُ في حركاتِها المُستَدامةِ صُعُدًا إلى الحَلْق. وتتفَرَّعُ الرُّغامَى إلى قَصَبَتَيْن تَتفَرَّعانِ بدَورهما إلى قُصَيْباتٍ ومَسالكَ هوائيَّةٍ دقيقة داخلَ الرِّئتَيْن.

نَمُوذجٌ لِنواخل الرِّئتين يُبَيِّنُ القَصَبَتَيْن والقُصَيْباتِ الدقيقة (بالأبيض) والشَّريانَ الرئويَّ وتفَرُّعاتِه (بالأحمر). هذه الشَّبكةُ تُسَمَّى الشَّجرةَ لقَصَبيَّةَ – وهي أشبَهُ بشَجَرةٍ مَقْلوبةٍ رأسًا على عَقِب، حيثُ الرُّغامَى جِذْعُها والقَصَبَتان وتفرُّعاتُهما أَغْصانُها.



أثناءَ الزَّفير، في عمليَّةِ التنفُّس، يَرْتخي الحِجابُ الحاجِزُ ويُدْفَعُ صُعُدًا بواسطةِ الأعضاءِ البَطْنيَّةِ تحته؛ وتَرْتخي العَضَلاتُ الوَرْبيَّةُ (بين الضِّلعيَّة) فتهبِطُ الأَضلاعُ سَفْلًا وإلى الدَّاخل. وهذا يُقَلِّلُ الحَجْمَ داخلَ الصَّدْر فتَضْيقُ الرِّئتان ويَزْدادُ الضغطُ داخِلَهُما فيُدفَعُ الهواءُ إلى الخارج.

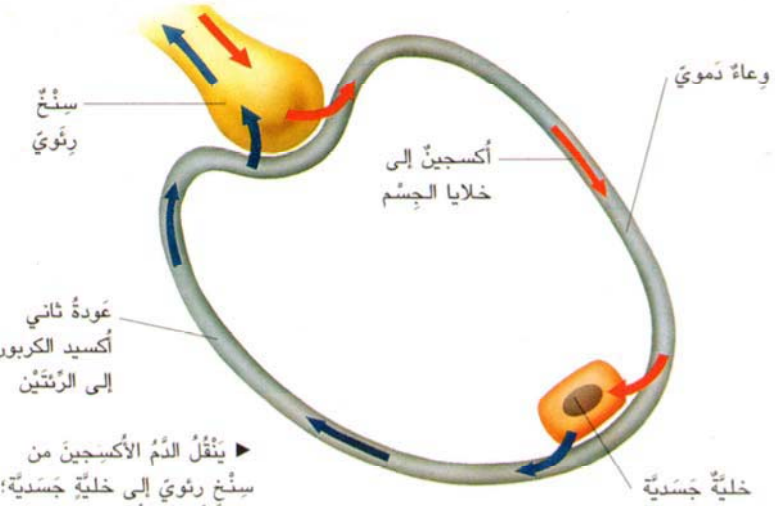
الرِّئتان

الرِّئتانِ تتَموضعان في الصَّدْر على جانبَي القَلْب بحِماية العَمودِ الفقَريِّ وقَفَصِ الأَضلاع. وهما تَرْتكزانِ على الحِجابِ الحاجِز – الصَّفيحَةِ العَضليَّةِ التي تَفْصِلُ الصَّدْرَ عن البَطْن. الرِّئتانِ السَّليمَتان وَرْديَّتا اللَّون لاحتِشائهما بالدَّم؛ وإسفَنْجيَّتا القَوام لِتألُّفِهما من شبكةٍ مُتفَرِّعةٍ من المَسالكِ الهوائيَّةِ تَنْتهي بملايينِ الكُيَيْساتِ الهوائيَّةِ المِجْهريَّةِ المُسَمَّاة أَسْناخًا، والتي يَتِمُّ عَبْرَها دخولُ الأُكسجينِ إلى مَجْرى الدَّم وخروجُ ثاني أكسيد الكربون منه. وتُوَفِّر هذه الأسناخُ المُحْتَشِدةُ داخلَ الصَّدْرِ مِساحةً سَطْحيَّةً لِامْتِصاصِ الأُكسجين تُعادِلُ ثُلُثَي مِساحةِ مَلْعبٍ لِكُرَةِ المَضْرب. ويُجَلِّلُ الرِّئتَيْن من الخارج غِشاءٌ جَنْبيٌّ رَقيقٌ وآخَرُ من الدَّاخل يُبَطِّنُ الجِدارَ الصَّدْريَّ، يَفْصِلُ بينهما سائلٌ مُزَلِّقٌ يُخَفِّضُ الإحْتِكاكَ فيمنَعُ الألَمَ أثناءَ التنفُّس.

تتألَّفُ الرِّئةُ اليُسْرى من فُصَّيْن، واليُمْنى من ثلاثة فُصوص. وتتألَّفُ كُلُّ رئةٍ من شَبكةٍ مسالكَ هوائيَّةٍ مُتَفَرِّعة. تَنْقُلُ الهواءَ إلى كُلِّ رئةٍ ومنها قَصَبةٌ واحدةٌ تَتفرَّعُ إلى قَصَباتٍ ثانويَّةٍ – كُلٌ منها تُزَوِّدُ فُصًّا واحِدًا. وتتفرَّعُ القَصَباتُ الثانويَّةُ إلى قُصَيْباتٍ ثالثيَّة؛ ثُمَّ تَنْقَسِمُ هذه المسالكُ الهوائيَّةُ إلى فروعٍ أصغرَ فأصغرَ حتَّى تَتناهَى في كُيَيْساتٍ هوائيَّةٍ تُسَمَّى أَسْناخًا (أو حُوَيْصلات) رئويَّة.

الرِّئةُ اليُمْنى

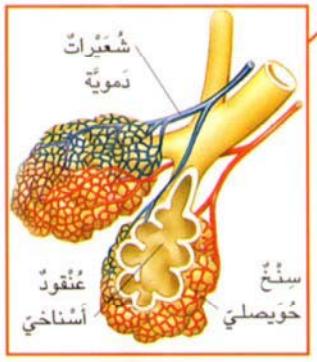
الحِجابُ الحاجِز



◄ يَنْقُلُ الدَّمُ الأُكسِجينَ من سِنْخٍ رِئَويّ إلى خليَّةٍ جَسَديَّة؛ ويَحمِلُ ثاني أُكسيد الكربون الفَضَلاتيَّ من الخليَّة إلى السِّنْخ الرِّئَويِّ الحُوَيْصليّ.

▲ تَنْقَسِمُ القَصَباتُ الأصغرُ إلى فُروعٍ أصْغرَ فأصغرَ – تُسَمَّى قُصَيْبات – لا يَتجاوزُ قُطْرُ أصغرِها المليمترَ الواحِد.

▼ تَنْقَسِمُ القُصَيْباتُ الانتِهائيَّةُ إلى قُصَيْباتٍ تنفُّسيَّةٍ أَضْيَق؛ وتَنْتَهي هذه المَسالِكُ الهوائيَّةُ الدقيقةُ بتَجَمُّعاتٍ عُنْقوديَّةٍ من الأَسْناخ يزيدُ عددُها في كِلا الرِّئتَيْن على 300 مِليون سِنْخ.



التبادُلُ الغازيّ

يَجْري التبادُلُ الغازيُّ في الأَسْناخ باستِمْرار، ويُؤَمِّنُ ذلك لِخلايا الجِسْم مَدَدًا ثابتًا من الأُكسجين وعَدمَ تَسَمُّم بتراكُم ثاني أكسيد الكربون فيها. يَذوبُ الأُكسجينُ في الطَّبقةِ السائليَّةِ الرقيقةِ التي تُبَطِّنُ كُلَّ سِنْخ، ثُمَّ يَنْتَقِلُ بالانتِضاح الغِشائيّ – انتقال الجُزَيئاتِ من التَّرْكيزِ الأعلى إلى التَّرْكيز الأخفض – عَبْرَ جدارِ السِّنْخِ الرَّقيقِ إلى وِعاءٍ دَمويٍّ شَعْريٍّ وإلى داخلِ كُريَّاتِ الدَّمِ الحَمْراء. ويَنْتَضِحُ ثاني أكسيد الكربون بالاتِّجاه المُعاكِس، من الدَّمِ إلى الهواءِ داخِلِ السِّنْخ ثُمَّ يُزْفَرُ خارجًا. في المُعدَّل يَحْوي هواءُ الشَّهيق 21 بالمئة أُكسجينًا وَ 0,04 بالمئة ثاني أُكسيد الكربون. ويَحْوي هواءُ الزَّفير 16 بالمئة أُكسجينًا وحوالى 4 بالمئة ثاني أُكسيد الكربون.

التنَفُّس

عَمليَّةُ التنَفُّس تَنْقُلُ الهواءَ النَّقيَّ إلى داخلِ الرِّئتَين لِتوفير مَدَدٍ مُتَجدِّدٍ مُستمِرٍّ من الأُكسجين. وهي تدفَعُ أيضًا الهواءَ المُستَنْفَدَ خارجَ الرِّئتَيْن لإزالةِ ثاني أكسيد الكربون. تَعْتَمِدُ الرِّئتانِ المَرِنتانِ على الحِجابِ الحاجِز وعلى العَضَلاتِ الضِّلْعيَّةِ لِتَغْييرِ شَكْلِ الصَّدرِ. وتعمَلُ أغشِيَةُ الجَنْبةِ التي تُغَطِّي سُطوحَ الرِّئتَيْن وتُبَطِّنُ الجِدارَ الصَّدْريّ «كَلَيْنةٍ لاصِقةٍ» تجعَلُ الرِّئتَيْن تَتْبَعانِ حركاتِ الصَّدْر. أثناءَ الشهيق، يَنْقبِضُ الحِجابُ الحاجِزُ والعَضَلاتُ الوَرْبيَّةُ بين الضِّلْعيَّة فيتوسَّعُ الصَّدْرُ ويكْبُر حَجْمُ الرِّئتَيْن فينْخَفِضُ الضغطُ بداخِلِهما – ويُسْفَطُ إليهما الهواء. ويَحْدُثُ العَكْسُ أثناءَ الزَّفير. والمَعروفُ أنَّ الرِّئتَيْن لا تَمْتلئانِ تَمامًا بالهواء ولا تُفْرَغانِ تمامًا منه – فهنالك مَدَدٌ احتياطِيٌّ من الهواءِ يَبْقى بداخِلِهما يُعَزِّزُ ويُجَدَّدُ مع كُلِّ شَهيق.

مَنْظرٌ لدواخلِ الرِّئتَين مُكبَّرٌ 410 مرَّات يُبَيِّنُ وعاءً دمويًّا شَعْريًّا مَليئًا بِكُريَّاتِ دَم حَمْراء هذه الكُريَّاتُ تَتلَقَّطُ الأُكسجينَ من شَبكةِ الأَسْناخِ المُحيطة.

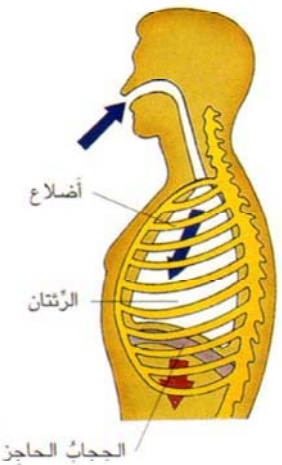
اُنْظُر أيضًا

القَلْبُ والدَّورةُ الدمويَّة
ص 120 – 121
الدَّم ص 122
إبرازُ الفَضَلات ص 131

الرِّئتانِ والتنفُّس

لا حياةَ للبَشَر بدونِ الأُكسجين، الذي يُستَحصَلُ من الهواءِ المُستَنشَقِ إلى الرِّئتين. في الرِّئتَيْن يَنسَرِبُ الأُكسجينُ إلى مَجرى الدَّم ثُمَّ يُنقَلُ إلى خلايا الجِسْم.

تحتاجُ الخلايا إلى مَدَدٍ ثابتٍ من الطاقة لِتَزويدِ أنشطتِها بالقُدرة اللّازمة. وتَستَخدِمُ الخلايا الأُكسِجينَ لِتَحريرِ الطاقةِ من الأَطعمة في عمليَّةِ التنفُّس التي يَنطَلِقُ منها غازُ ثاني أكسيد الكربون كمُنتَجٍ فَضلاتيٍّ سامٍّ يجبُ إزالتُه من الجِسْم. جهازُ التنفُّس وَظيفتُه إيصالُ الأُكسجين وإزالةُ ثاني أُكسيد الكربون. وهذا الجِهازُ يتألَّفُ من مَنظومةِ أنابيبَ، تَنقُلُ الهواءَ إلى الجِسْم ومنه شهيقًا وزَفيرًا، ومن الرِّئتَين اللَّتَين عَبْرَهُما يجري دخولُ الأُكسجينِ إلى الدَّم وخروجُ ثاني أكسيد الكربون منه. ويَقومُ الدَّمُ بنَقْلِ الأكسجين من الرِّئتين إلى خلايا الجِسْم، ويَعودُ إليهما حاملًا ثاني أكسيد الكربون لفَضَلاتيّ من الخلايا.

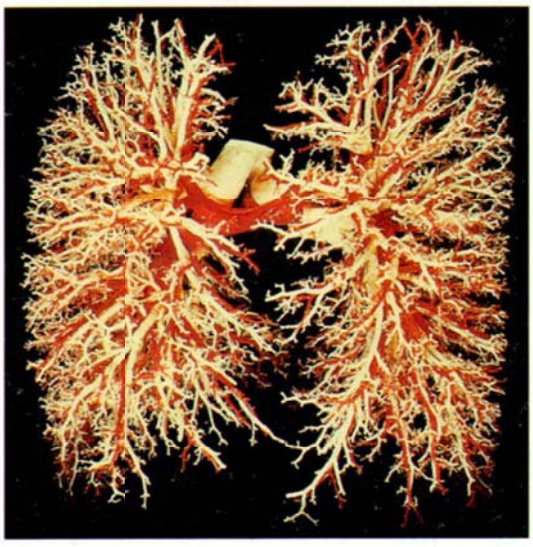


أثناءَ الشَّهيق، في عمليَّةِ التنفُّس، يَنْقَبِضُ الحِجابُ الحاجِزُ ويَتفلْطح. وتَنْقَبِضُ أيضًا العَضَلاتُ الوَرْبيَّةُ (بين الضِّلعيَّة) شادَّةً الأضلاعَ صُعُدًا وإلى الخارج. وهذا يُوَسِّعُ الرِّئتين ويُقلِّلُ الضغطَ داخِلَهُما فَيُسفَطُ الهواءُ إليهما من الخارج عَبْرَ الأَنْفِ (أو الفَم) والرُّغامَى.

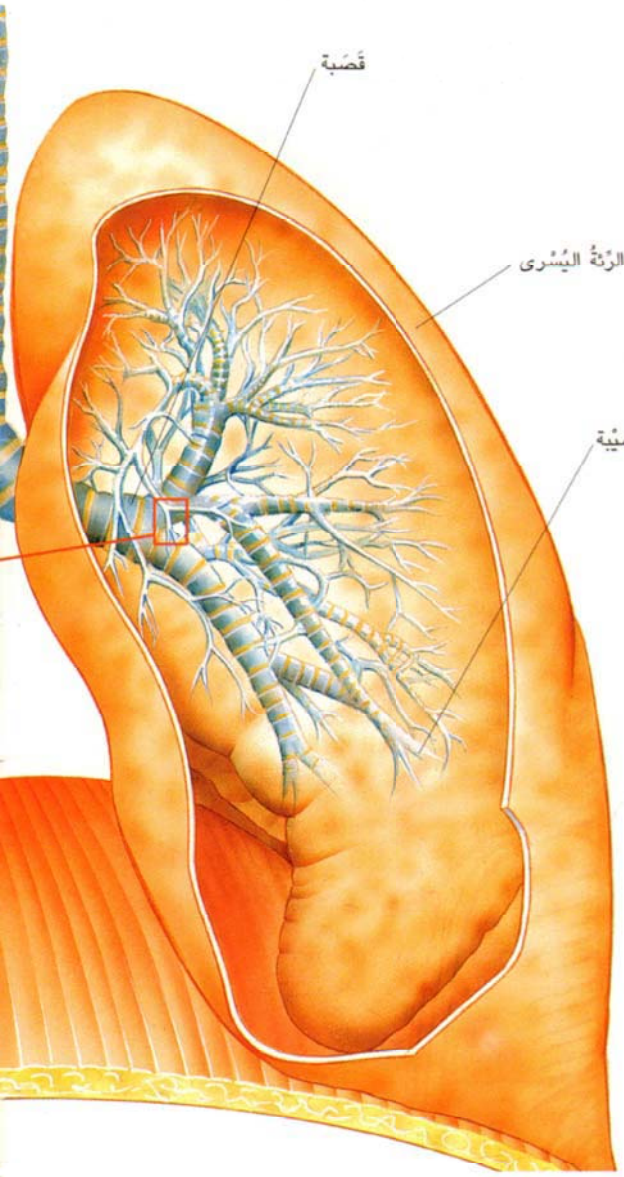
أثناءَ الزَّفير، في عمليَّةِ التنفُّس، يَرْتخي الحِجابُ الحاجِزُ ويُدْفَعُ صُعُدًا بواسطةِ الأعضاءِ البَطْنيَّةِ تحته؛ وتَرْتخي العَضَلاتُ الوَرْبيَّةُ (بين الضِّلعيَّة) فتهبطُ الأضلاعُ سَفْلًا وإلى الدّاخل. وهذا يُقلِّلُ الحَجْمَ داخلَ الصَّدْر فتَضيقُ الرِّئتان ويَزْدادُ الضغطُ داخِلَهُما فيُدفَعُ الهواءُ إلى الخارج.

مَنْظومةُ أَنابيب

يَمُرُّ الهواءُ أوَّلًا عَبْرَ الأَنف حيثُ تُحتَبَسُ الجُسَيْماتُ، التي قد تُلْحِقُ ضررًا بالرِّئتين، في شُعَيْراتِ المِنْخَرَيْن والمُخاطِ الدَّبِقِ الذي يُبَطِّنُ التجويفَ الأَنفيّ. ثُمَّ يَمُرُّ الهواءُ في البُلْعوم عَبْرَ الحَنْجرةِ (صُندوقِ الصوت) إلى الرُّغامَى المُعَزَّزةِ بِقِطَعٍ غُضروفيَّةٍ هِلاليَّةِ الشَّكْل. وهنا أيضًا يَحْتَبِسُ المُخاطُ، في الرُّغامَى، الغُبارَ فتحمِلُه الأهدابُ الشَّعْريَّةُ في حركاتها المُستَدامةِ صُعُدًا إلى الحَلْق. وتتفَرَّعُ الرُّغامَى إلى قَصَبَتَيْن تَتفَرَّعانِ بدَورهما إلى قُصَيْباتٍ ومَسالكَ هوائيَّةٍ دقيقة داخلَ الرِّئتَيْن.

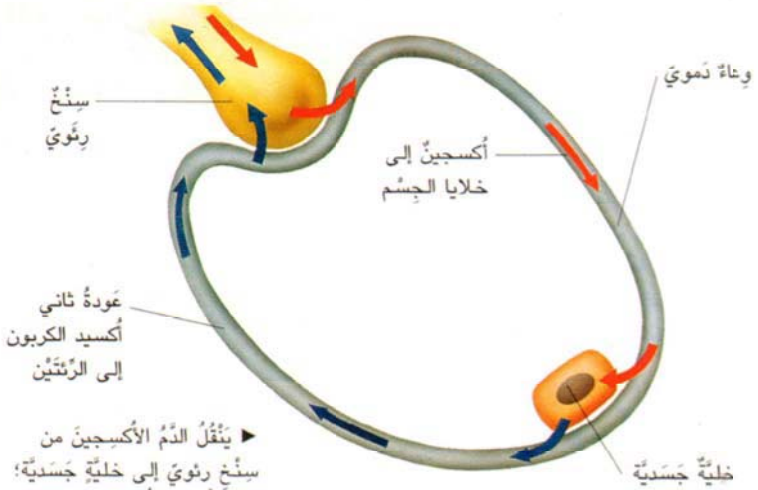


نَموذجٌ لِدَواخل الرِّئتين يُبَيِّنُ القَصَبَتَيْن والقُصَيْبات الدقيقة (بالأبيض) والشَّريانَ الرئويَّ وتفَرُّعاتِه (بالأحمر). هذه الشَّبكةُ تُسَمَّى الشَّجرةَ القَصَبيَّةَ – وهي أشبهُ بشَجَرةٍ مَقْلوبةٍ راسًا على عَقِب، حيثُ الرُّغامَى جِذْعُها والقَصَبَتان وتفرُّعاتُهما أَغْصانُها.



الرِّئتان

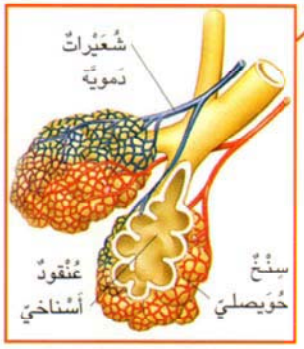
الرِّئتانِ تتموضعان في الصَّدْر على جانبَي القَلْب بحماية العَمودِ الفقَريِّ وقَفَصِ الأَضلاع. وهما تَرْتكزانِ على الحِجابِ الحاجِز – الصَّفيحَةِ العَضليَّةِ التي تَفْصِلُ الصَّدْرَ عن البَطْن. الرِّئتانِ السَّليمَتان وَرْديَّتا اللَّون لاحتِشائهما بالدَّم؛ وإسفَنْجيَّتا القَوام لِتألُّفِهما من شبكةٍ مُتفَرِّعةٍ من المَسالكِ الهوائيَّةِ تَنْتهي بملايينِ الكُيَيْساتِ الهوائيَّة المِجْهريَّةِ المُسَمَّاة أسْناخًا، والتي يَتِمُّ عَبْرَها دخولُ الأُكسجينِ إلى مَجْرى الدَّم وخروجُ ثاني أكسيد الكربون منه. وتُوَفِّر هذه الأسناخُ المُحْتَشِدةُ داخلَ الصَّدْرِ مِساحةً سَطْحيَّةً لِامْتِصاصِ الأُكسجين تُعادِلُ ثُلُثَي مِساحةِ مَلْعبٍ لِكُرَةِ المَضْرب. ويُجَلِّلُ الرِّئتَيْن من الخارج غِشاءٌ جَنْبيٌّ رَقيقٌ وآخَرُ من الدَّاخل يُبَطِّنُ الجِدارَ الصَّدْريَّ، يَفْصِلُ بينهما سائلٌ مُزَلِّقٌ يُخَفِّضُ الاحْتِكاكَ فيمنَعُ الألَمَ أثناءَ التنفُّس.



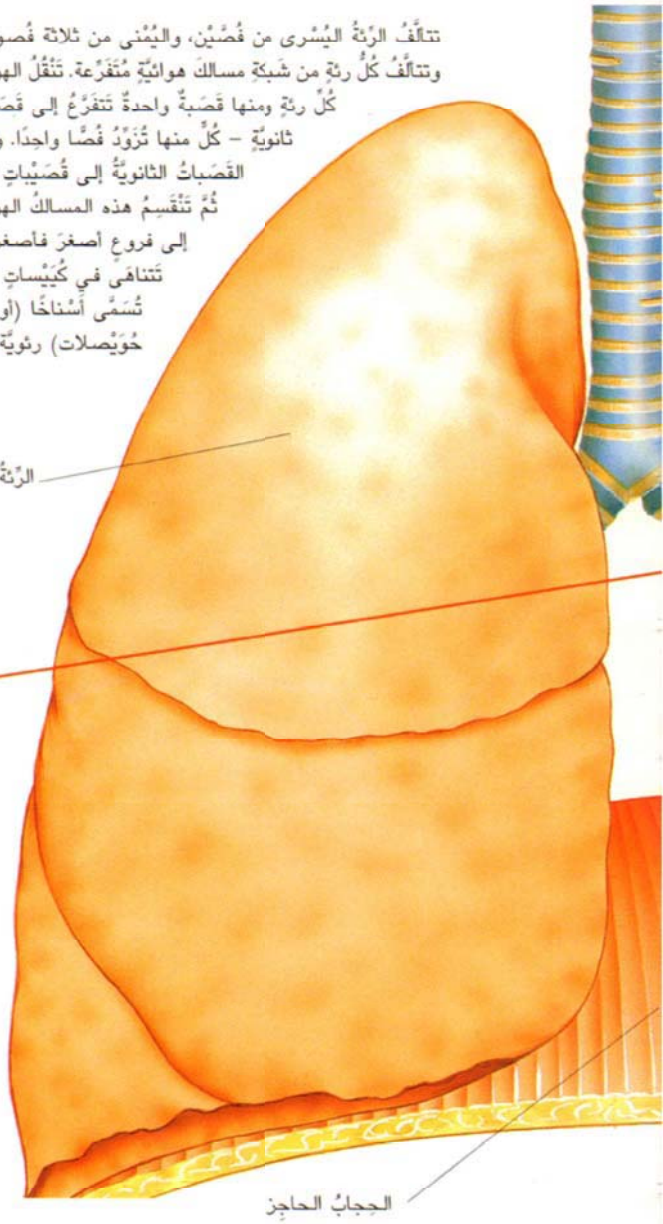
► يَنْقُلُ الدَّمُ الأكسجينَ من سِنْخٍ رِئَويّ إلى خليّةٍ جَسَديّة؛ ويَحمِلُ ثاني أكسيد الكربون الفَضَلاتيَّ من الخليّة إلى السِّنْخ الرِّئَويّ الحُوَيْصليّ.

▲ تَنْقَسِمُ القُصَيْباتُ الأصغرُ إلى فُروعٍ أصغرَ فأصغرَ – تُسمَّى قُصَيْبات – لا يَتجاوَزُ نُطْرُ أصغرِها المليمترَ الواحد.

▼ تَنْقَسِمُ القُصَيْباتُ الانتهائيَّةُ إلى قُصَيْباتٍ تنفُّسيَّةٍ أضْيَقَ؛ وتَنْتهي هذه المَسالكُ الهوائيَّةُ الدقيقةُ بتَجَمُّعاتٍ عُنْقوديَّةٍ من الأسْناخ يزيدُ عددُها في كِلا الرِّئتَيْن على 300 مِليون سِنْخ.



تتألَّفُ الرِّئةُ اليُسْرى من فُصَّيْن، واليُمْنى من ثلاثة فُصوص. وتتألَّفُ كُلُّ رِئةٍ من شَبكةٍ مسالكَ هوائيَّةٍ مُتَفَرِّعة. تَنْقُلُ الهواءَ إلى كُلِّ رِئةٍ ومنها قَصَبةٌ واحدةٌ تَتفرَّعُ إلى قَصَباتٍ ثانويَّةٍ – كُلٌّ منها تُزَوِّدُ فُصًّا واحدًا. وتتفرَّعُ القَصَباتُ الثانويَّةُ إلى قُصَيْباتٍ ثالثيَّة؛ ثُمَّ تَنْقَسِمُ هذه المسالكُ الهوائيَّةُ إلى فُروعٍ أصغرَ فأصغرَ حتَّى تَتناهَى في كُيَيْساتٍ هوائيَّةٍ تُسمَّى أسْناخًا (أو حُوَيْصلات) رئويَّة.

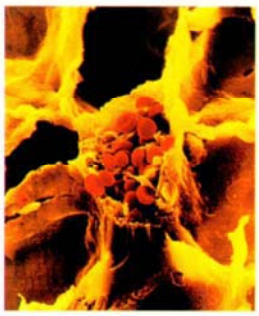


التبادُلُ الغازيّ

يَجْري التبادُلُ الغازيُّ في الأسْناخ باستِمْرار، ويُؤمِّنُ ذلك لِخلايا الجِسْم مَددًا ثابتًا من الأكسجين وعَدمَ تَسَمُّم بتراكُم ثاني أكسيد الكربون فيها. يَذوبُ الأكسجينُ في الطَّبقةِ السائليَّةِ الرقيقةِ التي تُبَطِّنُ كُلَّ سِنْخ، ثُمَّ يَنْتَقِلُ بالانتِضاح الغِشائيّ – انتقال الجُزَيئاتِ من التَّرْكيزِ الأعلى إلى التَّرْكيز الأخفض – عَبْرَ جدارِ السِّنْخِ الرَّقيقِ إلى وِعاءٍ دَمَويٍّ شَعْريٍّ وإلى داخلِ كُريَّاتِ الدَّمِ الحَمْراء. ويَنْتَضِحُ ثاني أكسيد الكربون بالاتِّجاه المُعاكِس، من الدَّمِ إلى الهواءِ داخِلِ السِّنْخ ثُمَّ يُزْفَرُ خارجًا. في المُعدَّل يَحْوي هواءُ الشَّهيق 21 بالمئة أكسجينًا وَ 0,04 بالمئة ثاني أكسيد الكربون. ويَحْوي هواءُ الزَّفير 16 بالمئة أكسجينًا وحوالى 4 بالمئة ثاني أكسيد الكربون.

التنَفُّس

عَمليَّةُ التنَفُّس تَنْقُلُ الهواءَ النَّقيَّ إلى داخلِ الرِّئتَين لِتوفير مَدَدٍ مُتَجدِّدٍ مُستمِرٍّ من الأكسجين. وهي تدفَعُ أيضًا الهواءَ المُستَنْفَدَ خارجَ الرِّئتَيْن لإزالةِ ثاني أكسيد الكربون. تَعْتَمِدُ الرِّئتانِ المَرِنتانِ على الحِجابِ الحاجِز وعلى العَضَلاتِ الضِّلْعيَّةِ لِتَغْيير شَكْلِ الصَّدْر. وتعمَلُ أغشِيَةُ الجَنْبةِ التي تُغَطِّي سُطوحَ الرئتَيْن وتُبَطِّنُ الجِدارَ الصَّدْريّ «كَلَيْنةٍ لاصِقَة» تجعَلُ الرئتَيْن تَتْبَعانِ حركاتِ الصَّدْر. أثناءَ الشهيق، يَنْقبِضُ الحِجابُ الحاجِزُ والعَضَلاتُ الوَرْبيَّةُ بين الضِّلْعيَّة فيتوسَّعُ الصَّدْرُ ويكْبُر حَجْمُ الرئتَيْن فيَنْخَفِضُ الضغطُ بداخِلهما - ويُسْفَطُ إليهما الهواء. ويَحْدُثُ العَكْسُ أثناءَ الزَّفير. والمَعروفُ أنَّ الرئتَيْن لا تَمْتلئانِ تَمامًا بالهواء ولا تُفْرَغان تمامًا منه – فهنالك مَددٌ احتياطيٌّ من الهواءِ يَبْقى بداخِلِهما يُعَزِّزُ ويُجَدِّدُ مع كُلِّ شَهيق.



مَنْظرٌ لدواخلِ الرئتَين مُكبَّرٌ 410 مرَّات يُبَيِّنُ وعاءً دمويًّا شَعْريًّا مَليئًا بِكُريَّاتِ دَم حَمْراء. هذه الكُريَّاتُ تَتلَقَّطُ الأكسجينَ من شَبَكةِ الأسْناخ المُحيطة.

انْظُر أيضًا
القَلْبُ والدَّورةُ الدمويّة
ص 120 – 121
الدَّم ص 122
إبرازُ الفَضَلات ص 131

الغِذاءُ والتَّغْذِيَة

يُزَوِّدُ الطعامُ الجِسْمَ بموادَّ حيويَّةٍ نُسَمِّيها مُغَذِّيات. والتَّغْذِيةُ الجَيِّدةُ تَعْني أنَّ الجِسْمَ يتوفَّرُ له مَدَدٌ كافٍ ومُتَوازِنٌ من هذه المُغَذِّيات.

الشَّخْصُ الذي يتعَوَّدُ تَناوُل طعامِه من الوَجَبات السَّريعةِ من غير المُحْتَمل أنَّه يتلَقَّى غِذاءً مُتَوازنًا. فرُغْمَ أنَّ الوَجْبةَ المُبَيَّنةَ أعلاه تحوي بعضَ الكربوهِدْراتات في الخُبْزِ والبطاطا المَقْلِيَّةِ، ولعلَّها أيضًا غنيَّةٌ جِدًّا بالبروتيناتِ والدُّهون الحيوانيَّة، فهي تفتقِرُ إلى الثِّمارِ أو الخضراواتِ الطازَجة لِتَوفيرِ الڤيتامينات والمَعادن.

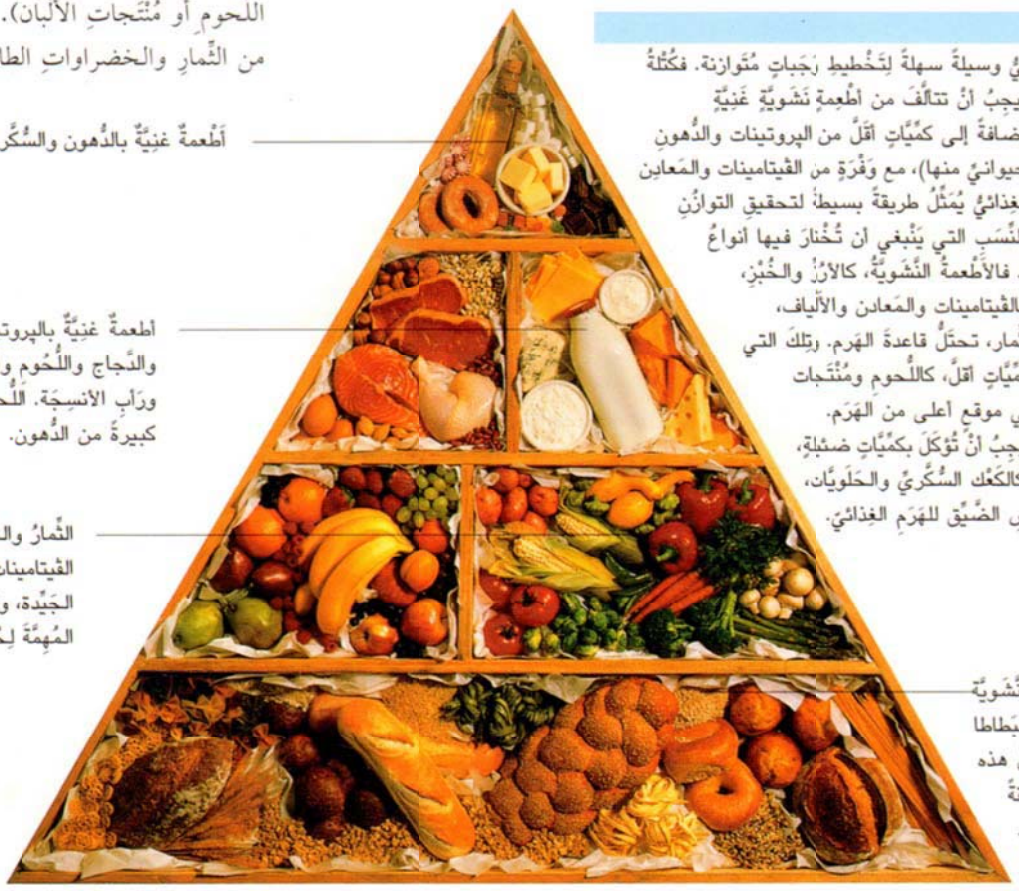
بالتَّغْذِيةِ يَحْصُلُ البَشَرُ على مَدَدٍ مُنْتَظِمٍ من الغِذاءِ لِلبَقاءِ على قَيدِ لحياة. مُعْظَمُ الأَطْعمةِ تحوي أصنافًا مُتَنوِّعةً من المُغَذِّيات يتَمَثَّلُها ويَمْتَصُّها الجسمُ أثناءَ عمليَّةِ الهَضْم.

المُغَذِّياتُ الكُبْرِيَّةُ – كالكربوهِدْراتاتِ والبروتينات والدُّهون – يَحْتاجُها الجِسْمُ يوميًّا بكمِّيَّاتٍ كبيرةٍ. فالكربوهِدْراتاتُ تُوَفِّرُ الطاقةَ – وهي تشْمَلُ النشويَّاتِ المُعَقَّدةَ، كما في البَطاطا والمَعْكرونةِ، والسُّكَّرِيَّاتِ البَسيطةِ في الثِّمارِ والحَلَوِيَّات. والبروتيناتُ تُوَفِّرُ وَحَداتٍ بِنائيَّةً بَسيطةً، تُسَمَّى الأحماضَ الأَمينيَّة، لِلنموِّ ورَأْبِ الأنسِجَةِ التالِفَة. والدُّهونُ تُوَفِّرُ الطاقةَ وتُسْهِمُ في عَزْلِ الجِسْم ضِدَّ الحَرِّ والقَرّ. أمّا المُغَذِّياتُ الصُّغْرِيَّةُ – كالڤيتامينات والمَعادِن – فيَحْتاجُ إليها الجِسْمُ يوميًّا بكمِّيَّاتٍ ضئيلةٍ، لكِنَّها ضروريَّةٌ لكي تَقومَ الخلايا بوَظائِفِها. وهي تَشْمَلُ ڤيتامينات، كڤيتامينات أ وَ ج ومعادِنَ كالكالسيُوم. ومن الضروراتِ التغذويَّةِ الأُخرى الماءُ وهو ضروريٌّ للحِفاظِ على توازُنِ السوائلِ في الجِسْم، والأَلياف – الخَشائنُ النَّباتيَّةُ اللَّامُنْهَضِمَة – الضروريَّةُ لِعَمَلِ العَضَلاتِ المِعَويَّةِ على الوجْهِ الصَّحيح.

يَنْبغي انْ تكونَ وَجَباتُ الطعام جيِّدةَ التوازُن كما في الوَجبة أعلاه. فالمَعْكرونةُ والخُبْزُ يُوَفِّران الكربوهِدْراتات؛ والفاصولياء والسَّمكُ تُؤَمِّنُ البروتيناتِ والڤيتامينات وبعضَ الدُّهون؛ والسَّلَطاتُ تحوي الڤيتامينات والمَعادِنَ والأَلياف.

الوَجَباتُ اليَوميَّةُ المُتَوازِنة

الوَجَباتُ اليوميَّةُ تُشيرُ إلى نوعِ وكمِّيَّةِ الطعام الذي يتناوَلُه الشخصُ يوميًّا. فلِلْحِفاظِ على صِحَّةٍ جَيِّدةٍ وتجَنُّبِ الزِّيادةِ في الوَزْن، يَنْبغي أنْ تكونَ وَجَباتُ الشَّخصِ مُتَوازِنةً تَشْمَلُ مدًى من المُغَذِّياتِ بالكمِّيَّاتِ الصحيحة. فالوَجَباتُ اليَوميَّةُ المُتَوازنة يَنْبغي أنْ تشمَلَ حوالى 55 بالمئة كربوهِدْراتاتٍ (غالِبًا نشَويَّات مُعَقَّدة)، وحوالى 15 بالمئة بروتينات وَ 30 بالمئة أو أقلَّ دُهونًا (الدهونُ اللَّامُشْبَعةُ، من زُيوتٍ نباتيَّةٍ وأسماكٍ دهنيَّة، أفضلُ صِحِّيًّا من الدهونِ المُشْبَعةِ في اللُّحومِ أو مُنْتَجاتِ الأَلْبان). ويَجِبُ أنْ تتضَمَّنَ أيضًا وَفْرةً من الثِّمارِ والخضراواتِ الطازَجة.



أَطْعِمةٌ غنيَّةٌ بالدُّهون والسُّكَّر يَنْبَغي تناوُلُها بكمِّيَّاتٍ ضَئيلةٍ فقط.

أطعمةٌ غنيَّةٌ بالبروتينات كالفاصولياءِ والأَسماكِ والدَّجاج واللُّحوم والأَجْبان. البروتيناتُ ضروريَّةٌ لِلنموِّ ورَأْبِ الأنسِجَة. اللُّحومُ والأجبانُ تحوي أيضًا كمِّيَّاتٍ كبيرةً من الدُّهون.

الثِّمارُ والخضراواتُ الطازَجةُ تُوَفِّرُ الڤيتامينات والمعادِنَ الضروريَّةَ لِلصِّحَّةِ الجَيِّدة، وتحوي أيضًا الألياف (الخشائنَ) المُهِمَّةَ لِحُسْنِ عَمل جهازِ الهَضْم.

أَطْعِمةٌ غنيَّةٌ بالكربوهِدْراتات النَّشَويَّة كالأرُزِّ والخُبْزِ والبَطاطا والمَعْكرونة. أمثالُ هذه الأطعمةِ تُطلِقُ طاقةً ببُطْءٍ طوالَ اليوم.

الهَرَمُ الغِذائيّ

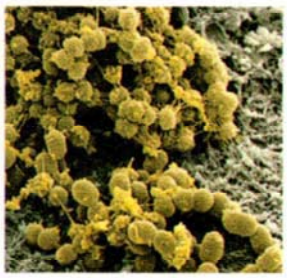
يُوَفِّرُ الهَرَمُ الغِذائيُّ وسيلةً سهلةً لِتَخْطيطِ وَجَباتٍ مُتَوازنة. فكُتْلةُ الوَجْبةِ المُتوازنةِ يجبُ انْ تتألَّفَ من أطْعِمةٍ نَشَويَّةٍ غَنِيَّةٍ بالكربوهِدْراتات، إضافةً إلى كمِّيَّاتٍ أقلَّ من البروتينات والدُّهون (بأفضليَّةٍ غَيْرِ الحيوانيّ منها)، مع وَفْرَةٍ من الڤيتامينات والمَعادِن والأَلياف. الهَرَمُ الغِذائيُّ يُمَثِّلُ طريقةً بسيطةً لتحقيقِ التوازُنِ الصَّحيح بتبْيان النِّسَبِ التي يَنْبغي ان تُخْتارَ فيها أنواعُ الأطعمةِ الرئيسيَّة. فالأَطْعِمةُ النَّشَويَّةُ، كالأرُزِّ والخُبْزِ، والأَطْعِمةُ الغنيَّةُ بالڤيتامينات والمَعادِن والأَلياف، كالخضراواتِ والثِّمار، تحتَلُّ قاعدةَ الهَرَم. وتِلكَ التي يَجِبُ انْ تُؤكَلَ بكمِّيَّاتٍ أقلّ، كاللُّحومِ ومُنْتَجات الأَلْبان، تتواجَدُ في موقعٍ أعلى من الهَرَم. امّا الأَطْعِمةُ التي يجبُ انْ تُؤكَلَ بكمِّيَّاتٍ ضئيلةٍ، أو لا تُؤكَلَ أبدًا، كالكَعْك السُّكَّريِّ والحَلَوِيَّات، فتتواجَدُ في الرأسِ الضَّيِّقِ للهَرَمِ الغِذائيّ.

اُنْظُر أيضًا

الهَضْم ص 128 – 129
الأَيْض (الاسْتِقلاب) ص 130
إبرازُ الفَضَلات ص 131
كيمياءُ الأَغذِيَة ص 188 – 189

الأَسْنان

تُؤدِّي الأَسْنانُ دورًا مُهِمًّا في بدايةِ عمليَّةِ الهَضْم. فهي تَقْبِضُ الطعامَ وتُقَطِّعُه شقَفًا صغيرةً ثُمَّ تَسْحَقُه تَيْسيرًا لِبَلْعِه مع اللُّعاب.



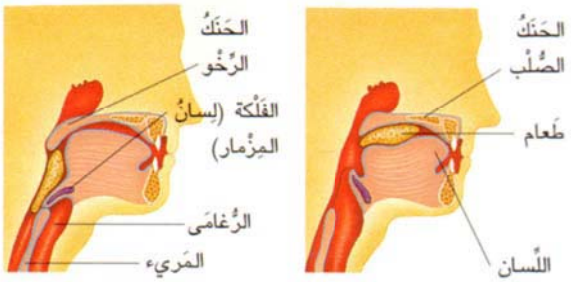
مَنْظرٌ مُكَبَّرٌ 4958 مرَّةً لبكتيريا تَعيشُ على سِنٍّ بَشَريَّة. وما لَمْ تُنَظَّف الأَسْنانُ بانتِظام، فإنَّ أمثالَ هذه البكتيريا تُكَوِّنُ غِلافًا صَلْدًا يُسَمَّى القُلاحَ. والبكتيريا في القُلاحِ تَغْتذي بالسُّكَّرِيَّاتِ وتُطْلِقُ أحماضًا تَنْخُرُ الأسنانَ وتَتْلَفُها.

الأَسْنانُ بِنًى صَلْدةٌ تَبْزُغُ من اللِّثَتَيْن اللَّيِّنَتَيْن، وتَترسَّخُ بثَباتٍ في الفَكَّيْن العُلْويّ والسُّفْليّ. وتتألَّفُ كُلُّ سِنٍّ من تاجٍ مَرْئيٍّ وجَذْرٍ سُفْليٍّ خَفِيّ. الأَسْنانُ الـ 32 الدائمةُ في فَمِ شَخْصٍ بالِغٍ تَتَباينُ شَكْلًا ووَظيفةً. ففي كُلٍّ من الفَكَّيْن أربعُ قواطعَ إزميليَّةِ الشَّكْلِ، تَقْبِضُ الطعامَ وتَقْطَعُه، ونابان مُدَبَّبانِ يَخْترقانِ الطعامَ ويُمَزِّقانه، وأربعُ ضَواحِكَ مُسَطَّحةٌ، بالإضافةِ إلى سِتِّ طواحِنَ كبيرةٍ، تَهْرُسُ الطعامَ وتَطْحَنُه.

تَبْزُغُ في البَشَرِ مَجموعتانِ من الأسنان على مدَى العُمْر – مَجْموعةٌ أوَّليَّةٌ من 20 سنًّا تُسَمَّى أسنانَ اللَّبَن، تَبْزُغُ ما بينَ الشهرِ السادس والشهر الثلاثين من عُمْر الطِّفْل. وتتألَّفُ المَجْموعةُ الثانيَةُ، الأسنان الدائمةُ، من 32 سنًّا، وتكونُ براعِمُها قد تخلَّقَتْ سَلَفًا داخل اللِّثَتَيْن؛ لكنَّها تبدأُ بُزوغَها تدريجيًّا بَدْءًا من السَّنة السَّادسة من العُمْر، لِتَحُلَّ محَلَّ أسنانِ اللَّبَن التي تَتخَلْخَلُ وتَسْقُط. وتكتمِلُ مجموعةُ الأسنانِ الدائمةُ بالنواجِذ (أضراس العَقْل) التي تَبْزُغُ عند البُلوغِ غالِبًا، في عَشْراوِيَّات العُمْر.

المَضْغُ والبَلْع

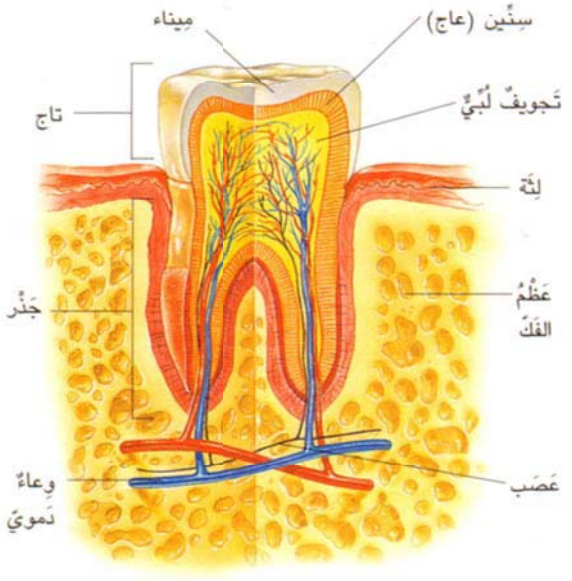
الشَّفَتانِ والأسنانُ الأماميَّةُ تَسْحَبُ الطَّعامَ إلى داخلِ الفَم. وتَقومُ عَضَلاتٌ قويَّةٌ بتَحريكِ الفَكِّ السُّفْليِّ صُعودًا ونُزولاً لِهَرْسِ الطعام وسَحْقِه بين الضواحِكِ والطواحِن (الأرحاء). ويتواجَدُ في الفَم ثلاثةُ أزواجٍ من الغُدَدِ اللُّعابيَّة التي يَنْشَطُ إفرازُها بالمَضْغ. ويَقومُ اللِّسانُ بمَزْجِ الطعامِ المَطْحونِ باللُّعاب. ثُمَّ يَدْفَعُ اللِّسانُ كُتلةَ المَزيجِ الزلِقةَ، المُسَمَّاةَ بُلْعَةً، إلى داخلِ الحَلْق. وتَسْتَثيرُ البُلْعَةُ مُنْعَكِسًا تمَعُّجيًّا أُوتوماتيًّا من الإنْقباضِ العَضَليِّ يَدْفَعُ الطعامَ المَمْضوغَ عَبْرَ المَريء إلى المَعِدةِ حيثُ تَجْري المَرْحلةُ التاليةُ من عمليَّةِ الهَضْم.



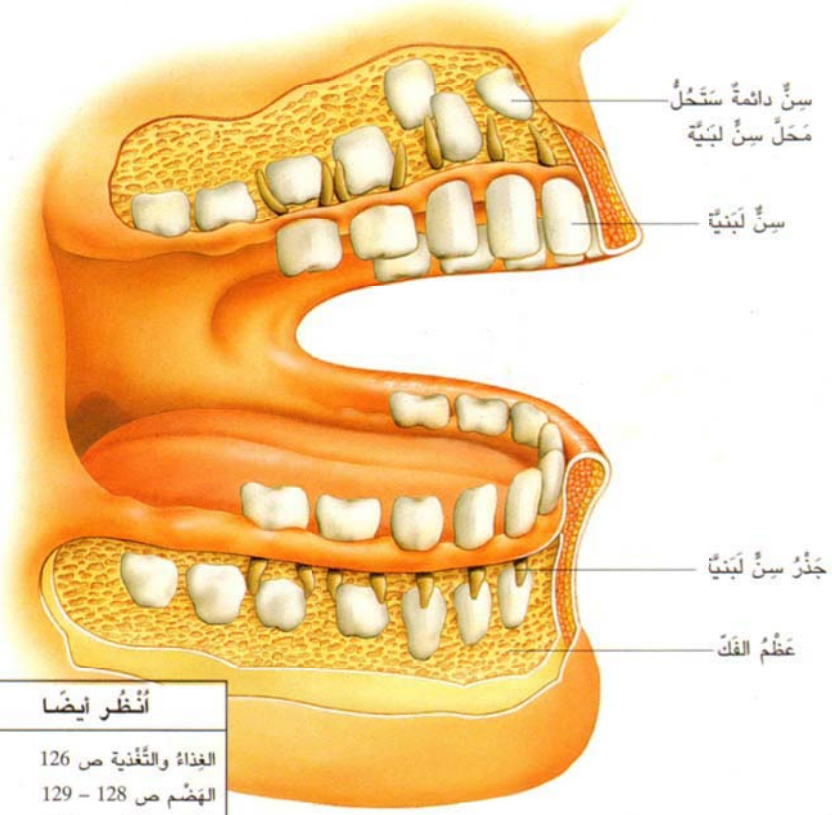
▲ يَدْفَعُ اللِّسانُ الطَّعامَ في الحَلْق. والفِعْلُ المُنْعَكِسيُّ التَّمَعُّجيُّ يَضْغطُ الطعامَ نُزولًا في المَريء. وتُغلِقُ الفَلْكةُ فُتْحةَ الرُّغامَى (القَصَبةِ الهوائيَّة) لِمَنْعِ الطعامِ من الدُّخولِ إلى الرِّئتَيْن.

بِنْيةُ الأَسْنان

تتكوَّنُ الأسنانُ من عِدَّةِ طَبَقات – الطَّبَقةُ الخارجيَّةُ تُغَطِّي التاجَ، وهي تتألَّفُ من الميناء – أصلبِ مادَّةٍ في الجِسْم. ويؤلِّفُ السِّنْينُ (العاجُ)، وهو مادَّةٌ شِبْه عظميَّة، الجُذورَ داخلَ عَظْم الفَكّ. ويَحْوي التجويفُ اللُّبِّيُّ الرِّخْوُ أوعيةً دمويَّةً لإبقاءِ السِّنّ حَيَّةً، وأليافًا عَصَبيَّةً تُمَكِّنُ الشَّخْصَ من الإحساسِ أثناءَ المَضْغ.



◄ أسنانُ اللَّبَن تُزاحُ وتَسْقُطُ لِتَحُلَّ محلَّها الأسنانُ الدائمةُ مِنَ الفَكِّ تحتَها.



اُنْظُر أيضًا

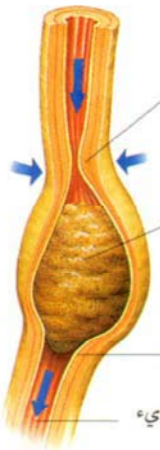
الغِذاءُ والتَّغْذية ص 126
الهَضْم ص 128 – 129
النموُّ والتطوُّر ص 134

الهَضْم

هَضْمُ الطعامِ عمليَّةٌ تَسْتَخلِصُ المُغَذِّياتِ البَسيطةَ بشكلٍ يُمكِنُ لِخلايا الجِسْم تمثُّلُه؛ وهذه العمليَّةُ تَجْري في جهازِ الهَضْم.

المُغَذِّياتُ الضروريَّةُ لِلحياة مُحْتَبَسَةٌ داخلَ الجُزَيئاتِ الكبيرةِ التي تُؤلِّفُ الطَّعام. ووَظيفَةُ جهازِ الهَضْم هيَ تفكيكُ هذه الجُزَيئات - كالكربوهِدْراتاتِ والبروتينات والدُّهون - لاستِخْلاصِ المُغَذِّياتِ البَسيطةِ منها، كالسُّكَّرِيَّاتِ والأَحماضِ الأَمينيَّة والدُّهنيَّة.

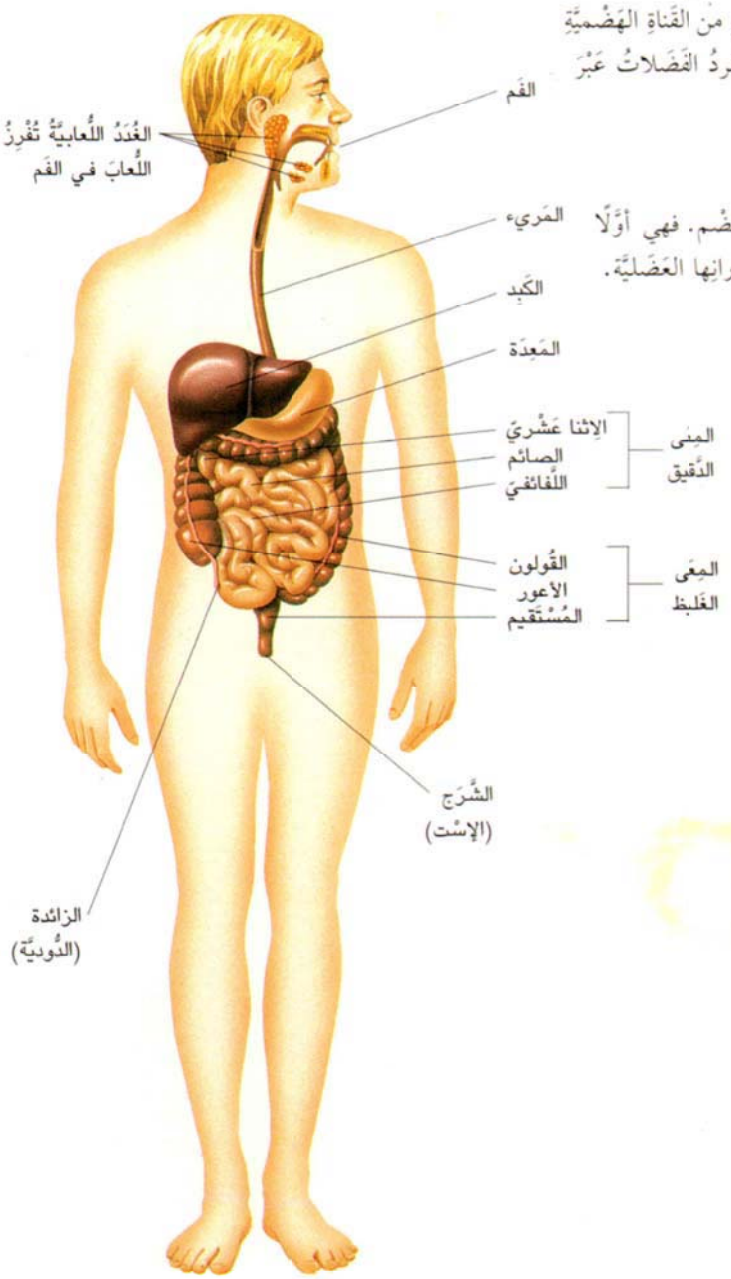
تشمَلُ عمليَّةُ الهَضْم أربعَ مراحلَ هي: التَّناوُل والهَضْمُ والإمتِصاصُ والتَبَرُّز. في التناوُل يؤخذُ الطعامُ إلى داخل الفم حيثُ يُمْضَغُ ويُزْدَرد. وأثناءَ الهَضْم يُفَكَّكُ الطَّعامُ بالسَّحْقِ العَضَليِّ أو بواسطةِ كيماوِيَّاتٍ تُسَمَّى أَنْزيمات. وينْطوي الإمتِصاصُ على نَقْلِ المُغَذِّياتِ من القَناةِ الهَضْميَّةِ إلى مَجْرى الدَّم. وأخيرًا، التبَرُّز؛ وبه تُطرَدُ الفَضَلاتُ عَبْرَ الشَّرَج (الإسْت).

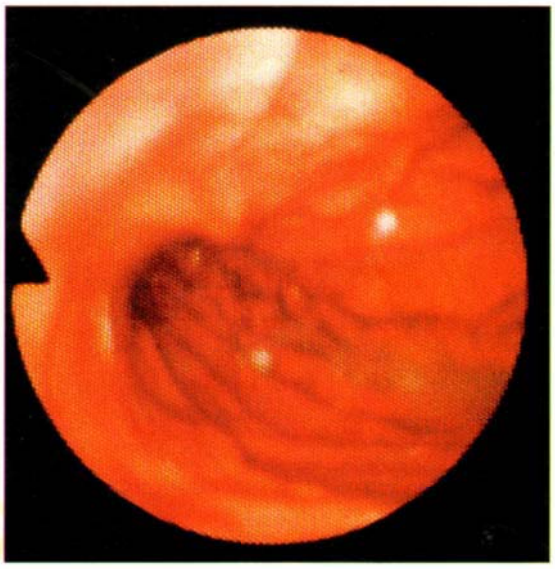


الطَّعامُ المُزْدَرَدُ يُدْفَعُ نُزولًا في المَريء بواسطةِ تَقَلُّصاتٍ عَضَليَّةٍ شِبْه تموُّجيَّةٍ تُسَمَّى تَمَعُّجات. وتَنْقبِضُ العَضَلاتُ خَلْفَ الطَّعام دافعةً إيَّاهُ نُزولًا.

المَعِدة

تقومُ المَعِدةُ بثلاثةِ أدوارٍ في عمليَّةِ الهَضْم. فهي أوَّلًا تَنْخُض الطعامَ وتَهرُسُه بانقباضاتِ جدرانِها العَضَليَّة. وثانيًا، تُطْلِقُ غُدَدٌ في الجِدارِ المَعِديِّ عُصارةً مَعِديَّةً حامضيَّةً، تَحْوي أَنْزيمَ البِبْسين، الذي يبدأُ هَضْمَ البروتينات في الطعام. وبفِعل الهَرْس وهَضْم البِبْسين يُحَوَّلُ الطعامُ المُبْتَلَعُ إلى سائلٍ غليظِ القَوام يُسَمَّى الكَيْمُوس. ثالثًا، تتمَدَّدُ المَعِدةُ لِتَخْتزِنَ الطعامَ حوالى أربعِ ساعات. ومن وَقْتٍ لآخر تُطلِقُ الكَيْمُوسَ إلى الاثْنَي عَشْريّ (العَفَج) عَبْرَ مَخْرجِها المَحروسِ بِحَلْقةٍ عضليَّة، تُسَمَّى مَصَرَّةَ البَوَّاب.





▲ صورةٌ للمَعِدة، كما تَبْدو عَبْرَ مِنْظارِ الباطن، تُبَيِّنُ بوُضوحٍ المُخاطَ الزَّلِقَ الذي يُبَطِّنُ ويَحْمي جدرانَ جهازِ الهَضْم.

◄يمتَدُّ جهازُ الهَضْم من الفَم إلى الشَّرَج بطُول 9 أمتار. يدخلُ الطعامُ عَبْرَ الفَم، حيثُ تَسْحَقُه الأسنانُ وتُزَلِّقُه الغُدَدُ اللُّعابيَّةُ ويُقَلِّبُه اللِّسانُ ويَدفعُه إلى الحَلْق. وبالتمَعُّجِ يُنْقَلُ الطعامُ المُعالَجُ من المَريء إلى المَعِدة، حيثُ يُهضَمُ جُزئيًّا. وفي المِعَى الدَّقيق تُكتمَلُ عمليَّةُ الهَضْم بإفرازاتِ الكَبِدِ والمُعَثْكَلَة (البَنْكرياس)، وتجري عمليَّةُ الامتِصاص. أمَّا الوَظيفةُ الأساسيَّةُ للمِعَى الغليظ فهي مُعالَجةُ الفَضَلات.

نتوءاتٌ زَغَبيَّةٌ تُبَطِّنُ اللِّفائفيّ، الذي هو جُزْءٌ من المِعَى الدَّقيق. هذا المَنْظرُ المُكَبَّرُ 18 مرَّةً يُبَيِّنُ حَشْدًا من هذه النتوءاتِ المُطوَّاة التي يُقارِبُ طولُ الواحدة منها مليمترًا واحدًا.

المِعَى الدَّقيق

يَمتَدُّ المِعَى الدَّقيقُ من المَصرَّةِ البوَّابيَّةِ (مَخرج المَعِدة) إلى بداية المِصران الأَعور منَ المِعَى الغليظ. وهو الجُزْءُ الأهمُّ في جهازِ الهَضْم، لأنَّ مُعْظمَ الهَضْم والامتِصاص يَجْريان فيه. يتألَّفُ المِعَى الدَّقيقُ من ثلاثةِ أجزاء هي: الاثنا عَشْريّ والصائم واللِّفائفيّ.

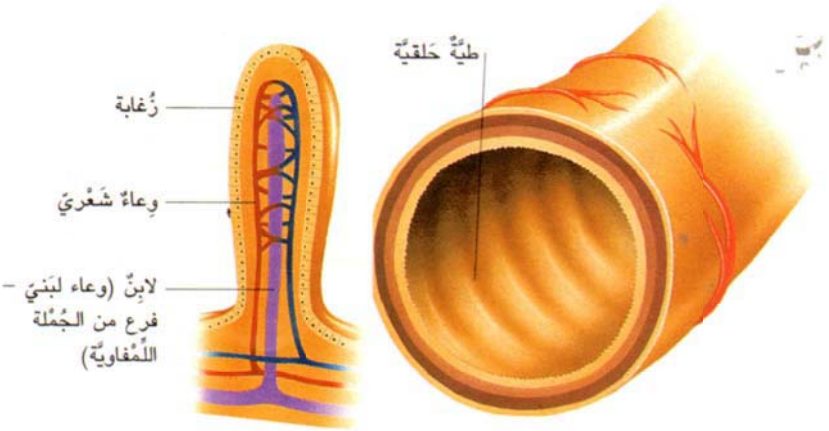
الجُزْءُ الأوّلُ من المِعَى الدَّقيق - الاثني عشريّ - يبلُغُ طولُه حوالى 25 سنتيمترًا. وهو يتلَقَّى الكَيْمُوسَ من المَعِدة؛ ويتلَقَّى أيضًا العُصارةَ البَنْكرياسيَّةَ من المُعْتَكَلة (البنكرياس) التي تَهْضِمُ أنزيماتُها الكربوهِدْراتِ والبروتيناتِ والدُّهونَ. وأخيرًا يتلَقَّى الصَّفْراءَ (المُرَّة) من الكَبِد، التي تُفكِّكُ الدُّهونَ فتُيَسِّرُ هَضْمَها. هذه الإفرازاتُ، بالإضافةِ إلى العُصارةِ المِعويَّة التي تُفْرِزُها جدرانُ الاثنَي عَشْريّ، تُخفِّفُ حُموضةَ الطعام فتُتيحُ لِلأنزيماتِ العَمَلَ بفاعليَّةٍ أكثَر.

يَبْلُغُ طولُ الصائم حوالى 2,5 متر؛ وهو يُفْرِزُ أنزيماتٍ تُكْمِلُ هَضْمَ الكربوهِدْراتِ والبروتينات والدُّهون، مُنْتِجًا تِباعًا أحماضًا أمينيَّةً ودُهنيَّةً وسُكَّرياتٍ بَسيطةً كالغلوكوز.

اللِّفائفيُّ هو الجزءُ الأطولُ والأخيرُ من المِعَى الدَّقيق. بِطانةُ اللفائفيّ مُغَطَّاةٌ بزُغاباتٍ إصبَعيَّةِ الشَّكْل تَعبرُ منها السُّكَّرياتُ البَسيطةُ والأحماضُ الأمينيَّةُ إلى مَجْرى الدَّم الذي ينقُلُها إلى الكَبِد للمُعالَجةِ، ومن ثَمَّ تُوَزَّعُ على خلايا الجِسْم. أمَّا الأحماضُ الدُّهنيَّةُ فتَعبرُ إلى اللَّابِناتِ (الأوعيَةِ اللبنيَّة) - التي هي جُزْءٌ من الجُمْلةِ اللِّمْفاويَّة.

تَفْعيلُ عمليَّةِ لِهَضْم

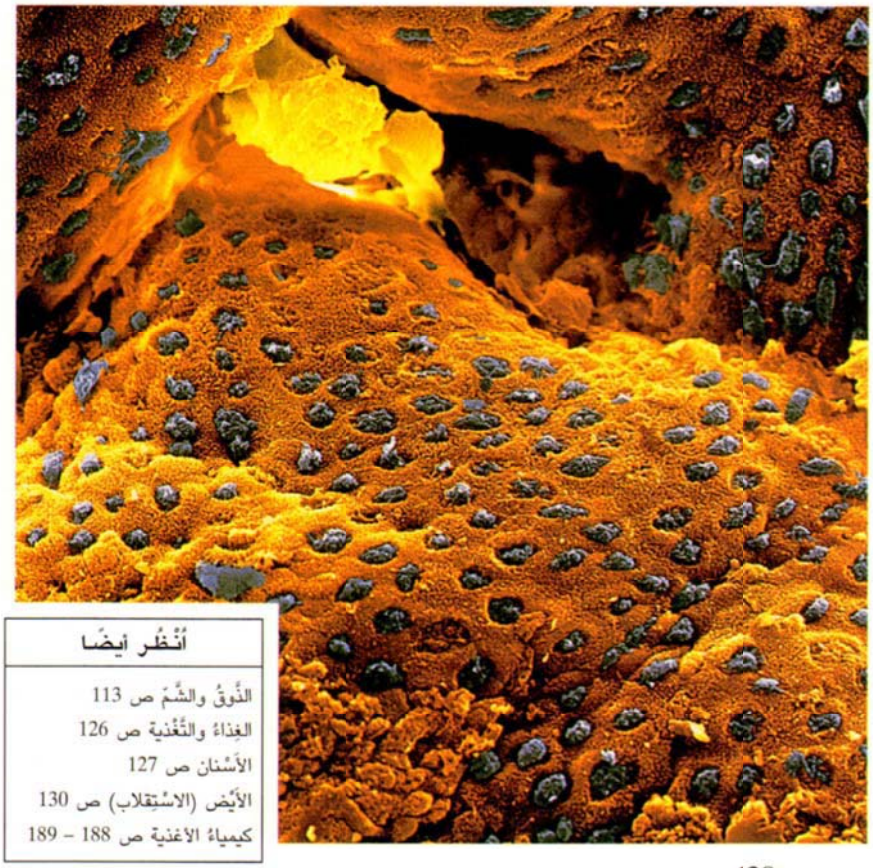
المِعَى الدَّقيقُ مُلتَفٌّ ومُطوًّى في التجويفِ البَطْنيّ؛ ويبلُغُ طولُه بين 6 إلى 7 أمتار - فيَبْقى فيه الطعامُ مُدَّةً كافيةً لِيُهْضَمَ، والمُغَذِّياتُ البَسيطةُ لِتُمْتَصَّ إلى مَجرى الدَّم. السَّطحُ الداخليُّ للمِعَى الدَّقيقِ ذو طيَّاتٍ حَلَقيَّةٍ كَثيرةٍ مُغَطَّاةٍ بنُتوءاتٍ دقيقةٍ تُسَمَّى زُغاباتٍ. وتَحوي كُلُّ زُغابةٍ شَبكةً من الأوعيةِ الشَّعْريَّة وفَرْعًا من الجُمْلةِ اللِّمْفاويّ، يُسَمَّى لَابِنًا، تَعْمَل معًا في نَقْل المُغَذِّياتِ إلى خارج المِعَى الدَّقيق. الزُّغاباتُ والطيَّاتُ الحلقيَّةُ معًا تُوَفِّرُ مساحةً سطحيَّةً شاسِعَةً يَتِمُّ عَبْرَها امتِصاصُ الطَّعامِ المُهْتَضِمِ بِسُرعةٍ وفعاليَّة.



المِعَى الغَليظ

يبلُغُ طولُ المِعَى الغَليظ حوالى 1,5 متر، ويتألَّفُ من المِصران الأَعور والقُولون والمُسْتَقيم. وفيه يُمْتَصُّ الماءُ من مُنْتجاتِ الهَضْم الفَضَلانيَّة أثناءَ عبُورِها القولون. أمّا الفَضَلاتُ البرازيَّة شِبْه الجامدةِ، فتتألَّفُ من خلايا مَيْتةٍ وأَلْيافٍ وبَكتيريا. يُخْتَزَنُ البرازُ في المُسْتَقيم ثُمَّ يُتَغَوَّطُ عَبْرَ الشَّرَج.

▼ تتألَّفُ بِطانةُ القُولون من نوعَيْنِ رئيسيَّيْن من الخلايا. الخلايا المُبَيَّنةُ هنا باللَّون البُنِّيّ (في الصورة المُكَبَّرة 747 مرَّةً) تَمْتَصُّ الماءَ من البِراز فتَزْدادُ صلابَتُه. أمّا الوَهَداتُ المُدَوَّرةُ، المُبَيَّنةُ باللَّون الرَّماديّ، فهي خلايا تُنْتِجُ المُخاط.



اُنْظُر أيضًا

الذَّوقُ والشَّمّ ص 113
الغِذاءُ والتَّغْذية ص 126
الأَسْنان ص 127
الأَيْض (الاسْتِقلاب) ص 130
كيمياءُ الأغذية ص 188 - 189

الأَيْض (الإسْتِقلاب)

الأَيْض جَميعَةُ كُلِّ التَّفاعُلاتِ الكيماويَّةِ التي تَجْري داخلَ خلايا الجِسْم لِلحِفاظِ على الحَياة. وتَقومُ الكَبِدُ بِدَورٍ حيويٍّ في عَمليَّاتِ الأَيْض.

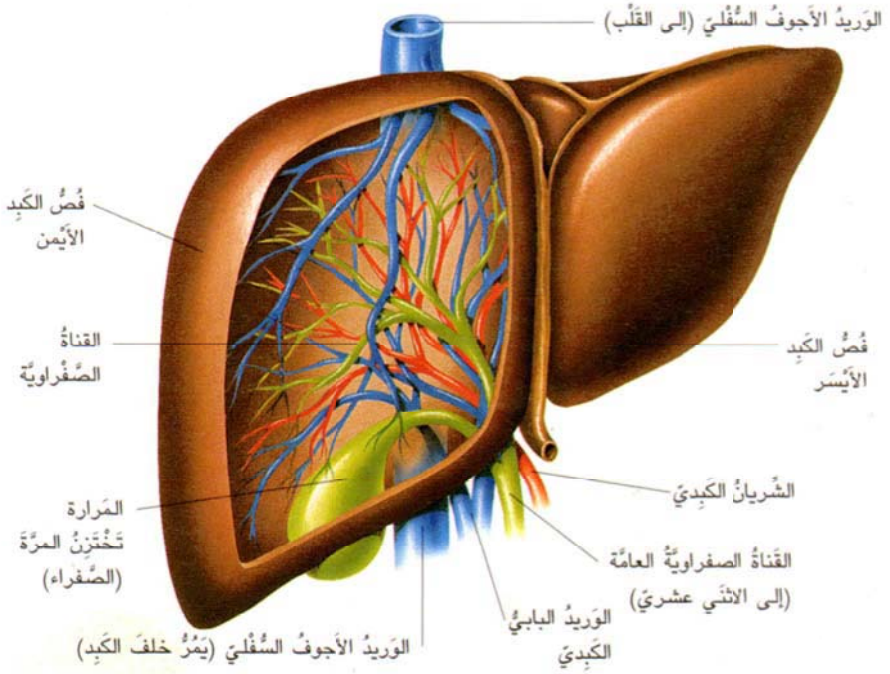
آلافُ العَمليَّاتِ الكيماويَّةِ المُختلِفةِ تَجْري، ليلَ نهار، داخلَ كُلِّ خليَّةٍ جَسَديَّة. وتَتِمُّ هذه التفاعُلاتُ الأَيْضيَّةُ بِسُرعةٍ – كونها مُحَفِّزةً (ومُسَرِّعة) بواسِطَةِ بروتيناتٍ، تُسَمّى أَنْزيمات، يَحْكُمُها د ن أ (المادَّة الوِراثيَّة) في نواةِ الخليَّة.

عَمليَّاتُ الأَيْض قِسمانِ يَجْريان معًا: أَيْضٌ هَدْميٌّ (انْبِقاضيّ) يُفَكِّكُ موادَّ، كالغلوكوز، لتحريرِ الطاقة؛ وأَيْضٌ بِنائيٌّ يَستَخْدِمُ موادَّ أَوَّليَّةً لِتَخْليقِ موادَّ مُعَقَّدةٍ يَحْتاجُ إليها الجِسْم، مِثْل إنتاجِ البروتينات من وَحَداتِها البِنائيَّة (التي هي الأحماضُ الأمينيَّة). الطاقةُ المُنْتَجَةُ بتفاعُلاتِ الأَيْضِ الهَدْميِّ تُسْتَخْدَمُ في تَزْويدِ التفاعُلاتِ البِنائيَّة بالقُدْرة. سُرعةُ الأَيْض تَحْكُمُها هُرْموناتٌ (مَراسيلُ كيماويَّةٌ) كتِلْك التي تُطلِقُها الغُدَّةُ الدَّرَقيَّة.

هذا الفَتى يَقيسُ درجةَ حرارة جِسْمه بوَضْع شَريحةٍ حسَّاسةٍ للحرارة على جَبينه. إنَّ عمليَّاتِ الأَيْض تطلِقُ حرارةً كافيةً للحِفاظِ على دَرَجةِ حرارة الجِسْم ثابتة على حوالى 37°س. فأيُّ زِيادةٍ أو نَقْص في دَرَجةِ حرارة الجِسْم تعني أنَّ الشَّخْصَ مَريضٌ.

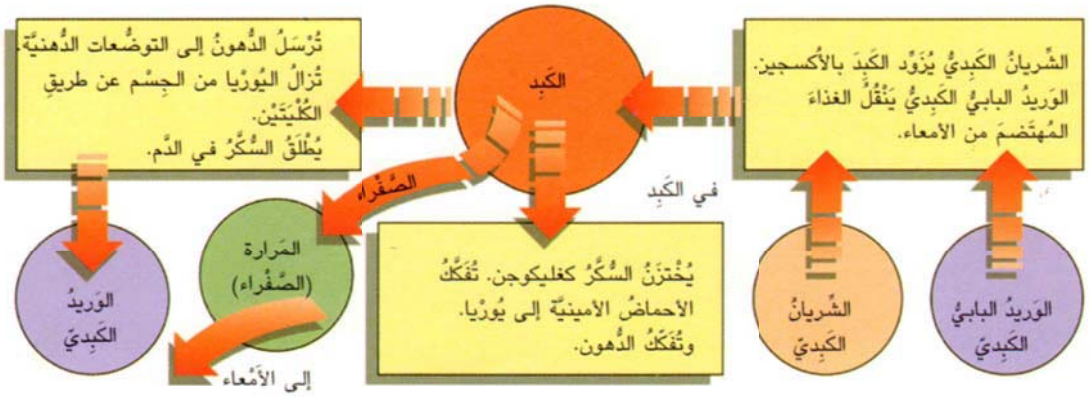
وَظائفُ الكَبِد

الكَبِدُ الحمراءُ الدَّاكنةُ اللَّون والإسفينيَّةُ الشَّكْل هي أكبَرُ أعضاءِ الجِسْم الداخليَّةِ إذْ تَشْغَلُ مُعْظَمَ القِسْمِ الأيمَن العُلْويِّ من البَطْن. وتَقومُ خلاياها، المُسَمَّاة الخلايا الكَبِديَّة والتي تُعَدُّ بالبَلايين، بأكثرَ من 500 وَظيفةٍ أيْضيَّةٍ تتَحَكَّمُ في التركيبِ الكيماويِّ للدَّم. وتَقومُ الكَبِدُ أيضًا بدَورٍ رئيسيٍّ في مُعالَجةِ المُغَذِّيات. وهذا يَشْمَلُ تَخْزينَ الڤيتامينات، بخاصَّةٍ ڤيتاميناتُ أ وَ د وَ ب12، والمَعادِنُ بخاصَّةٍ الحديدُ والنُّحاس – اللَّذان يُحْتاجُ إليهما لِتَصْنيع اليَحْمور (الهيموغلوبين) – المادَّةِ الناقلة للأكسِجين في الدَّم. كذلك تُنْتِجُ الخلايا الكَبِديَّةُ الصَّفْراء، التي تُسْهِمُ في هَضْمِ الدُّهون في المِعَى الدَّقيق، كما تُفَكِّكُ أيضًا الأدويةَ والمُخدِّرات – كالكُحول، وكيماويَّاتٍ سامَّةً أُخرى. وبعدَ تَضْبيطِ مُحْتواه الكيماويّ، يُغادِرُ الدَّمُ الكَبِدَ عَبْرَ الأَوردةِ الكَبِديَّة. والحرارةُ التي تُطْلِقُها الكَبِدُ تُسْهِمُ في الحفاظِ على استِدامة درجةِ الحرارة الثابتةِ الطبيعيَّة للبَشَر التي تبلُغُ 37°س.



الكَبِد

بعدَ الهَضْم، تُمْتَصُّ المُغَذِّياتُ عَبْرَ المِعَى الدَّقيق، فَتَرتفِعُ بِسُرعةٍ مُسْتَوياتُ المُغَذِّياتِ في الدَّم – بخاصَّةٍ السُّكَّرِيَّاتُ البَسيطة والأحماضُ الأمينيَّة والدُّهون. لكنَّ تحكُّمَ الكَبِد فعَّالٌ في ضبْطِ هذه المُستَوياتِ لِمَنْع هذا التَموُّرِ من الإخلالِ بأنشطةِ خلايا الجِسْم. فالكَبِدُ تتلَقَّى الدمَ من مَصْدَرين: الأوَّلُ، عَبْرَ الوَريدِ البابيِّ الكَبِديِّ، غَنيٌّ بالسُّكَّرِيَّاتِ البَسيطةِ والأحماض الأمينيَّة الواردة مباشَرةً من المِعَى الدَّقيق، والآخَرُ عَبْرَ الشِّريانِ الكَبِديِّ الذي يَحْمِلُ الدُّهونَ التي سبَقَ أن امتصَّتْها الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّةُ ثُمَّ افرغَتْها في الدَّم. في الكَبِد، يُخْتَزَنُ فائضُ السُّكَّرِيَّاتِ كغليكوجن ويُفَكَّكُ فائضُ الأحماضِ الأمينيَّةِ لتكوين اليُورْيا. أمَّا فائضُ الدُّهونِ فَيُعالَجُ بواسِطةِ الخلايا الكَبِديَّةِ أو يُرْسَلُ إلى الأنسِجَةِ الدُّهنيَّةِ للتَخْزين.



اُنْظُر أيضًا

الدَّم ص 122
الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّة ص 123
الغِذاءُ والتغذية ص 126
الهَضْم ص 128 – 129

إبرازُ الفَضَلات

يُنتِجُ الجِسْمُ مُنْتَجاتٍ فَضَلاتِيَّةً باستِمْرار نَتيجةً للأَنْشطةِ الكيماويَّةِ في خلاياه. وهذه الفَضَلاتُ يَجِبُ التخَلُّصُ منها، وإلّا فإنَّها تَتَراكمُ وتُسَمِّمُ الجِسْم.

تَجْري عمليَّةُ التخَلُّصِ من الفَضَلات، إفرازًا أو إفراغًا، بواسِطةِ أعضاءِ الإبراز. فبدُونِ هذه الأَعضاء، سَتتراكَمُ الفَضَلاتُ في المائعِ النَّسيجيِّ وتُسَمِّمُ، ليسَ الخلايا فقَط بلْ الجِسْمَ بكامِلِه. أعضاءُ الإبراز الرئيسيَّةُ هي الرِّئتان والجِلْدُ والكَبِدُ والكُلْيَتان. الرِّئتانِ تُفْرِغانِ ثاني أُكسيد الكربون – الناتجَ الفَضَلاتيَّ لِتحريرِ الطاقةِ في الخلايا، بزَفْرِه خارِجًا. والجِلْدُ يُفْرِزُ الماءَ والأملاحَ وفَضَلاتٍ أُخرى في العَرَق. والكَبِدُ تُفَكِّكُ كثيرًا من الموادِّ السامَّة، كما تُفْرِزُ فَضَلاتٍ ضِمْنَ سائل الصَّفْراء (المُرَّة) وتُنتِجُ اليُورِيا – فَضَلاتٍ فائضِ الأَحْماضِ الأَمينيَّة. وتفرِزُ الكُلْيَتان اليُورِيا أيضًا وفَضَلاتٍ أُخرى في البَوْل.

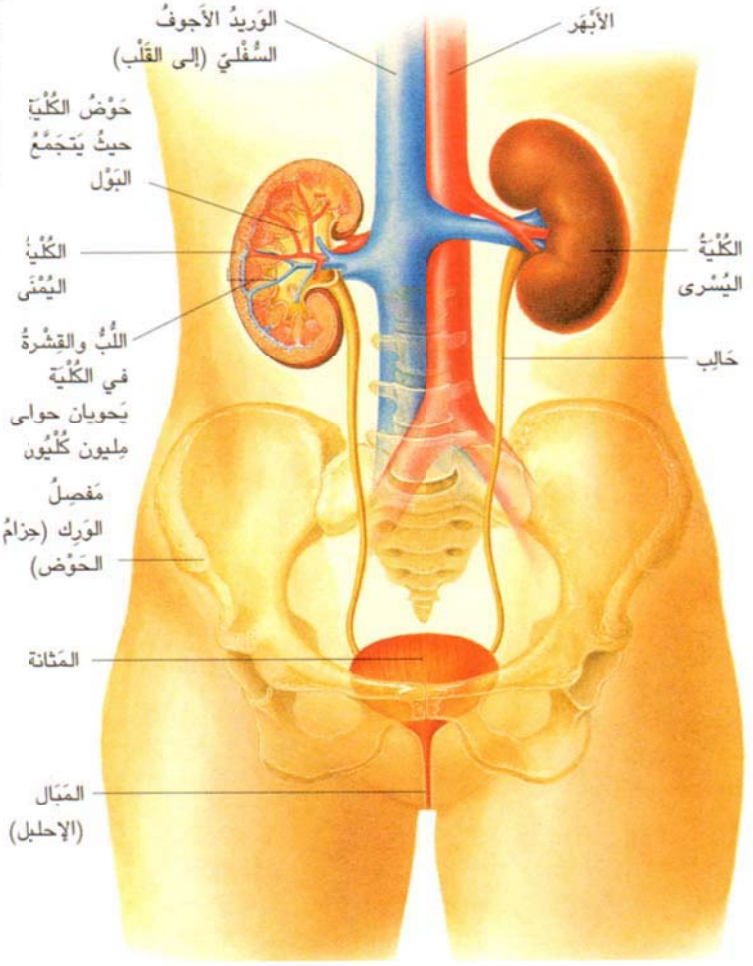
الكُلى الإصطناعيَّةُ (أو الآليَّةُ) تُوفِّرُ لِمَرْضَى القُصُورِ الكُلْويِّ سَبيلًا لإنقاذِ الحياة. فأثناءَ مُرور دَم هذه المَريضة عَبْرَ مَكَنةِ الإبراز تُزالُ الفَضَلاتُ السامَّةُ بواسِطةِ عمليَّةِ الدِّيْلَزة. ولِلْبقاءِ على قَيْدِ الحياة، يَنْبغي وَصْلُ المَريضة بهذه المَكِنة من أربعِ إلى ثماني ساعاتٍ يوميًّا، ثلاثَ مرَّاتٍ في الأُسبوع.

كيف تعمَلُ الكُلْيَتان

تُعالِجُ الكُلْيَتانِ الدمَ بإبرازِ الفَضَلاتِ كاليُورِيا منه وبإزالةِ الماءِ الفائض. وهٰذه الفَضَلاتُ، مع الماء، تُكوِّنُ البَول.

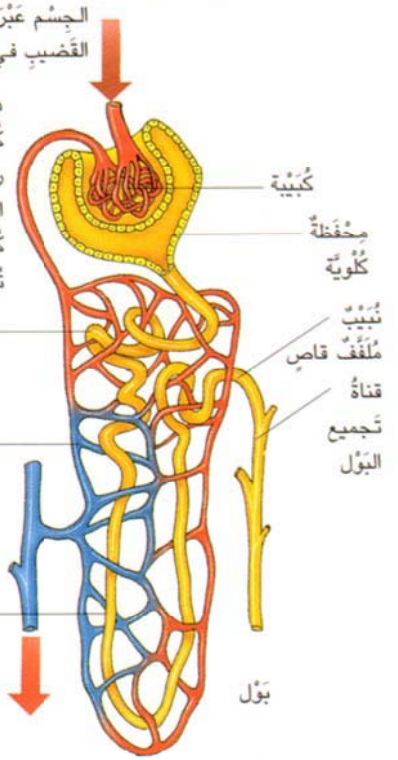
تتلَقَّى الكُلْيَتان 1,2 لِتْرٍ من الدمِ في الدَّقيقة عَبْرَ الشِّريانَيْن الكُلْويَّيْن تُعالَجُ بواسطة الكُلْيُونات. يتألَّفُ الكُلْيونُ من كُبَيْبةٍ ومِحْفظةٍ كُلْويَّةٍ ونُبَيْبٍ كُلْوِيّ. في الكُبَيْبة، تُجْمَعُ الرُّشاحةُ من الدمِ تحت الضغط، داخِلَ المِحْفظةِ الكُلْويَّةِ الجَوفاء، وهٰذه الرُّشاحةُ تحوي فَضَلاتٍ وماءً زائدًا، وأيضًا موادَّ مُفيدةً كالغلوكوز والأحماضِ الأمينيَّة. وأثناءَ مُرورِ هذه الرُّشاحَةِ عَبْرَ النُّبَيْبِ الكُلْويِّ، تُمْتَصُّ الموادُّ المُفيدةُ ومُعْظَمُ الماء، وتُعادُ إلى الدَّم. أمَّا السائلُ الباقي – وهو البَوْل – فيُخْتَزَنُ في المَثانة ويُفْرَغُ منها بالتبَوُّل عدَّةَ مرَّاتٍ يوميًّا.

يُرْتَشَحُ يوميًّا من مَجرى الدم حوالى 180 لترًا من الرُّشاحَةِ، لكِنْ لا يُبْرَزُ منها، كبَوْلٍ، سِوى 1,5 لِتْر – عِلْمًا أنَّ الكُلْيَتين تُعالجان كامِلَ دَمِ الجِسْمِ حوالى 60 مَرَّةً يوميًّا.



الجِهازُ البَوْلي

يتألَّفُ الجِهازُ البَوْليُّ من كُلْيَتين وحالِبَيْن والمَثانة والمَبال (الإحليل). وتقَعُ الكُلْيَتان، وهما بِشَكْل حَبَّتَي فاصولياء، في قَفا الجدارِ البَطْنيّ على كِلا جانِبَي العَمود الفَقَريِّ خلْفَ المَعِدة. وتتألَّفُ كُلُّ كُلْيَةٍ من ثلاثِ طَبَقات هي: القِشْرةُ واللُّبُّ والحَوْضُ الكُلْويُّ الداخليّ. القِشْرةُ واللُّبُّ يَحويان وَحَداتٍ مُرَشِّحَةً مِجْهريَّةً تُنْتِجُ البَوْل تُسَمَّى كُلْيُونات. يَسْري البَولُ إلى الحَوْض الكُلْويّ، ويَنْضُّ نُزولًا في الحالِبَيْن لِيُخْتَزَنَ في المَثانةِ حَتَّى إفراغِه من الجِسْم عَبْرَ المَبال – من مَخْرجِه في طَرَف القَضيبِ في الذُّكور؛ وفي الفَرْج في الإناث.



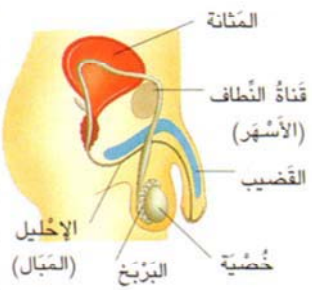
هذا واحدٌ من المليون كُلْيُون داخِلَ كُلِّ كُلْيَة. وهو يتألَّفُ من ثلاثةِ أجزاءٍ رئيسيَّة هي: كُتْلةٌ من الأوعيةِ الشَّعْريَّة تُسَمَّى كُبَيْبة، ومِحْفظةٌ كُلْويَّةٌ (مِحْفظَةُ بومان) قَدَحيَّةُ الشَّكْل تُحيط بها، ونُبَيْبٌ كُلْويٌّ طَويل.

أُنْظُر أيضًا

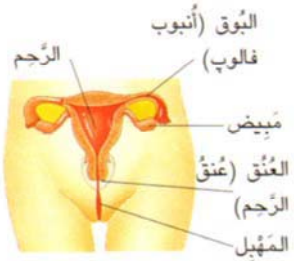
اللَّمْس ص 112، الدَّم ص 122
الجُمْلةُ اللَّمْفاويَّة ص 123
الهَضْم ص 128 – 129

التَّناسُل

عَمليَّةُ التَّناسُلِ تَضْمنُ عدمَ انقِراضِ الجِنْسِ البَشَريّ. فجِهازا التَّناسُلِ الذَّكريُّ والأُنثويُّ يُمكِّنان الرِّجالَ والنِّساءَ من الإنجاب.

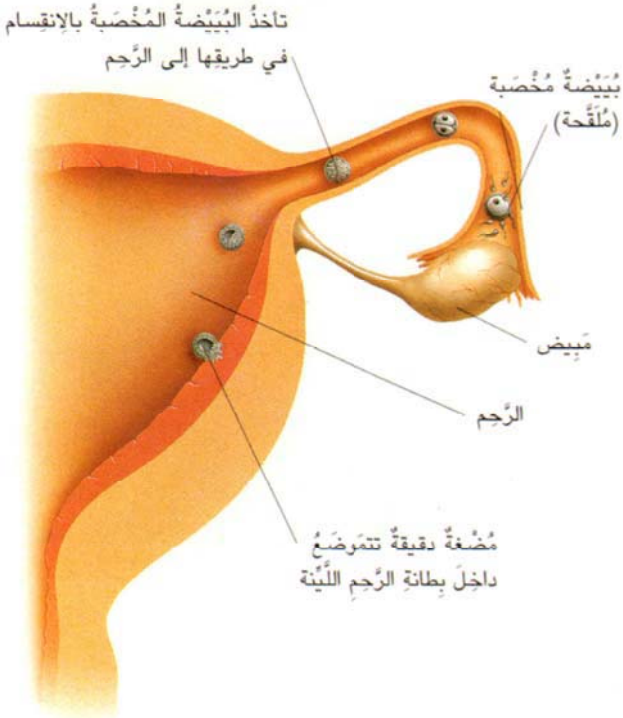


تُنْتِجُ الخُصْيتان ملايينَ النُّطاف يوميًّا. أثناءَ الاتِّصالِ الجِنْسيّ يَنْتصِبُ القَضيبُ ويُولِجُ في مَهْبِلِ الأُنثى. وتُدفَعُ النُّطافُ على طولِ الأَسْهرِ إلى خارجِ القَضيب.



يحوي المَبيضان مَخْزونًا من البُيوض، تُطْلَقُ واحدةٌ منها شَهْريًّا. فإذا أُخصِبت (لُقِّحت) البويضةُ بنُطْفةٍ، فإنَّها تَتنشَّأُ حميلًا داخلَ الرَّحِم يُولَدُ عبْرَ المَهْبِل عندَ انْتِهاءِ فتْرةِ الحَمْل.

جهازُ التَّناسُلِ يَنْشَطُ بَعْدَ سِنِّ البُلُوغِ (الحُلُم) خلالَ سَنواتِ المُراهقةِ الأُولى. ويَتباينُ جهازا التناسُلِ الذَّكريُّ والأُنثويُّ رُغْمَ أنَّ كِليهما يُنتِجان خلايا جنسيَّةً عَبْرَ نَمَطٍ خاصٍّ من الانقِسامِ الخَلَويِّ يُسمَّى الانقِسامَ المُنَصِّف. في نَوى الخلايا الجِنسيَّةِ 23 صِبْغيًّا (كروموسومًا)، وذلك هو نِصْفُ عددِ الصِّبْغيَّات في نَوى الخلايا الأُخرى. الخلايا الجنسيَّةُ الذَّكريَّةُ المُسَمَّاةُ نِطافًا، تُنْتَجُ في الخُصْيَتَيْن بما يَزيدُ على 250 مليون نُطْفةٍ يوميًّا. الخلايا الجنسيَّةُ الأُنثويَّةُ، المُسَمَّاةُ بُيوضًا أو بُيَيْضاتٍ، تُنْتَجُ في المَبيضَيْن قبْلَ الولادة. وبعدَ سِنِّ لبُلوغ، تُطْلَقُ بَيْضةٌ واحدةٌ شَهْريًّا – الإباضة – ويتَحضَّرُ جِسْمُ الأُنثى لِحَمْلٍ مُحْتَمَل. تتَّحِدُ لنُّطْفةُ الذكريَّةُ مع البُيَيْضةِ الأُنثويَّةِ عند الاتِّصالِ الجِنْسيِّ حيثُ يُطلِقُ القَضيبُ المُولِجُ في المَهْبِل ملايينَ النُّطاف التي تَسْبَحُ نحو البُوقَيْن (أُنبوبَي فالُوپ). وإذا حدثَ هذا الاتِّصالُ ضِمْنَ 24 ساعةً من الإباضة، فقد تَخْتَرِقُ نُطْفةٌ البُيَيْضةَ؛ في عمليَّةٍ تُسمَّى الإخْصاب. في هذه العمليَّةِ، تتَّحِدُ نواةُ النُّطْفةِ (23 صِبْغيًّا) مع نَواةِ البُيَيْضةِ (23 صِبْغيًّا) بحيث تحوي البُيَيْضةُ المُخْصَبةُ مادَّةً وِراثيَّةً مُوَحَّدةً (46 صِبْغيًّا) تَتضَمَّنُ المُخَطَّطَ الوِراثيَّ لِكائنٍ بَشَريٍّ جديد.



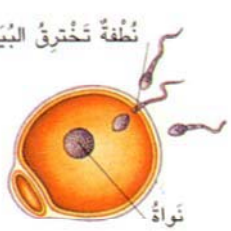
تُطْلَقُ البُيَيْضاتُ من المَبيضَيْن. وإذا التقَتْ بُيَيْضةٌ بنُطْفةٍ فقد يَجْري إخصابُها. وأثناءَ ارْتحالِها على طول أُنبوبِ فالُوپ، تاخذُ البُيَيْضةُ المُخْصَبةُ بالإنقِسام تكرارًا. وفي غُضونِ سبعةِ أيّام، تَبْلُغُ البُيَيْضةُ الرَّحِمَ ككُتلةٍ كُرويَّةٍ جَوفاء من الخلايا.

العُلوق – بدايةُ الحَمْل

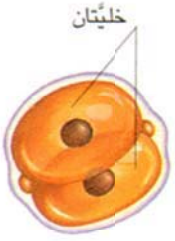
العُلوق هو الوَقْتُ المُستَغْرَقُ بين الإخصابِ وانْغراسِ البُيَيْضةِ المُخْصبَةِ في بِطانةِ الرَّحِم. فأثناءَ مُرورِ البُيَيْضةِ المُخْصَبة على طُولِ أُنبوبِ فالُوپ، تَنْقسِمُ تكرارًا مُكوِّنةً كرةً جوفاء من الخلايا تُسَمَّى مُضْغَة. وبعدَ سبعةِ أيّامٍ تَنْغرِسُ المُضغَةُ في بِطانةِ الرَّحِم اللَّيِّنةِ وتُصْبِحُ جَنينًا. وإذا انفصَلَت الخليَّتان الوَليدتان عندَ أوّلِ انقِسامٍ للبُيَيْضةِ المُخْصبَةِ فإنَّ الخليَّتَيْن تَتنشَّآنِ مُسْتَقِلّتين تمامًا وتُنْتِجان تَوأَمَيْنِ طَبيقَيْن. أمّا إذا انطلقَت البُيَيْضتان أثناءَ الإباضة وجَرى إخصابُ كُلٍّ منهما بِمُفْرَدِها، فإنَّهما سَتُنْتِجان تَوأَمَيْن أخوَيْن.

تَنَشُّؤُ الحَميلِ داخِلَ الرَّحِم

بعدَ الإخصاب، تَرْتحِلُ البُيَيْضةُ المُخْصبةُ إلى الرَّحِم. والخليَّةُ التي بدأتْ كخليَّةٍ مُفْردةٍ تَغْدو الآنَ جَنينًا يتألَّفُ من بلايين الخلايا. يَحْدُثُ التنَشُّؤُ داخِلَ السَّلى، وهو كيسٌ مَليءٌ بالصاءَة (سائل السَّلَى) مَحْميٌّ داخلَ الرَّحِم. يَسْري الغِذاءُ والأكسجينُ إلى الجَنين عَبْرَ الحَبْلِ السُّرِّيِّ من المَشيمةِ، حيثُ يَتماسُّ دَمُ الجَنينِ ودَمُ الأُمِّ تماسًّا وَثيقًا.



1 أثناءَ الإخْصاب، تتَّحِدُ نواةُ النُّطْفةِ مع نَواةِ البُيَيْضةِ لِتُنْتِجا بُيَيْضةً مُخْصَبةً.

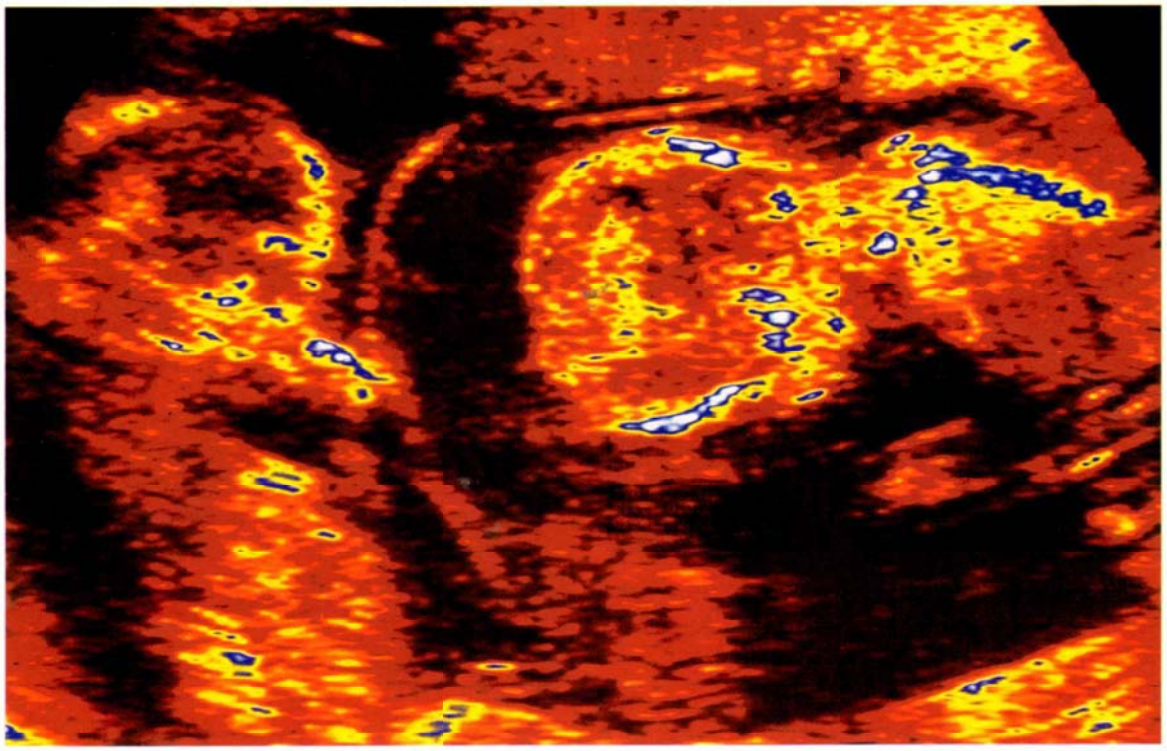


2 بعدَ إخصابِ البُيَيْضةِ بحوالى 36 ساعةً تكونُ البُيَيْضةُ قد انقسمَتْ مَرَّةً واحدةً لِتُنْتِجَ خليَّتَيْن.

3 بعدَ الإخْصابِ بحوالى 72 ساعةً يُصبِحُ عددُ لخلايا 16. وفي بِضْعةِ أيّام، تَسْتَقِرُّ كُرَةُ الخلايا في الرَّحِم.

4 بعدَ أربعةِ أسابيع – الجَنينُ طافٍ في السَّلَى (الكيسِ المَليءِ بالصاءَة «سائلِ السَّلَى»). القَلْبُ يَخْفِقُ والدِّماغُ آخِذٌ بالتنَشُّؤ.

5 بعدَ خَمْسةِ أسابيع – الجنينُ بحَجْم بِزْرةِ التُّفاح. وتَبْدو عليه بَراعِمُ سَتُصْبِحُ مُسْتَقْبلًا الذِّراعَيْن والرِّجْلَيْن. والذَّيْلُ هنا آخِذٌ بالانْكِماش.



تَفْريسةٌ فَوق صَوتيَّة لِرَحم امرأةٍ حُبْلَى تُبيِّنُ أنَّها تحمِلُ تَوأمَيْن. يَبْدو الجَنينُ، إلى اليَسار، في مَنْظرٍ جانبيٍّ وجِسْمُه تحتَ رأسِه مُباشَرةً. الجَنينُ إلى اليَمين، يتَّجِهُ رأسُه سَفْلًا وجِسْمُه يمتَدُّ أُفُقيًّا. رأسا الجَنينَيْن كلاهُما في أعلى الصُّورة. التصويرُ فوقَ الصوتيّ طريقةٌ مأمونةٌ وغيرُ مُؤلِمَةٍ لتَعرُّفِ الوضْعِ الصِّحِّيِّ لِلجَنين. تُوَجَّهُ الأمواجُ الصوتيَّةُ إلى داخلِ الرَّحِم، وتُتَلَقَّى الأصداءُ المُرْتَدَّةُ لإنتاجِ الصُّور.

الحَبَل (الحَمْل)

فترةُ الحَمْل هي الوقتُ المُسْتَغْرَقُ بين بدايةِ الحبَل والولادة. يُسَمَّى الحَميلُ المُتَنَشِّئُ مُضْغَةً على مَدى الشَّهْرَيْنِ الأَوَّلَيْن من الحَبَل. وبعدَ ذلك، عندما يَبْدأُ عمَلُ الأَعْضاء، يُسَمَّى جَنينًا. سائلُ السَّلَى يُحيطُ بالجَنين ويَحْميه. وتَتَوَفَّرُ وسائلُ العيش لِلجَنينِ بواسطةِ المَشيمَةِ المُتَّصِلةِ بالرَّحِم. فالجَنينُ يتلَقَّى الغذاءَ والأكسجينَ عَبْرَ المَشيمَةِ من دَمِ الأُمِّ إلى دَمِه مُباشرةً؛ وتُبْرَزُ الفَضَلاتُ في الاتِّجاهِ المُعاكِس. الحَبْلُ السُّرِّيُّ يَضُمُّ الأوعيةَ الدَّمويَّةَ الواصلة بين المَشيمَةِ والجَنين.

الوِلادة

بعدَ حوالى 38 أسبُوعًا من الإخصاب، تَبْدأُ الرَّحِمُ بالانْقِباض – في عمليَّةٍ تُسَمَّى المَخاض. يبدأُ المَخاضُ عادةً قبْلَ الوِلادةِ بحوالى 12 ساعةً. تقَلُّصاتُ الرَّحِم القويَّةُ تَدْفَعُ الطِّفْلَ عَبْرَ المَهْبِل إلى الخارج حيثُ يأخُذُ الطِّفْلُ نَفَسَه الأوَّلَ من الهواء.

الصورةُ أعلاه هي لِطِفلٍ سليمٍ ذَكر. الجِسْمُ البَشَريُّ لا يَعود ينْمُو بالسُّرعةِ نَفْسِها كسُرعةِ نمُوِّه داخِلَ الرَّحِم – فلَو أنَّ ذلك يَستمِرُّ لكانَ طولُ الطِّفْل 2 كيلومتر بحُلولِ عيدِ ميلادِه الأوَّل.

6 بعدَ ثمانيةِ أسابيع، يَغْدو حَجْمُ المُضْغَةِ – المُسَمَّاةِ الآنَ جَنينًا – بِحَجْم حَبَّةِ الفَراوْلَة (الفريز) تقريبًا، وقد نمَتْ له أصابعُ وأباخِسُ دَقيقة.

7 بعدَ 28 أسبوعًا، يكونُ الجَنينُ قد اكتمَل نماؤه في الرَّحِم المُوَسَّعة. وهو سَيتنامى ويَزْداد وَزْنُه أكثر قبْلَ الوِلادة.

8 عند تَمام فَتْرة الحَمْل، حوالى 38 أسبوعًا بعدَ الإخصاب، يكونُ رأسُ الجَنين قد اتَّجه إلى أسْفَل استِعدادًا لعمليَّةِ الوِلادة.

أُنْظُر أيضًا

تركيبُ الجِسْم ومَنْظوماتُه ص 98 – 99، النمُوُّ والتطَوُّر ص 134، الجِيناتُ والكروموسُومات ص 135

النمُوُّ والتطَوُّر

من الولادةِ حتَّى سِنِّ الرُّشْد يَتْبَع النمُوُّ والتطَوُّرُ نمَطًا ثابتًا في السِّنين الـ 20 الأُولى من العُمْر. وببلُوغِ عُمْرِ الـ 40، تَبْدأُ علاماتُ الشَّيْخوخة الأُولى بالظهور.

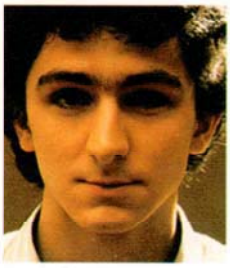
▲ الأُمُّ والطِّفْلُ يَتَواصَلان بنَظراتِ الحُبِّ والأُمومة. وتبدأ وَشائجُ الترابُطِ هذه منذُ الولادة. حَضْنُ الأَطْفالِ يُشْعِرهُم بالطَّمأنينةِ والأمان، فيَسْتجيبون بالابتِسام والمُناغاة. وَشائجُ الترابُطِ هذه تُعَزِّزُ الاحاسيسَ الطبيعيَّةَ لَدى الوالدَيْن نحو أبنائهم.

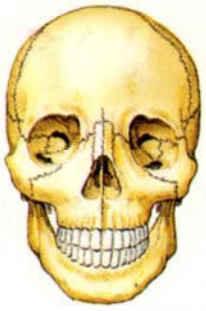
النمُوُّ والتطَوُّرُ يَحْدُثانِ في الوقتِ نَفْسِه. فالنمُوُّ هو زيادةُ الحَجْم، والتَطوُّرُ هو تَخَصُّص الخلايا لأَداءِ وَظائفَ مُحَدَّدة. خِلالَ سَنتِه الأُولى، يَعْتمِدُ الطِّفْلُ كُلِّيًا على والدَيْه في تَغْذيتِه وحِمايتِه. لكنَّه يكونُ قد بدأَ بتَطْوير مَهاراتٍ كالنُّطقِ والمَشْي والتفاعُلِ مع الآخرين. هذه المَهاراتُ تَتَوضَّحُ أكثرَ وتتطَوَّرُ باطِّرادٍ مع تقَدُّمِ الطِّفْل في العُمْر.

البُلُوغ (الحُلُم) والمُراهَقة

مَرحلةُ البُلُوغ هي فترةُ النمُوِّ السَّريع الذي يُؤدِّي إلى النُّضوجِ الجِنْسيّ. وهو يَبْدأُ حوالى عُمْر 11 سَنة في الفَتيات وحوالى 13 سَنة في الفتيان. فيَظهرُ، في كِلا الجنسَيْن، شَعْرُ الإبطِ والعَانة؛ ويَغْدو جِسْمُ الفتاةِ أكثرَ استِدارةً، ويَنْهَدُ الثَّدْيان. ويَتّسِعُ الحَوْضُ والوَرِكان، ويَبْدأُ المَبيضانِ بإطلاقِ البُيوض، ويَبْدأُ الحَيْضُ (الطَّمْث). أمَّا جِسْمُ الفَتى فيَغْدو أكثرَ تَعَضُّلًا وشَعْرانيَّةً من جِسمِ الفتاة. فتَعْرُضُ مَنْكِباه ويَخشَوشِنُ صوتُه، وتَبْدأُ خُصْيَتاه بإنتاجِ النِّطاف. والبُلُوغ هو أيضًا جُزْءٌ من مَرحلةِ المُراهَقة التي تَنْطوي أيضًا على تَغَيُّراتٍ عقليَّة. هذه التغَيُّراتُ تجعَلُ الفَتى البالِغَ أكثرَ استِقْلاليَّةً وتُوَلِّدُ لدَيه أحاسيسَ جِنْسيَّة.

وَجْهٌ وجُمْجُمةٌ في عُمْر 6 سنوات





وَجْهٌ وجُمْجُمةٌ في عُمْر 16 سنة

صُورتانِ للشَّخْص نَفْسِه ماخوذتان في عُمْرَيْنِ مُخْتلِفَين تُمَثِّلان معالمَ تغَيُّر شَكْلِ الوَجْه بين عُمْر 6 سنوات وعُمْر 16 سنة. ويتَّضِحُ من الرسمَيْن أنَّ عِظامَ الوَجْه – كما هو بَيِّنٌ من شَكْلِ الجُمْجُمتَيْن – تنمُو بِسُرعةٍ خِلالَ أواخِرِ مَرحلةِ الطُّفولة.

الشَّيْخوخة

بعدَ سِنِّ الـ 40 يبدأُ الجِسْمُ يَشيخُ بسُرعةٍ مَلْحوظة. فمَع تَقَلُّلِ فعاليَّةِ الخلايا يَغْدو الجِلْدُ أكثرَ تَغَضُّنًا، والعَضَلاتُ أقلَّ قوَّةً، والعِظامُ أكثرَ قَصافةً، والحواسُّ أقَلَّ حِدَّةً، وتقِلُّ كثافةُ شَعْرِ الرأسِ ويَصيرُ رَماديًّا. وفي نِهايةِ المَطاف، يتوَقَّفُ جهازٌ أو أكثَرُ من أجهزةِ الجِسْمِ عن العمَل فيَموتُ الشَّخْص.

▼ كُلُّ الأَشخاصِ يتبَعون نَمطَ النمُوِّ والتطَوُّرِ نَفْسَه إجمالًا مع اختِلافاتٍ طَفيفةٍ في مَنْظومتَي لتناسُل في الذكور والإناث. فبعدَ مرحلةِ نمُوٍّ سَريعٍ في السَّنةِ الأُولى من الحياة، ينمُو الأولادُ باطِّرادٍ ثابتٍ حتَّى أوائلِ سنواتِ المُراهَقة. ثُمَّ ينمُو الجسمُ بِسُرعةٍ خلالَ مرحلةِ البُلُوغ ويَتَّخِذُ مَظهرَ الراشدِين. وفي سِنِّ العِشْرين، يكونُ نمُوُّ الجسمِ قد اكتمَل.

عُمْرُ سَنتين

عُمْر 6 سنوات

عُمْر 10 – 12 سنة

عُمْر 20 – 22 سنة

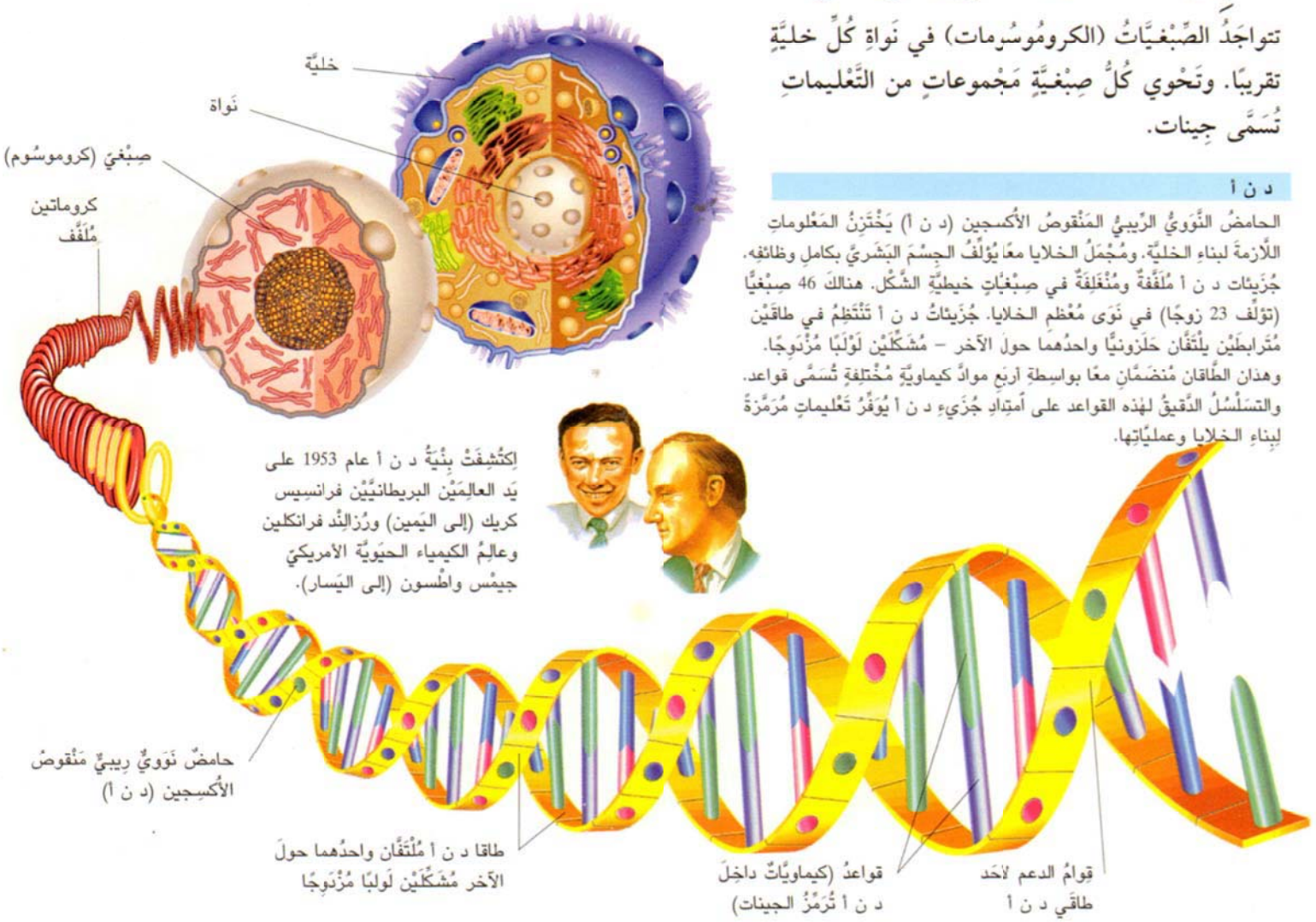
عُمْر
30 – 34 سنة

اُنْظُر أيضًا

التواصُل ص 111
الهُرْمونات ص 118 – 119
التَّناسُل ص 132 – 133
الجِيناتُ والكروموسُومات ص 135

الجِيناتُ والكرومُوسُومات

تتواجَدُ الصِّبْغِيَّاتُ (الكرومُوسُرمات) في نَواةِ كُلِّ خليَّةٍ تقريبًا. وتَحْوي كُلُّ صِبْغِيَّةٍ مَجْموعاتٍ من التَّعْليماتِ تُسَمَّى جِينات.



د ن أ

الحامِضُ النَّوَويُّ الرِّيبيُّ المَنْقوصُ الأُكسجين (د ن أ) يَخْتَزِنُ المَعْلوماتِ اللّازمةَ لبناءِ الخليَّة. ومُجْمَلُ الخلايا معًا يُؤلِّفُ الجِسْمَ البَشَريَّ بكاملِ وظائفِه. جُزَيْئات د ن أ مُلَفَّفةٌ ومُنْغَلِقَةٌ في صِبْغِيّاتٍ خيطيَّةِ الشَّكْل. هنالكَ 46 صِبْغِيًّا (تؤلِّف 23 زوجًا) في نَوَى مُعْظَمِ الخلايا. جُزَيْئاتُ د ن أ تَنْتَظِمُ في طاقَيْن مُتَرابطَيْن يلْتَفَّان حَلَزونيًّا واحدُهما حولَ الآخر – مُشَكِّلَيْن لَوْلَبًا مُزْدَوِجًا. وهذان الطَّاقان مُنضَمَّانِ معًا بواسِطةِ أربَعِ موادَّ كيماويَّةٍ مُخْتلِفةٍ تُسَمَّى قواعد. والتسَلْسُلُ الدَّقيقُ لهذه القواعد على امْتِدادِ جُزَيءِ د ن أ يُوَفِّرُ تَعْليماتٍ مُرَمَّزَةً لِبناءِ الخلايا وعمليّاتِها.

هنالك حوالى 100 000 جِيْنةٍ في الجِسْمِ البَشَريّ. تتألَّفُ الجِينَةُ الواحدةُ من قِطعةٍ صغيرةٍ من جُزَيءِ د ن أ. كُلُّ جينَةٍ تُصْدِرُ تَعْليماتِها إلى خليَّةٍ لِتُصَنِّعَ بروتينًا مُعَيَّنًا. وحيثُ إنَّ البروتيناتِ تحكُمُ الأَيْضَ الخَلَويَّ، فإنَّ الجيناتِ هي التي تُشَكِّلُ أجسامَنا وتُشَغِّلُها. وباسْتِثناءِ التوأمَيْنِ الطَّبيقَيْن، فإنَّ جَميعاتِ الجيناتِ تَتَبايَنُ قليلًا بينَ شَخْصٍ وآخر. والجيناتُ مُرَتَّبةٌ على زَوجٍ من الصِّبغيَّاتِ المُتَناظِرة – صِبْغِيَّةٍ من الأُمِّ وصِبْغِيَّةٍ من الأب. فهنالك نُسْختان للجينَةِ نَفْسِها على كُلِّ زَوْجٍ من الصِّبغيَّات المُتَناظِرة. مثلًا، الصِّبْغِيَّةُ من الأُم قد تَحْمِلُ جينَةً للعَيْنين البُنِّيَّتين، والصِّبْغِيَّةُ من الأب قد تحمِلُ جينةً للعَيْنين الزَّرْقاوَيْن. في هذه الحال، يَغْلِبُ فِعْلُ الجينةِ البُنِّيَّةِ السَّائدة فيكونُ الوَلَدُ ذا عَيْنَيْن بُنِّيَّتَيْن. إنَّ مَشْروعَ الجِينومِ البَشَريّ، الذي يُنَفِّذُه العلماءُ حاليًا على نِطاقٍ عالميّ، (ويُقال إنَّهم نَفَّذوه) يَهْدِفُ إلى تَعْيينِ كُلِّ جينةٍ بَشَريَّةٍ وتحديدِ مَوضوع تحَكُّمها.

الصِّبْغِيَّات (الكرومُوسُومات)

تَحْوي الصِّبْغِيَّاتُ آلافَ الجينات. والجيناتُ تَنْتَقِلُ من الوالدَيْن إلى نَسْلِهم. الانقِسامُ المُنَصِّفُ للخلايا في المَبيضَيْن والخُصْيَتَيْن يُنْتِجُ خلايا جِنْسيَّةً (بُيَيْضاتٍ وَنِطافًا)، تَحْوي 23 صِبْغِيًّا فقَطْ. ثُمَّ عندَ الإخصابِ واتِّحادِ نُطْفةٍ مع بُيَيْضةٍ تكْتَمِلُ المجموعةُ الصِّبغيَّةُ من 46 صِبْغِيًّا. وهنالك زوجٌ واحدٌ من الصِّبْغِيَّات - الصِّبْغِيَّان الجنسيَّان – مُختلفٌ عن الـ 22 زوجًا من الصِّبْغِيَّات لأُخرى، إذْ إنَّ الجيناتِ التي يَحْملانها ليسَتْ مَثيلةً في كلا الجِنْسَيْن. ففي الذُّكور، الصِّبْغِيُّ (س) الأطولُ مَقْرونٌ مع الصِّبْغِيِّ (ص) الأقصر. وفي الإناث، هنالك صِبْغِيَّان جِنْسِيَّان مُتَماثِلان (س س). فبتواجُدِ الصِّبْغِيَّيْن (س ص) في الجَنين يَتأكَّدُ تكوُّنُ الأعضاءِ التناسُليَّة الذَّكريَّة فيه.

▼ صورةٌ صُغْرِيَّةٌ إلكترونيَّة تكشِفُ 8 من الـ 46 صِبْغِيًّا داخِلَ نَواةِ خليَّةٍ بَشَريَّة. هذه الصورةُ أُخِذَتْ أثناءَ الانقِسامِ الفَتيليّ. وفي هذا النَّمَطِ من الانقِسامِ الخَلَويّ، تُصْبِحُ الصبغيَّاتُ أقْصَرَ وأسْمَكَ بكثير.

اُنْظُر أيضًا

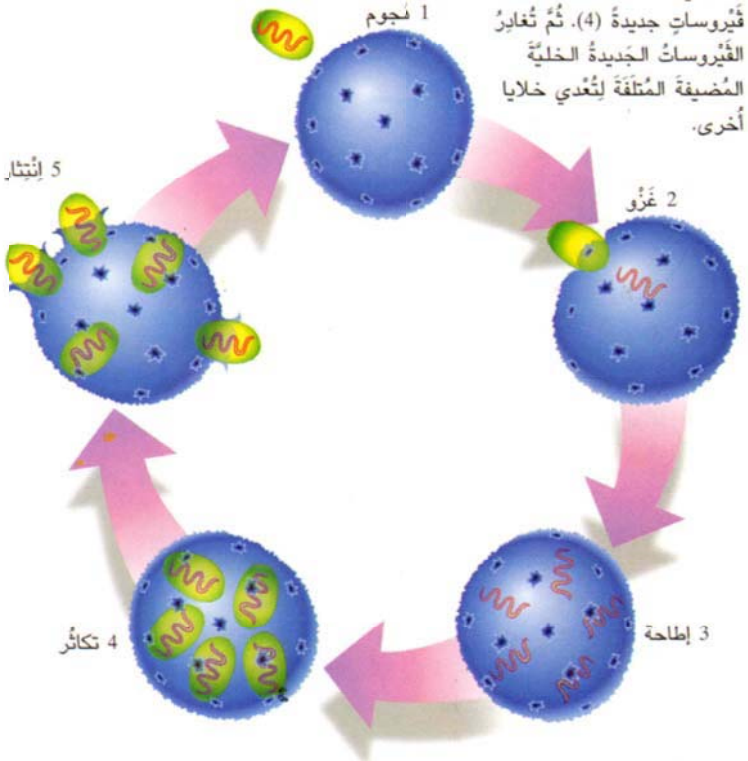
التَّناسُل ص 132
النمُوُّ والتطَوُّر ص 134
البكتِريا والفَيروسات ص 136

البَكْتِريا والقَيْروسات

البَكْتِريا (الجَراثيمُ) مُتَعضِّياتٌ بِجْهريَّةٌ، بينما القَيروساتُ حُزَمٌ أو ضمائمُ كيماويَّة. بعضُ البَكتِريا والقَيْروسات، المَعْروفةُ بالمُمْرِضات، تُعْدي الجِسْمَ وتُمْرِضُه.

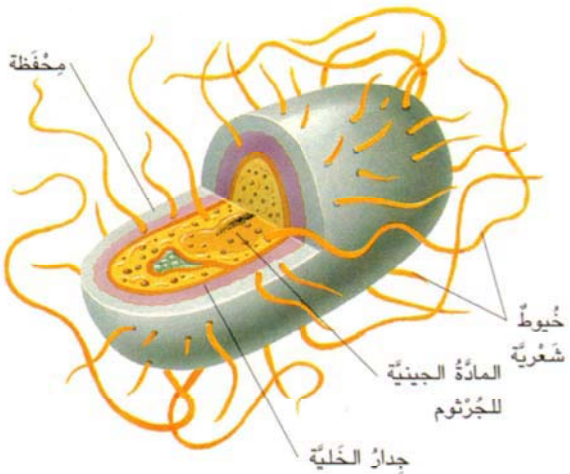
تَنْتَشِرُ الأمراضُ، كالزُّكام، من شَخصٍ إلى آخر عَبْرَ قُطَيْراتٍ دَقيقةٍ طافيةٍ في الهواء. فإذا عَطسَ شَخْصٌ مُصابٌ بالزُّكام، تُقْذَفُ قُطَيْراتٌ مليئةٌ بالمُتَعضِّياتِ المِجْهريَّةِ من أنفِه إلى الهواءِ بِسُرعةٍ فائقةٍ. وإذا اسْتَنْشَقَها آخرونَ فقد تَنْتقِلُ العَدْوى إليهم.

▼ يَتكاثَرُ القَيْروسُ عن طريقِ الِالْتِصاقِ بخَلِيَّةٍ ما (1). وحَقْنِ مادَّتِهِ الوِراثيَّة بداخلِها (2)، فتَتدَخَّلُ هذه في عمليَّةِ الأيْضِ الخَلَوِيّ (3) وتجعَلُها تُخَلِّقُ قَيْروساتٍ جديدةً (4). ثُمَّ تُغادِرُ القَيْروساتُ الجَديدةُ الخَلِيَّةَ المُضيفةَ المُتلَفَةَ لِتُعْدي خلايا أُخرى.



البَكْتِريا مُتَعضِّياتٌ مِجْهريَّةٌ أُحاديَّةُ الخَلِيَّة أبسَطُ كثيرًا من الخلايا التي تكوِّنُ النَّباتات والحيوانات. تَتواجَدُ البَكتِريا في كُلِّ مكانٍ، وهي قادرةٌ على العَيشِ في التُّربةِ والهواء، وحتَّى في أجهزتنا الهَضْميَّة. مُعْظَمُ البَكتِريا كائناتٌ غيرُ مؤذيةٍ، لكِنَّ بعضَ أنواعها المَعْروفة بالمُمْرِضات ضارَّةٌ وتُسَبِّبُ الأمراض. تُقْسَمُ البَكتِريا المُمْرِضةُ إلى ثلاثِ مَجْموعاتٍ بِحَسَبِ شَكْلِها: المُكوَّراتُ الكُرَويَّةُ الشَّكْل تُسبِّبُ التِهابَ الحَلْقِ والبُثورَ والخُراجاتِ وذاتَ الرِّئة؛ والعُصَيَّاتُ عَصَويَّةُ الشَّكْل وتُسبِّبُ التيفوئيدَ والسَّلْمونيلّة. والخَلَزونيَّاتُ لَوْلبيَّةُ الشَّكْل تُسَبِّبُ الحُمَّى الرَّاجعةَ والسِّفْلِس.

نَغْزو البَكتِريا الجِسْمَ بِطرائقَ مُتنَوِّعةٍ: إمَّا في قُطَيْراتٍ تُستَنْشَقُ مع الهواءِ، أو عَبْرَ جُروحٍ في الجِلْد، أو ابتِلاعًا في ماءٍ أو طعام، أو عَبْرَ جهازِ التَّناسُلِ أثناءَ اتِّصالٍ جِنْسيّ. عند دُخولِها الجِسْمَ، تَغْتذي البَكتِريا وتتكاثَرُ بالانقِسامِ الفَتيليّ وتُطْلِقُ ذِيفاناتٍ تُؤذي الخلايا البَشَريَّة. عادةً يَكْتشِفُ جهازُ المَناعة هذه البَكتِريا ويَقْضي عليها. ويُمكِنُ أيضًا مُعالَجةُ العَدْوى بِجُرعاتٍ من المُضادَّاتِ الحيَويَّة. كذلك يُمكِنُ اتِّقاءُ البَكتِريا بالتَّحْصينِ ومُراعاةِ أُمورِ الصحَّة العامَّة كشُرْبِ الماءِ النقيِّ وتَنْظيفِ الجُروحِ بالمُطَهِّرات.



البَكْتِريا خلايا بَسيطةٌ بدائيَّةُ النَّواة. وخِلافًا للخلايا المُعَقَّدة الحقيقيَّةِ النَّواة، فهي لا تحوي نواةً ولا عُضَيَّاتٍ أُخرى. ويُحيطُ بها جِدارٌ خَلَويّ ومِحْفظةٌ خارجيَّةٌ واقيَة. الجرثومُ العَصويُّ أعلاه مُغَطًّى بِخُيوطٍ دقيقةٍ شَعْريَّة تُسْتَخْدمُ لتَعلُّقِ الجُرثوم بالغِذاء أو بخَلايا أُخرى.

القَيْروسات (الحُمَات)

تُسبِّبُ القَيْروساتُ أمراضًا بَشَريَّةً كثيرة تَشْمَلُ الحَلأَ والزُّكامَ والحَصْبةَ والنُّكاف. وهي حُزَمٌ (ضَمائمُ) من الكيماويَّات – إمَّا د ن أ أو ر ن أ – مُحاطة بغِلافٍ بروتينيّ. تَغْزو القَيْروسات خلايا كائن حيٍّ آخر لتَسْتَخْدِمَ مُحتوياتِ خلاياه وتَسْتَنْسِخَ نفْسَها. وهي تُسبِّبُ المَرَضَ إمَّا بتَدْمير تلك الخلايا أو عَبْرَ اسْتِجابةِ جهازِ المَناعةِ لها، التي قد تؤدِّي إلى إعياءٍ وحُمَّى أو حتَّى إلى تَلَفٍ نَسيجيٍّ خَطير. ويتعامَلُ جهازُ المَناعةِ مع مُعْظمِ القَيْروسات دونَ تأثيراتٍ مَرَضيَّة. وبعضُ الأدواءِ، كالحَلأ، تَسْتطيعُ «التخَفِّي» داخلَ الجِسْمِ، ثُمَّ تَبْرزُ دَوريًّا تاليًا مُسَبِّبةً نَوباتٍ إضافيَّة. بعضُ الأدْواءِ القَيْروسيَّة يُمكِنُ اتِّقاؤها بالتَّحْصين، لكِنَّ مُعْظَمَها عَصِيٌّ على المُعالَجةِ بالعقاقير. فالمُضادَّاتُ الحيَويَّةُ لا تُجدي في مُعالَجتِها. وهناك مَرَضٌ فَيْروسيٌّ خطير يُهاجِمُ فَيْروسُهُ (فيروس العوز المَناعيّ البَشَريّ) جهازَ المَناعةِ البَشَريَّ ذاتَه، وبعدَ وقت يطولُ أو يَقْصُر، تَنْتَهِزُ هذه القَيْروساتُ قُصورَ ذلك الجِسم عن حِمايةِ نَفْسِه فَتُصيبُه بِمُتَلازمةِ نَقْصِ المَناعة المُكْتَسَب (الإيدز). والمَعْروفُ أنَّه لا يتوَفَّرُ حاليًا عِلاجٌ ناجعٌ لِقَيْروسِ عَوز المَناعة البَشَريّ هذا، وإن توَفَّر فإنَّه باهظُ التكلفة.

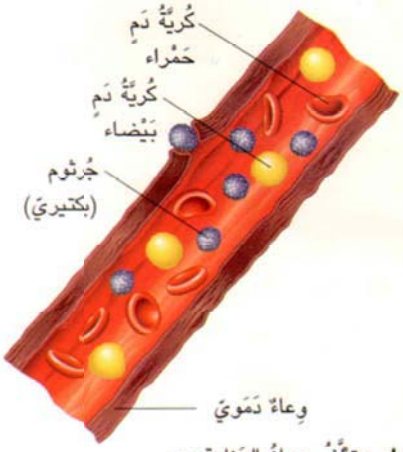
أُنْظُر أيضًا

جِهازُ المَناعة ص 137
المَرَض ص 138
تلَوُّثُ الماء ص 452

جِهازُ المَناعة

الجِسْمُ البَشَريُّ مُهَدَّدٌ دَومًا بالمُمْرِضات. وجهازُ المَناعة يُوَفِّرُ حمايةً قَهّارة ضِدَّ هذه المُتعَضِّياتِ المِجْهريَّةِ المُمْرِضَة.

هنالك ثلاثُ سُبُلٍ يُدافِعُ فيها الجِسْمُ عن نَفْسِه ضِدَّ المُمْرِضاتِ الغازية. فالحواجزُ الطبيعيَّةُ تَشْمَلُ الجِلْدَ، واللُّعابَ والدُّموعَ التي تحوي أنزيماتٍ حالَّةً قاتلةً للبَكتِريا تُسَمَّى لَيْسُوزايْم. أمَّا المُمْرِضاتُ التي تَعْبُر بوَسيلةٍ ما إلى الجِسم فتَغْتَمِرها كُرَيَّاتُ دَمٍ بيضاء تُسَمَّى بَلْعميَّاتٍ، أو تُدَمِّرُ بخَلايا طبيعيَّةٍ قَتّالة في الحُمْلةِ اللِّمْفاويَّة، أو تستهدفُها بروتيناتٌ مُضادَّة للمِكْروبات. ثُمَّ هنالك خطُّ الدِّفاع الأقوى ضِدّ المُمْرِضات، وهو جِهازُ المَناعة.



1 يتألَّفُ جهازُ المَناعة من كُرَيَّاتِ دَمٍ بَيْضاءَ دِفاعيَّةٍ تتواجَدُ في الجُمْلةِ اللِّمْفاويَّةِ وفي الدَّم. كُرَيَّاتُ الدَّم البَيْضاءُ المُبَيَّنَةُ أعلاه تُسَمَّى لِمْفاويَّاتٍ بائيَّة. وهي تتعَرَّفُ المُستَضِدَّاتِ على سُطوحِ البَكتِريا التي تَغْزو مَجْرى الدَّم.

الطبيبُ الإنكليزيُّ إدوارْد جِنَر (1749 – 1823) قام بالتَّطْعيم الأوَّل. فاستَخْدمَ سائلًا من بَثْرةٍ تَسَبَّبَتْ من داءٍ غيرِ خَطِرٍ يُسَمَّى جُدَري البَقَر لِيُلَقِّحَ صَبيًّا ضِدَّ مَرَضٍ جُدَريٍّ خَطيرٍ ومُميت. وعندما تعرَّضَ الصبيُّ لِمَرَض الجُدَري الخَطير كانت مناعتُه ضِدَّه فعَّالة.

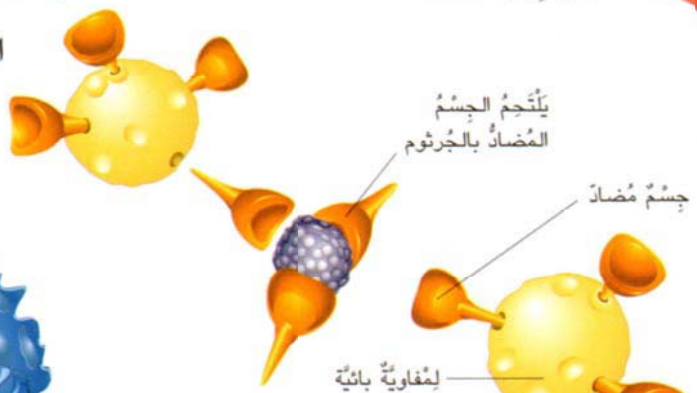
◄ كُرَيَّةُ دَم بَيْضاء بَلْعميَّة (مُكبَّرة هنا 2340 مرَّةً) تَغْتَمِرُ كائنًا مُمْرِضًا من الأوالي (بالأزرق). هذا الكائنُ يُسَبِّبُ داءً مَداريًّا يُسَمَّى اللَّيْشمانيَّة تَنْجُمُ عنه تَقَرُّحاتٌ مُؤلمة. ويَنْتشِرُ هذا الداءُ بين البَشَرِ بِلَسَعاتِ ذُبابِ الرَّمْل المُصابةِ بهذا الكائنِ المُمْرِض.

الإستِجابَةُ المَناعيَّة

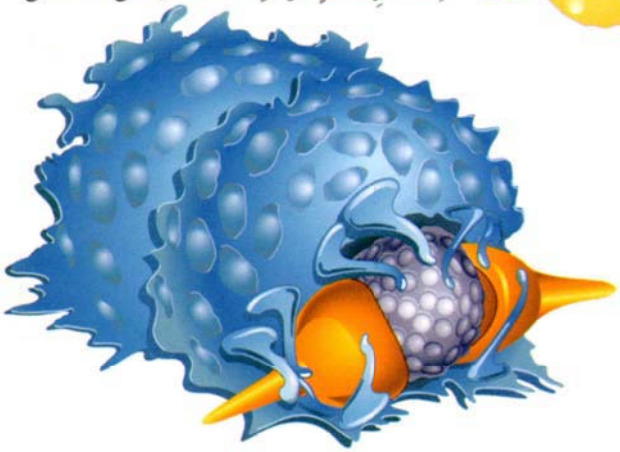
يتألَّفُ جهازُ المَناعة من خَلايا، تُسَمَّى اللِّمْفاويَّات، تتعَرَّفُ الكيماويَّاتِ المُستَضِدّةَ (مُثيرةَ مُوَلِّدات المضادّ) على سُطوح المُمْرِضات. فتُطْلِقُ اللِّمْفاويَّاتُ البائيَّةُ أجسامًا مُضادَّةً تَلْتحِمُ بمُستضِدَّاتٍ مُعَيَّنةٍ فَتُعطِّلُ المُمْرِضاتِ وتَسِمُها للتَّدمير. وتَقومُ اللِّمْفاويَّاتُ التائيَّةُ بتَعَرُّف المُمْرِضاتِ وتُدَمِّرُها مُباشرةً. أمَّا الكُرَيَّاتُ المُسْتذكِرةُ «فتَتَذَكَّرُ» المُستَضِدّات وخَصائصَها. يَسْتَغرِقُ جهازُ المَناعة بِضعةَ أيَّامٍ حتَّى يَسْتجيبَ – في الإستِجابةِ الأوَّليَّة – إلى مُستَضِدٍّ جديد؛ بحيثُ قد يُصابُ الشخصُ بالمَرَض. لكنْ في المَرَّةِ التالية، تتذكَّرُ الكُرَيَّاتُ المُستَذكرةُ تلك المُستضِدَّاتِ فتَسْتجيبُ لها سَريعًا بلِمْفاويَّاتٍ بائيَّة وتائيَّةٍ تُدَمِّرُ الغازِيات. ويكونُ الشخصُ بذلك قد اكتسَبَ المناعةَ ضِدَّ المَرَض.

التَّحْصين (التَّطْعيم)

التَّحْصين يُحَضِّرُ جهازَ المَناعة لِيَعْملَ سَريعًا ضِدَّ مُمْرِضاتٍ مُؤذيةٍ خاصَّة. فيُحْقَنُ الشخصُ



2 تَتكاثَرُ اللِّمْفاويَّاتُ البائيَّةُ بِسُرعةٍ فتُنْتِجُ كُرَيَّاتٍ بِلازْميَّةً. هذه الكُرَيَّاتُ تُطْلِقُ أجسامًا مُضادَّةً تُهاجِمُ البكتِريا الغازِيَة. الأجسامُ المُضادَّةُ تَلْتَحِمُ بالمُستَضِدَّاتِ وتُعطِبُ البكتِريا.



3 البَكتِريا المَعْطوبةُ هي الآنَ مَوسومةٌ للتَّدمير. فكُرَيَّاتُ الدَّم البَيْضاءُ البَلْعميَّة تَتقَصَّاها وتُدَمِّرُها. وبعضُ اللِّمْفاويَّاتِ، المُسَمَّاة الخلايا المُسْتَذْكِرة، تَسْتطيعُ تَذكُّرَ نَوْعِ الغازِياتِ فتُسَرِّعُ مُقاوَمتَها في مرَّةٍ تالية.

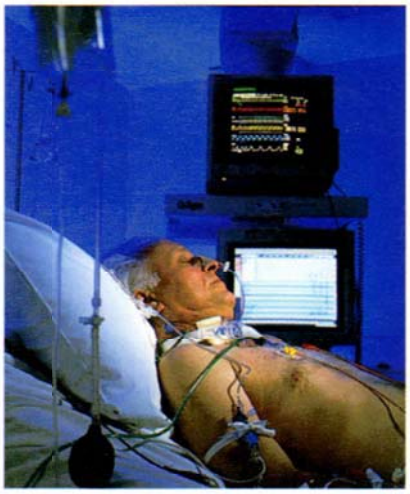
بِلَقاحٍ (طُعْم) حاوٍ مُمْرِضاتٍ مُعَدَّلةً تَسْتَثيرُ جهازَ المَناعةِ لِيُنْتِجَ أجسامًا مُضادَّةً دونَ التسَبُّبِ بِمَرَض. فإذا ما غزا المُمْرِضُ الحَقيقيُّ الجِسْمَ لاحِقًا، فإنَّ جهازَ المناعةِ يَسْتجيبُ لِمقاوَمته فَورًا. لقد خَفَّضَ التَّحْصينُ الفعَّالُ الأمراضَ المُعْديةَ بشكلٍ مَلْحوظٍ على النِّطاقِ العالميّ. ففي عام 1979، مثلًا، تَمَّ بفَضْلِه استئصالُ داءِ الجُدَري الخَطير.

اُنْظُر أيضًا

الدَّم ص 122
الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّة ص 123
البَكتِريا والفَيْروسات ص 136
المَرَض ص 138

المَرَض

يَحْدُثُ المَرَضُ عندما يَحصُل خَلَلٌ في عَمل الجِسم الوَظيفيّ العاديّ. وقد يتَسبَّبُ هذا الخللُ من عواملَ خارجيَّةٍ كالبَكتِريا، أو يتأتّى نتيجةً لاختِلالٍ داخليٍّ كالسَّرطان.



مَريضٌ في وَحْدةِ العنايةِ الفائقة في مستشفًى حيثُ تُراقَبُ سرعةُ خَفَقان قَلْبِه وضغطُ دَمِه، ويُزَوَّدُ بالأكسجين. وتُبَيِّنُ الشَّاشةُ (إلى فوق) سُرعةَ خَفَقانِ قَلْبِه (بالأخْضر) وضَغْطَ دَمِه (بالأحْمر والأزرق الفاتِح) ومُسْتَوياتِ الأكسجين في دَمِه (بالأزْرقِ الغامق) وسُرعةَ تنفُّسِه (بالأبْيض).

أمراضٌ كثيرةٌ تكونُ قصيرةَ الأجَل وتَبرأُ بِنَفْسِها؛ وأُخرى أشَدَّ خُطورةً فتَتطَلَّبُ مُعالَجةً بالعَقاقير أو بالجِراحة. تنقَسِمُ الأمراضُ إلى فِئتين: مُعْدِيَة وغيرِ مُعْدِيَة. الأمراضُ المُعْدِيَةُ تُسَبِّبُها مُتَعَضِّياتٌ تُدعى مُمْرِضات، بخاصَّةٍ البَكتِريا والفَيْروسات. وبعضُها تُسبِّبُه أَوالٍ أُحاديَّةُ الخليَّة - كالمَلاريا (البُرَداء) ومَرَضِ النَّوم؛ أو فُطُورٌ، كسَعْفَةِ القَدَمَيْن؛ أو ديدانٌ طُفَيْليَّةٌ، كالشَّريطيَّاتِ (الدِّيدان الرَّحيدة) التي تَعيشُ وتَغْتذي في المِعَى الدَّقيق.

المُمْرِضاتُ تَغْزو الجسمَ عَبْرَ سُبُلٍ مُتَنَوِّعةٍ تَشْمَلُ الفَمَ أو الأنفَ وَعَبْرَ الجُروح. وإذا لم يتصَدَّ لَها جهازُ المَناعة في الحال، فإنَّها تتكاثَرُ وتُهاجِمُ الأنسِجَةَ وتُسبِّبُ العَدْوى والأدواء. الأدواءُ، أمثالُ الزُّكام والحَصْبَة، التي تَنْتقِلُ بِسُهولةٍ من شخصٍ إلى آخرَ تُسَمَّى أدواءً مُعْدِيَةً أو ساريةً. وهي قد تتطوَّرُ إلى أوبِئةٍ تَطالُ كثيرًا من الناس في المَوْقِع نَفْسِه. بعضُ الأمراض المُعْدِيَة، كمَرَض النَّوم، تَنْتقِلُ بواسطةِ حيواناتٍ أُخرى تُعرَفُ بِحامِلاتٍ أو ناقِلاتِ المَرَض.

الأمراضُ غيرُ المُعْدِيَة

الأمراضُ اللامُعْدِيَة هي السَّببُ الرئيسيُّ الأكثرُ تَسَبُّبًا بالوَفَيات في البُلدان النامية. فلا يُصابُ الناسُ بهذه الأمراض عن طريق العَدْوَى، بَلْ تُسَبِّبُها تَعْليماتٌ مُحْتواةٌ في جيناتهم الوِراثيَّة، أو كيماويَّاتٌ خَطِرةٌ في البيئة، أو أَساليبُ حياتيَّةٌ كالتَّدخينِ أو الغِذاءِ المُفْتَقِرِ أو قِلَّةِ التَّمارين، أو تأثُّرِ بعضٍ أو كلِّ هذه العَوامل. الأمراضُ غيرُ المُعْدِيةِ الأكثَرُ شيوعًا هي أمراضُ القَلْب والسَّرَطانات. وبعضُ الأمراضِ غير المُعْدِيةِ هي أمراضٌ مَوْرُوثة؛ وهذه تَشْمَلُ الأنيمْيا (فَقْرِ الدَّم) المِنْجليَّةَ الخلايا - حيثُ كُريَّاتُ الدَّمِ الحمراء لا تعمَلُ كما يَنْبغي، وتلَيُّفَ البَنْكرياس الحَوْصَليّ - حيث تَتأثَّرُ بنتائجه عمليَّتا التنفُّس والهَضْم.

رأسُ الشَّريطيَّة، دودةِ لَحْمِ البَقَر، التي يَبْلغُ طولُها قُرابَة 10 أمتار، مُكَبَّرٌ 22 مرَّةً. الخطاطيفُ الماصَّةُ تَقْبِضُ جِدارَ المِعَى الدَّقيق؛ ويُصابُ البَشَرُ بهذه الديدان عن طريقِ تناوُلِهم لَحْمَ البَقَر النِّيء المُلَوَّث.

ذُبابُ تْسي تْسي الإفريقيّ يَغْتذي بالدَّم البَشَريِّ بِغَرْزِ أجزاءِ فَمِه الأنبوبيَّةِ الماصَّةِ في الجِلْد. هذا الذُّبابُ يَنْقُلُ أيضًا طُفَيْليًّا من الأوالي يُسَبِّبُ مرضَ النَّوم. أثناءَ أَغْتِذاءِ الذُّبابة، تدخلُ الطُّفَيْليَّاتُ إلى مَجرى دَم الشخص فتَغْزو الجُمْلةَ اللِّمْفاويَّةَ والدِّماغ. يُعاني الشخصُ المُصابُ بهذا الدَّاء من الضَّياع والإرهاق حتَّى يأتيَه الأجَل. تُشَخَّصُ العَدْوَى عَبْرَ عَيِّناتٍ من الدَّم (أقصى اليَسار) ويُمكِنُ مُعالَجتُها بالعَقاقير.

أُنْظُر أيضًا

البَكتِريا والفَيْروسات ص 136
جِهازُ المَناعة ص 137
الطِّبّ ص 140 - 141

التَّمارينُ واللِّياقَةُ البَدَنيَّة

الجِسْمُ اللَّائقُ بَدَنيًّا هو الجِسْمُ المُرَجَّحُ أنْ يكونَ وأنْ يَبْقى سَليمًا. تُكْتَسَبُ اللِّياقةُ البَدَنيَّةُ عَبْرَ التمارينِ المُنْتظِمةِ في الهواءِ الطلق وتَخْفيضِ الإجهادِ وتَناوُلِ وَجَباتٍ مُتَوازِنة.

اللِّياقَةُ البَدَنيَّةُ هي قُدْرةُ الشَّخص عَلَى القيام بمدًى واسعٍ من الأَنْشطةِ اليوميَّةِ دونَ أيِّ إجهادٍ أو إرهاقٍ أو بَهْرٍ مُفرِط. إنَّ أساليبَ الحياةِ العَصْريَّة للأسف تَنْزعُ إلى جَعْلِ النَّاس أقلَّ لِياقةً بَدَنيَّة. فبينما كانت الأنشطةُ اليوميَّةُ لأجدادِنا، كالصَّيْدِ والمَشْي، تحفَظُ لهُم لِياقَتهم البَدَنيَّة، فإنَّ البشَرَ المُعاصِرين، باستِخْدامِهم الحافلاتِ والسيَّارات، دونَ المَشْي وإقلالِهم النَّشاطَ بتَمْضيةِ الساعاتِ جالِسينَ أمام التلفزيونات أو الحواسيب أصبحوا عُرضةً لمشاكلِ أساليبِ الحياة العَصْريَّة، كأمراضِ القَلْب. ولِحُسْنِ الحَظِّ، فإنَّه يُمكِنُ دَومًا بالتمارين والأنشطةِ المُنْتظِمة تَحْسينُ اللِّياقةِ البَدَنيَّة والصِّحَّة. ومن بين الفوائدِ الأُخرى لهذه الأنشطة تَخْفيضُ مُستوى الدُّهون في الجِسم، وتَخْفيضُ الوَزْن – مِمّا يَجعَلُ القَلْبَ والرِّئتين أكثرَ فعاليَّةً، ويُحسِّنُ وَضْعةَ الجسم وتوتُّرَ العَضَلات، ويُقلِّلُ خطَرَ أمراضِ القَلْب، ويَحُدُّ من الإجهاد، ويُتيحُ للشَّخصِ نَومًا أسْلَسَ وأعْمق.

▲ مَدُّ العَضَلاتِ وبَسْطُها هو جُزْءٌ مُهِمٌّ من رُوتينِ التمرين – بخاصَّةٍ عندَ الاستراحة. هذه المرأةُ تَقومُ بسَنْدِ المُتمَرِّنِ وهو يَبْسُطُ عَضَلاتِ ذراعَيه وجانبَي جسمِه ورِجْلَيْه. إنَّ بَسْطَ العَضَلات أو مَطَّها يَجْعَلُها هي والمَفاصِلَ أكثرَ مُرونةً، ويَزيدُ من مدَى حَرَكةِ الجِسم – إضافةً إلى مَنْعِ التيبُّسِ العَضَلي.

◄ خلالَ التمارينِ المُنْتظِمة في الهواءِ الطلق، تحتاجُ العَضَلاتُ إلى مَزيدٍ من الغلوكوز والأكسجين لتوفير طاقةٍ إضافيَّة. فيَتسارَعُ نَبضانُ القَلْبِ ليَضُخَّ مَزيدًا من الدَّم إلى العَضَلات. وتَزْدادُ سُرعةُ التنَفُّسِ لإيصالِ مَزيدٍ من الأكسجين إلى الدَّم. فيَتحَوَّلُ الدَّمُ عن أجزاءِ الجِسم الأُخرى، كمَنْظومةِ الهَضْم، نَحْو العَضَلاتِ القائمة بالعملِ المُجهِد. التمارينُ المُنْتظِمةُ في الهواءِ الطلق تُحَسِّنُ اللِّياقةَ البَدَنيَّة بزيادةِ فعاليَّةِ القَلْب والرِّئتَيْن والعَضَلات.

أنماطُ اللِّياقَةِ البَدَنيَّة

التَّمارينُ تُحَسِّنُ اللِّياقَةَ البَدَنيَّةَ في مَجالاتٍ ثلاثة: قُدْرة الاحتِمال واللِّياقةِ العَضَليَّةِ والمَرُونيَّة. إنَّ قُدْرةَ الاحتِمال، أو الصُّمودَ القَلْبيَّ الوِعائيَّ، هي قُدْرةُ القَلْبِ والأوعيةِ الدمويَّةِ على توصيلِ الأُكسِجين بِفَعاليَّة إلى خَلايا الجِسْم. ويُمكِنُ تَحْسينُ هذه القُدْرة بالتمارين الرِّياضيَّة المُنْتظمة في الهواءِ الطلق، كالعَدْوِ ورُكوبِ الدرَّاجة.

اللِّياقةُ البَدَنيَّةُ تَشْمَلُ مَجالَيْن: القوَّةَ العَضَليَّة – التي تُنْتِجُها العَضَلةُ – والتي يُمكِنُ تَحْسينُها مثلًا، بالتدَرُّبِ على رَفْعِ الأثقال؛ والاحتِمالَ العَضَليَّ، وهو قُدْرةُ العَضَلةِ على الإنقِباضِ تكرارًا في وقتٍ قصير، والتي يُمكِنُ تَحْسينُها مثلًا، بالعَدْوِ أو التزَلُّجِ مسافاتٍ طويلة.

المَرُونيَّةُ هي قُدْرةُ العَضَلاتِ على التمَدُّدِ، والمَفاصِلِ على التحَرُّكِ بِحُرِّيَّةٍ دونَ مَشَقَّةٍ عَبْرَ مَدًى واسعٍ من الحَرَكات. إنَّ أنْشِطةً كاليُوغا والسِّباحةِ تُحَسِّنُ المَرُونيَّة.

والبَرْنامجُ المُنَوَّعُ من مُجْمل هذه التمارين يُحَسِّنُ مُختلِفَ أوجُه اللِّياقةِ البَدَنيَّة. ومن المُهِمِّ، قبْلَ مُمارسَة هذه التمارين، القيامُ ببعضِ التَّحْمِيَةِ لِتجَنُّبِ إلحاقِ الضَّرر بالعَضَلاتِ والأنسِجَةِ الأُخرى. كما إنَّ التهدُّؤَ والتَّراخي بعدَ التمرين – خاصَّةً بالمَدِّ وبَسْطِ العَضَلات، هو أيضًا مُهِمٌّ.

▲ التمارينُ المائيَّةُ تُكْسِبُ الجسمَ الفوائدَ نَفْسَها كالتمارين في الخلاء والهواءِ الطلق، لكِنَّها تُخفِّضُ الثقلَ والإنفِعالَ على الرُّكْبتَيْن لأنَّ الماءَ يَدفَعُ الجسمَ المَغمورَ فيه إلى أعلى.

اُنْظُر أيضًا

القَلْبُ والدَّورةُ الدَّمويَّة
ص 120 – 121
الرِّئتان والتنَفُّس ص 124 – 125

الطِّبّ

الطِّبُّ عِلمٌ يدرسُ الأمراضَ البَشَريَّةَ ومُعالجتَها والوِقايةَ منها. والطِّبُّ المُعاصِرُ يُمَكِّنُ الناسَ من العيشِ أعمارًا أطولَ وَبِصِحَّةٍ أفضَلَ.

يَجْري حَقْنُ هذا الطِّفل باللِّقاح الثلاثيّ (د ش ك – DPT) الذي يُحَصِّنُه (أي يكسِبُه مناعةً) ضِدَّ أمراض الدفتيريا والشَّاهوق (السُّعال الدِّيكي) والكُزاز.

يَتعامَلُ الطِّبُّ مع مُختلِف نواحي الأمراض – بِما فيه أسبابُها وتوَقِّيها ومُعالَجتُها. والمعروف أنَّ إمكانيَّةَ مُداواةِ الأمراض والحكْمَ بها بشكلٍ فعَّال لم تتحقَّقْ إلَّا في القَرْنِ العِشْرين. فلِلْمَرَّةِ الأولى في التاريخ البَشَريّ تواجَدَ أطبَّاءُ ومُمَرِّضون، رجالًا ونساءً، جَيِّدو التدريب وذَوو كفاءاتٍ عالية. كما صارَ في المُتناوَل مدًى واسِعٌ من العَقاقير، كالمُضادَّات الحيَويَّة المُبيدةِ للبَكتيريا، وإمكاناتُ التَّحْصين المَناعيّ الذي قضَى على الكثيرِ من أمراض الطُّفولة كالتهابِ سِنْحابيَّةِ الدِّماغ (شَلَلِ الأطفال). وتيَسَّرَ للأطبَّاءِ سبُلٌ جديدةٌ دقيقة لتَشْخيصِ عِلَلِ مَرضاهم. وصارت العمليَّاتُ الجِراحيَّةُ بأمونةٍ مُيَسَّرةً ومَرفورةَ النجاح بفَضْلِ إجرائها في ظروفٍ بالِغةِ النظافة وجَوٍّ خالٍ من مُختلِف أنواع الجراثيم، وباستِخْدامِ أدواتٍ مُعَنَّمةٍ وتَخْديرٍ (تَبْنيج) فعَّال يُعطِّلُ الإحساسَ بالألَم. كما طُوِّرَ الكثيرُ من الأساليبِ الجِراحيَّةِ الجَديدة، كَنَقْلِ الغرائسِ بَديلةً لِعُضْوٍ مَعْطوب.

عقاقيرُ شَرابيَّةٌ سائلةٌ يَسْهُل بَلْعُها.

الكَبْسُولاتُ والقُرَيصاتُ أيضًا طرائقُ شائعةٌ كعقاقيرَ سَهْلَةِ التناوُل.

يُمكِنُ حَقْنُ العقاقير في مَجرى الدَّم او تحت الجِلْد بواسطةِ الزرَّاقات (المَحاقن).

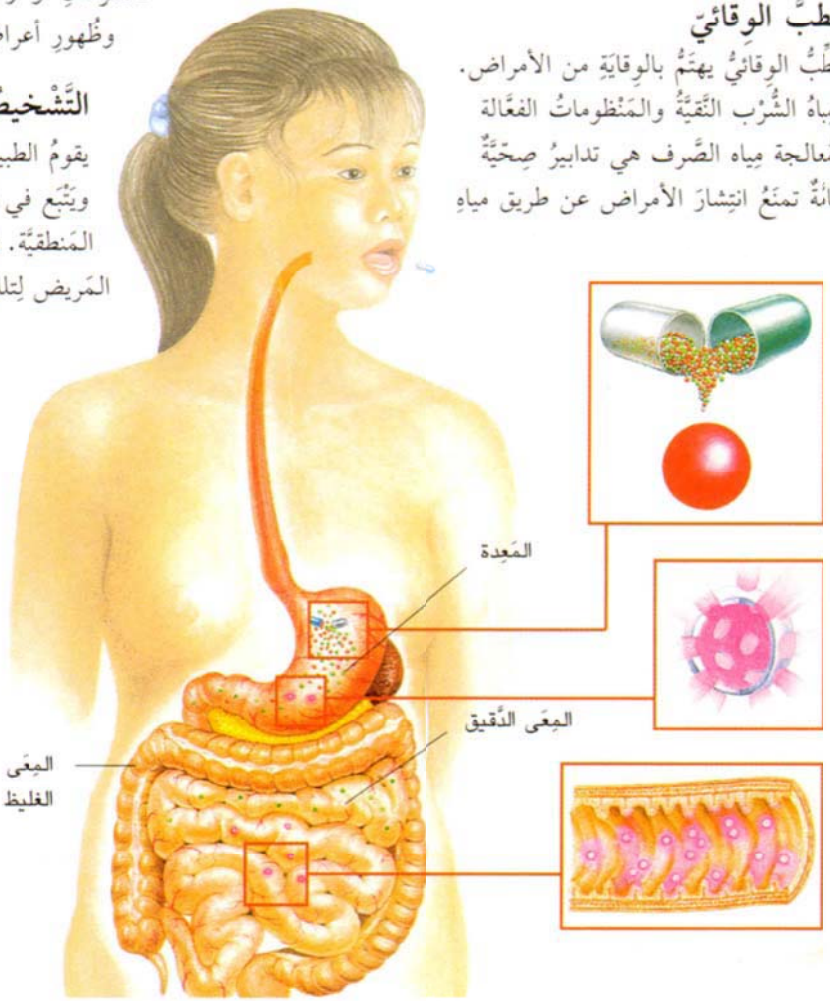
المُستَنْشقاتُ وقَطَراتُ العَيْن تُوصِلُ العَقاقيرَ إلى المناطق المُسْتَهدَفة.

الطِّبُّ الوِقائيّ

الطِّبُّ الوِقائيُّ يهتَمُّ بالوِقايةِ من الأمراض. فمِياهُ الشُّرْب النَّقيَّةُ والمَنْظوماتُ الفعَّالة لِمُعالجة مِياه الصَّرف هي تدابيرُ صِحّيَّةٌ عامَّةٌ تمنَعُ انتِشارَ الأمراض عن طريق مياهِ الشُّرْب. كما إنَّ التربيةَ الصِّحيَّةَ السليمةَ تُوَعِّي الناسَ لِلْمَخاطر الصِّحّيَّةِ للتَّدْخين أو الإفراط في تناوُل الكُحول، وتزكّي لهُم فوائدَ التمارين الرياضيَّة المُنتظِمة والأغذيةِ المُتَوازنة. التَّحْصينُ يَقي الأطفالَ من الأمراض الخَطيرة. وبرامجُ الفَحْص العموميَّةُ تكشِفُ الأمراضَ الكامنةَ الخَطيرة كالسَّرَطانِ أو ارتفاع ضغط الدَّم قبْلَ استِفحالِها وظُهورِ أعراضِها.

التَّشْخيصُ والمُعالَجة

يقومُ الطبيبُ بتَشْخيص عِلَّةِ المَريض. ويَتْبَع في ذلك سِلْسلةً من الخُطواتِ المَنطقيَّة. فيُصغي أوَّلًا إلى وَصفِ المَريض لِتلك الأعراض ومَشاعِره حولَ ما



1 في غُضونِ ساعةٍ من البَلْع، تُذيبُ الأنزيماتُ الهاضِمةُ في المَعِدة المِحْفظةَ الخارجيَّةَ فتَنطَلِقُ حُبَيْباتُها المُرَمَّزة لونيًّا.

2 الحُبَيْباتُ ذاتُ الغلافِ الخارجيِّ الأرَقِّ تَذوبُ في المَعِدة، ويُمْتَصُّ مُحْتَواها من الدَّواء عَبْرَ جدران المَعِدة إلى مَجرى الدَّم.

3 بعْدَ البَلْعِ ببِضْعِ ساعاتٍ، تكونُ الأنزيماتُ قد طاولت الحُبَيْباتِ ذات الغلافِ الأسْمك. فيُمْتَصُّ مُحْتَواها عَبْرَ جدرانِ المِعَى الدَّقيق ومنها إلى مَجرى الدَّم.

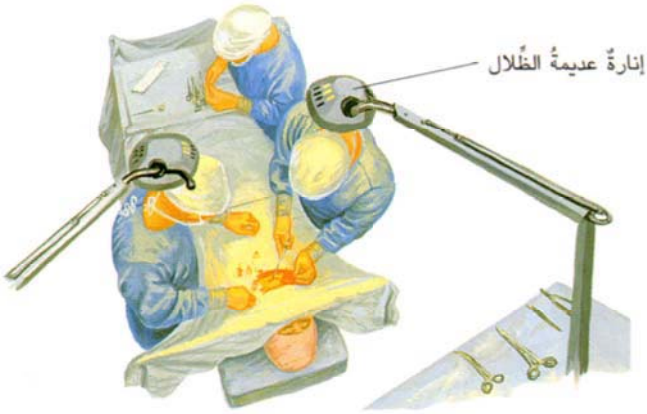
يَنْبغي أحيانًا إطلاقُ العَقاقيرِ ببُطْءٍ في مَجرى الدَّم. المَحافِظُ (الكَبْسُولات) البطيئةُ الإطلاق تَحوي مئاتِ الحُبَيْباتِ الدَّقيقة، حاويةَ العَقَّار، مُرَمَّزةً لونيًّا بحسَبِ سماكةِ أغلفتِها الخارجيَّة، فالحُبَيْباتُ الرَّقيقةُ الأغْلفةِ تُطلِقُ مُحْتوياتِها في المَعِدة بُعَيْد بَلْعِها؛ والحُبَيْباتُ السَّميكةُ الأغْلفة تُطلِقُ العَقَّارَ لاحِقًا في المِعَى الدَّقيق.

فيها من خَلل. ثُمَّ يُحاول الطبيبُ بأسئلته تقَصّي المَزيدِ عن تلك الأعراض وتاريخ بدءِ الشعورِ بها وعمّا إذا كان المريضُ قد شعرَ بمثل هذه الأعراض سابقًا. ويقومُ الطبيبُ تاليًا، بفَحْصِ المَريض بَحثًا عن علاماتٍ تُعَرِّفُ بالمَرض. وقد يَشْمَلُ ذلك الضغطَ على الجُزْءِ المُصاب من الجِسم أو استِخْدامَ أدواتٍ خاصَّةٍ كالسمَّاعةِ يتسَمَّعُ بواسطتِها نَمطَ ضَرباتِ القَلْب وصوتَ الشَّهيقِ والزَّفيرِ إلى ومنَ الرِّئتين، أو يَقيسُ الضغطَ بمِنياس ضغطِ الدَّم، أو يَتفَحَّصُ دواخلَ العَيْن بالمِعيانِ المِجْهَريّ. وقد يتمَكَّنُ الطبيبُ من تَشْخيصِ العِلَّة رأسًا أو قد يَحتاجُ إلى مَعْلوماتٍ إضافيَّة – فيطلبُ من المريض، مثلًا، كشُوفًا مِخْبَريَّةً بتحاليل الدَّم أو البَوْل أو صُوَرًا جسمانيَّةً بالأشِعَّة السينيَّة أو تفريساتِ مَسحٍ بالتصوير المَقْطعيّ الحاسوبيّ (ت م ح) لِمَوقعِ الخَلل.

فإذا استطاعَ الطبيبُ تَشْخيصَ المَرض، تتِمُّ المُعالَجةُ دون تأخيرٍ كما هي الحالُ غالبًا. أمّا إن ظَلَّتْ تُساورُه شُكوكٌ أو اعتَبَرَ أنَّ المرضَ خَطيرٌ ويتَجاوزُ اختِصاصاتِه فإنَّه حينئذٍ يُحيلُ المَريضَ إلى طبيبٍ اختِصاصيّ. مُعالجةُ المرضِ غالبًا ما تتطَلَّبُ استِخْدامَ العَقاقير، وهي كيماويّاتٌ تَعمَلُ على تعديلِ عملِ الجِسمِ للتخَلُّصِ من أسبابِ المَرض. وقد تتطَلَّبُ أنماطٌ أُخرى من المُعالجة راحةً في الفِراش، أو مُعالجةً فيزيائيَّةً تُساعِدُ في الشِّفاءِ من إصاباتٍ عَضَليَّةٍ أو عَظْميَّة، أو مُعالجةً بالأشِعَّةِ لِتدمير الأورام، أو تدابيرَ نَزْعٍ أو رأبٍ جِراحيَّة.

طِباباتٌ بَديلة

كثيرٌ من الطِّبابات البَديلة أصبحَ مَقْبولًا لدى الطِّبّ التَّقْليديّ. فبعضُ هذه الطِّبابات، كالوَخْزِ الإبْريّ وطِبِّ الأعشاب، له أُصولٌ قديمةٌ، وبعضُها الآخَرُ، كتقويم العِظام والمُداواةِ



▶ يَستَخْدِمُ الاطبّاءُ مُعَدّاتٍ مُختلِفةً لِتَقَصّي علاماتِ المَرض ودِقَّةِ التشخيص. هنا الطبيبُ يَستَخْدِمُ مِعيانًا (منظارَ العَيْن) لفَحْص عَيْن امرأة. وقد تكشِفُ الآلةُ مشاكِلَ إبصاريَّةً، أو تُظهِرُ أوعيةُ العَيْنِ الدمويَّةُ خَللًا يَنِمُّ عن وُجودِ مشاكلَ في سَرَيان الدَّم فيها.

المِثْليَّة، هو كثيرُ حداثةٍ.

الطِّباباتُ البَديلةُ تُعْنَى بِمُعالجة الشخص كمَجْموع وليسَ كأعراضٍ فرديَّة مُستقِلَّة فيه. فالوَخْزُ الإبْريُّ يَستَخْدِمُ إبَرًا دقيقةً لاستِعادة الجِسم الصِّحَّة والعافية؛ وطِبُّ الأعشاب يَستَخْدِمُ خلاصاتٍ نباتيَّةً تقليديَّةً لمُداواة الشَّخص كُكُلٍّ. واليُوغا تَنْطوي على التأمُّل وتَصْحيح وَضْعةِ الجِسم لِتَفْريجِ الكَربِ وتَحْسينِ المَرُونيَّة. أمّا تَقْويمُ العِظام وعلاقاتِها بالأعصاب والأوعية الدمويَّة في الجِسم فتَتِمُّ بمَهارةِ المُداولةِ والتدليك باليَدَيْن. وفي المُعالَجة المِثْليَّةِ يُعالَجُ الدَّاءُ بعَقاقيرَ تُنْتِجُ الأعراضَ نَفْسَها كأعراضِ الدَّاءِ ذاتِه.

في عمليَّةٍ جِراحيَّةٍ نَمُوذجيَّة، يَستَخْدِمُ الأطبّاءُ أدواتٍ لِفَتْح جِسم المَريض بهدف تشخيصِ المَرض أو مُعالَجتِه. فيستَلْقي المريضُ على طاولةٍ مُجَهَّزةٍ بكامل اللَّوازم في غُرفةِ العمليّات. ويَرتدي الأطبّاءُ أقنِعةً وأرْديةً مُعَقَّمةً لِتجَنُّبِ نَقْلِ أو انتِقال أيِّ عَدوًى أثناءَ العمليَّة. هذا المريضُ بُنِّجَ تَبْنيجًا عامًّا يُفقِده الوَعْيَ تمامًا فلا يَشْعُر بالألَم.

إخْتِصاصيَّةُ الوَخْز الإبْريّ تَغْرِزُ إبَرًا خاصَّةً في جِلْدِ الأُذُن والجَبْهة لِمُعالجةِ مَريضَةٍ من المُداع والتِهاب الجيوب الأنفيَّة. ووَفْقًا لِمبادئ الطِّبّ الصِّينيّ، فإنَّ الأوجاعَ والأمراضَ سبَبُها انعِدامُ التوازُنِ الطاقيّ داخلَ الجِسم. فتُغْرَزُ الإبَرُ في نِقاطٍ مُعَيَّنةٍ على امتِدادِ قنَواتٍ طاقيَّةٍ غيرِ مَنْظورةٍ، تُسَمّى الزَّواليّات، فتُزيلُ مُعيقاتِ انْدفاق الطاقة الحيَويَّة (كاي بالصينيَّة)، وتُعيدُ تَدفُّقَ الطاقةِ العاديّ ومعه الصِّحَّة لجَيِّدة.

اُنْظُر أيضًا

جهازُ المَناعة ص 137
المَرَض ص 137
التمارين واللِّياقة البَدَنيَّة ص 139
التِّقانيّاتُ الطِّبِّيَّة ص 142 – 143

التِّقانيَّاتُ الطِّبِّيَّة

الطِّبُّ الحديثُ مَدينٌ كثيرًا لِتقدُّمِ التِّقانيَّاتِ في القَرْنِ العِشْرين. فالتِّقنيَّاتُ الجديدةُ يَسَّرتْ للأطبَّاء تَشْخيصَ الأَمراض ومُعالَجتَها بفَعاليَّةٍ أكثرَ.

يُعاينُ الأطبَّاءُ دواخلَ الجِسم بواسطةِ مِنْظارٍ داخليٍّ لتَشْخيصِ عِلَّةٍ أو تَنْفيذِ مُعالَجة. هنا يُولِجُ الأطبَّاءُ مِنْظارًا داخليًّا عَبْرَ الفَم لِفَحْصِ مَعِدةِ المَريض. ويَجري إسقاطُ المَنْظرِ الداخليّ على الشَّاشة.

التِّقانيَّاتُ الطِّبِّيَّةُ تُتيحُ للأطبَّاء اليومَ مُعالجةَ الأمراض وإجراءَ العمليَّاتِ الجراحيَّةِ المُعقَّدةِ في ظروفٍ أكثرَ أمانًا. فبفَضْل تِقاناتِ التصويرِ الحديثةِ يحصُل الأطبَّاءُ على صُورٍ إلكترونيَّةٍ واضِحةِ المَعالِم لِدَواخلِ الجِسم تُمَكِّنُهم من تَعرُّفِ المُشْكلاتِ وتحديدِها بدِقَّةٍ بالغة. وبالتَّنظيرِ الداخليّ يَسْتطيعُ الأطبَّاءُ فَحْصَ دَواخلِ الجِسم مُباشَرةً عَبْرَ أُنبوبِ الناظورِ للكَشْفِ عن مَكان وطبيعَة الخَلل.

بالتصويرِ والتَّنْظيرِ الداخليَّيْن صارَ بمَقدور الأطبَّاءِ إجراءُ عمليَّاتٍ جِراحيَّةٍ داخلَ الجِسم عَبْرَ شَقٍّ صغيرٍ ضيِّق - مِمّا يخفِّضُ تلَفَ الأنسِجَةِ إلى الحَدِّ الأدنى ويُقَصِّرُ مُدَّةَ شِفاءِ المريض واندِمالِ الجُرح. فاستِخْدامُ اللَّيازِرِ، كالمِبْضعِ اللَّيزريِّ، لِلقطعِ عَبْرَ الأنسجَةِ وإزالةِ النوامي لوَرَميَّة ورَتْقِ الأوعية الدمويَّة هي أشدُّ وأنجَعُ فعاليَّةً بكثيرٍ من الأساليبِ الجِراحيَّةِ العاديَّة.

كذلك أصبحت الحواسيبُ اليومَ جُزْءًا مُهِمًّا من التِّقانيَّاتِ الطِّبِّيَّة. فهي تُستَخْدمُ في تَفريساتِ المَسح لتَوليدِ الصُّورِ وتَخْزينِها وإرسالِها إلى حَيث تُطلَب. ومَنْظوماتُ الواقعِ الإفتراضيّ تُساعِدُ في تدريبِ الأطبَّاءِ على التِّقانيَّاتِ الجِراحيَّةِ دونَ الحاجةِ إلى مَسِّ أيِّ مَريض.

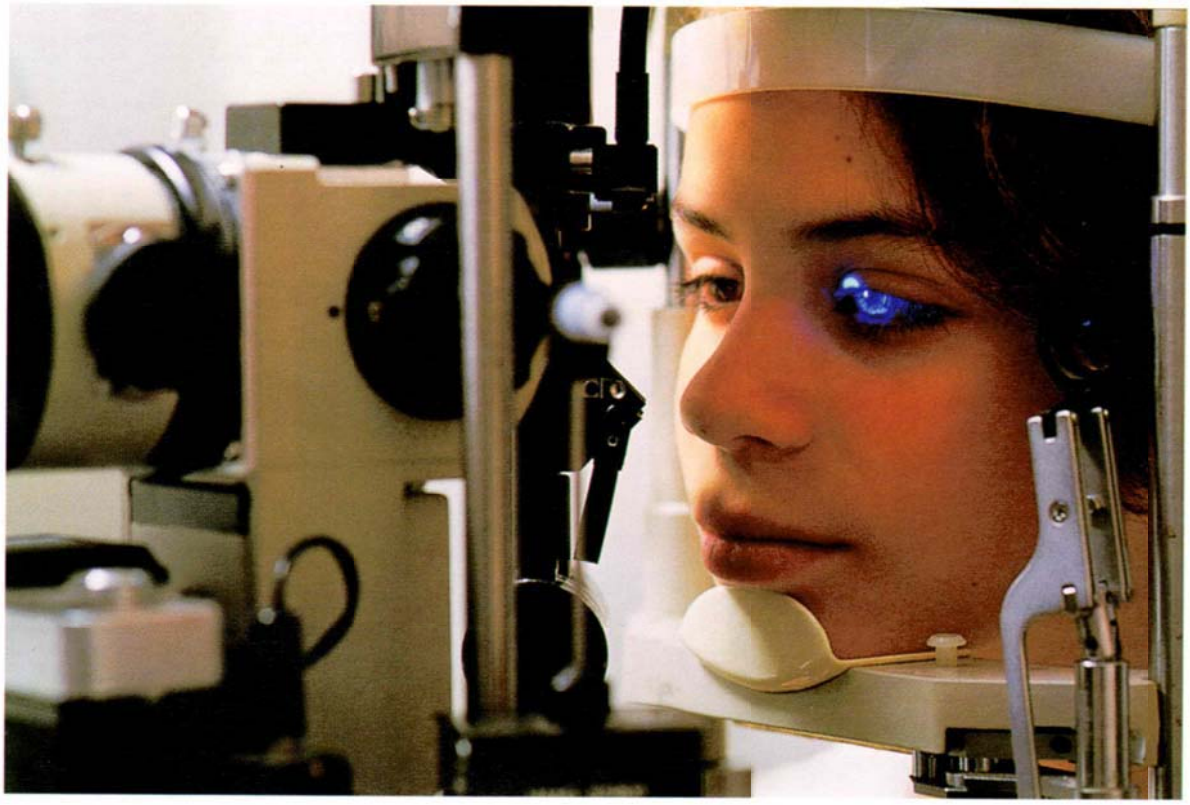
ولْهلم رُونْتجن (1845 – 1923) اكتشفَ الأشِعَّةَ السِّينيَّة أو أشِعَّةَ إكس. هذه الأشِعَّةُ تُبْرِزُ أجزاءَ الجِسم الصُّلْدةَ التي لا تخترقُها الأشِعَّةُ بسُهولةٍ - كالعِظام؛ وبها تمَكَّنَ الأطبَّاءُ، للمَرَّةِ الأُولى، من مُعاينةِ دواخلِ الجِسم الحَيِّ دونَ شَقِّه.

هذه الصُّورةُ الشُّعاعيَّةُ (بالأشِعَّةِ السِّينيَّة) تُبَيِّنُ مَفْصِلًا وَرِكيًّا صُنْعيًّا. فيما مضَى، كان اعتِلالُ المَفْصِلِ الوَرِكيّ يُقْعِدُ المُصاب فلا يَسْتطيعُ المَشْيَ. حاليًّا، يُمكِنُ نَزْعُ هذا المَفْصِلِ لِيُبْدَلَ به مَفصِلٌ اصطِناعيٌّ بديلٌ مَصنوعٌ من الفُولاذ اللَّاصَدُوءِ واللَّدائن.

◄ تُنْتِجُ اللَّيازِرُ حُزْمةً مُرَكَّزةً من أشِعَّةِ الضَّوء. وهي مُتَعدِّدةُ الاستِخْدامات - بما فيها بَضْعُ الأنسجة وتدميرُ النوامي الوَرَميَّة. هنا يُصَوِّبُ الطبيبُ لِيزرًا إلى داخلِ عينِ المَريضة مُستَخْدمًا كاميرا تصوير الشبكيّة. وتُسَدِّدُ الحُزْمةُ اللَّيزريَّةُ في سِلْسلةٍ من الدَّفقاتِ القَصيرة؛ وفي جِراحةِ العَيْن، يُمكِنُ استِخْدامُها في رَتْقِ شَبكيَّةٍ مُنْفصِلَةٍ أو سَدِّ أوعيةٍ دَمويَّةٍ لِوَقْفِ النَّزْف.

التَّنْظيرُ الداخليّ

يَستَخْدِمُ الأطباءُ مَناظيرَ داخليَّةً لِمُعايَنة دَواخلِ الجِسم بهدف تَشْخيصِ الأدواءِ أو مُعالجتِها. المَناظيرُ الحديثةُ ضَيِّقةٌ مَرونةٌ (قابلةٌ للثني) يُمكِنُ إيلاجُها عَبْرَ فُتْحاتِ الجِسم إلى أجهزةِ الهَضْم أو التَنفُّس أو إلى المَنْظومة البَوْليَّة أو التناسُليَّة، أو عَبْرَ شُقوقٍ في الجِلْد إلى تجاويفِ الجِسم. وهي تَستَخْدِمُ أليافًا بَصَريَّةً رفيعةً طويلةً لإنارةِ الصُّور ونَقْلِها إلى مِرْقبٍ فِيديُويٍّ يُشاهِدُه الطبيبُ ومُساعدوه أثناءَ قيامِه بالفَحْص. وقد يَضُمُّ المِنْظارُ الداخليُّ أدواتٍ كملقطٍ دقيقٍ مثلًا، لاستِئصال خِزْعةٍ (كعَيِّنةٍ نَسيجيَّة) للفَحْصِ أو التشخيصِ المِجْهَريّ.



▼ تُعالَجُ المَعْلوماتُ التي تَجْمَعُها المكاشيفُ حاسوبيًّا لتُكوِّنَ صورةً تُسَمَّى تَفْريسَةً بالتصوير المَقْطعيّ الحاسُوبيّ (أو تَفْريسةً بالتصوير المَقْطعيّ المِحْوريّ الحاسُوبيّ). ثُمَّ يَدْرُسُ طبيبُ الأشِعَّةِ التَّفْريساتِ المَذكورةَ مُتَقَصِّيًا ما يُمكِنُ أنْ يكونَ خَلَلًا في الدِّماغ – يَعْمَلُ هو وزملاؤه الاختصاصيّون على تشخيصِه.

تَنْظيرُ دَواخل الجِسم

مِفْراسُ المَسْح بالتصوير المَقْطعيّ الحاسُوبيّ يَجْمَعُ بين فاعليَّةِ الأشِعَّةِ السِّينيَّة والحاسُوب لإنتاجِ «شرائحَ» واضِحَةٍ عَبْرَ الجِسم تُبَيِّنُ أنسِجَتَه أكثرَ بكثيرٍ من الأشِعَّةِ السِّينيَّةِ وَحْدها. هنا يَجْري تَفْريسُ رأسِ المريض المُسْتَلْقي ساكِنًا دون حَراكٍ على طاولةِ المِفْراس. أثناءَ دَوران المِفْراسِ حولَ المريض تتوالى دَفَقاتٌ من الأشِعَّةِ السِّينيَّة تدومُ واحِدتُها جُزْءًا من الثانية عَبْرَ رأسِه بزَوايا مُخْتلِفة. ويُسَجَّلُ النَّسَقُ الذي تَمْتَصُّ فيه أجزاءُ الرأس المُختلِفةُ الأشِعَّةَ السينيَّةَ بواسطةِ مَكاشيفَ خاصَّة.

مَصْدرُ ابتعاث حُزَم الأشِعَّة السِّينيَّة

مِفْراسُ المَسْح يَدورُ حولَ المَريض

جُرْعاتٌ خفيضةٌ من الأشِعَّة السينيَّةِ تَمُرُّ عَبْرَ المَريض

مكاشيفُ تُسَجِّلُ أجزاءَ الجِسم التي تمتَصُّ الأشِعَّةَ السينيَّة

يَسْتَلْقي المَريضُ ساكنًا دون حَراكٍ على طاولةٍ تَنْزلِقُ تدريجيًّا وببُطءٍ إلى داخلِ المِفْراس

هذه الصورةُ تُبَيِّنُ مَقْطعًا عُلويًّا من الدِّماغ. مُقدَّمُ الدِّماغ مُتَّجِهٌ نحوَ أعلى الصَّفحة

الحاسوبُ يُحَوِّلُ مَعْلوماتِ المكاشيف إلى صُوَر

تَصويرُ الجِسْم

تقانيَّاتُ التصوير الحديثةُ تُمَكِّنُ الأطبَّاءَ من مُشاهدةِ دواخلِ الجِسم لإجراءِ التَّشخيصاتِ والقيامِ بالمُعالَجةِ دونَ اللُّجوءِ إلى شَقِّ الجِسم. رائدُ هذا التصوير هو وِلْهلم رونتْجن مُكتشِفُ الأشِعَّة السِّينيَّة – عام 1895. وقد ظَلَّ هذا الأسلوبُ هو الوحيدَ المُعتمَدَ لِتصوير دواخل الجِسم حتَّى عَقْدِ السبعينيَّات من القَرْن العِشْرين. ومنذئذٍ طُوِّرتْ أجيالٌ جديدةٌ من التِّقنيَّات التي تعمَلُ بطرائقَ مُختلِفة، لكِنَّها كُلَّها تَتفَرَّسُ المِنْطقةَ المُعَيَّنةَ من الجِسم قِطعةً قِطعةً وتستَخْدِمُ الحاسُوبَ لِتَوليفِ صُورٍ مُجَسَّمةٍ منها ثُنائيَّةِ أو ثُلاثيَّةِ الأبعاد.

التصويرُ بالأمواجِ فوق الصوتيَّة هو الأعَمُّ بين هذه التِّقانات الحديثة. فهو يَسْتَخْدِمُ أمواجًا صوتيَّةً غير مَسْموعةٍ عاليةَ التَّرَدُّد تُعْكَسُ من أجزاءِ الجِسْم. وهذه الطريقةُ مأمونةٌ لِمُراقبةِ الأجِنَّةِ ومُعاينَةِ الأجزاءِ المُتحَرِّكة داخلَ الجِسم – كسَرَيانِ الدَّمِ عَبْرَ القَلْب.

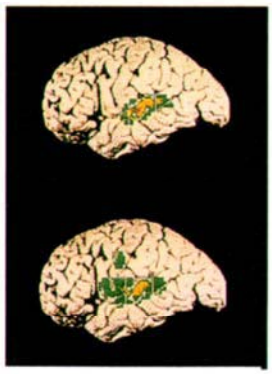
التَّفْريسُ المَقْطعيُّ الحاسُوبيُّ يَسْتَخْدِمُ الأشِعَّةَ السِّينيَّة. أمَّا تَفْريسُ التصوير المَقْطعيّ بابتِعاث البوزِتْرونات فيَسْتَخْدِمُ موادَّ مُشِعَّةً تُحْقَنُ في الجِسْم فتَبْتَعِثُ أشِعَّةً تكشِفُ الأجزاءَ ذاتَ الخلايا النَّاشِطة.

أجزاءُ استِبْدال

حاليًّا، يُمكِنُ استِبْدالُ كثيرٍ من الأجزاءِ الجُسْمانيَّةِ المُعَطَّلةِ أو المَعْطوبة. وأقدمُ هذه المُستَبْدَلات كانت البِدْلاتِ الاصْطناعيَّةَ كالأَرْجُل الخَشَبيَّة. البِدْلاتُ الحَديثةُ، كالأَذْرعِ اللدائنيَّةِ ذاتِ الأصابعِ المُتحَرِّكة، هي أكثرُ شَبَهًا بالأَذْرع الحَيَّة. واستِبْدالُ الأجزاءِ الداخليَّة هو تَطَوُّرٌ قريبُ العَهْد نِسْبيًّا.

في عَمليَّاتِ الغَرْس (أو الاغتراس) يُؤخَذُ عُضْوٌ حَيٌّ من المانِح ويُغْرَسُ في المَريض؛ كما في غرائس الكُلَى، التي تُجْرَى لِمُعالَجةِ المُصابين بقُصورٍ كُلْويّ. والمعروفُ أنَّ جهازَ المَناعةِ في الجِسْم يَعتبِرُ الأعضاءَ المَغْروسةَ «أجسامًا غريبةً» فيُحاوِلُ رَفْضَها. لِذا يتوجَّبُ على مُتلَقِّي الغَريسةِ تَناولُ عقاقيرَ تَمْنَع رَفْضَ الغَريسَة بتَخْفيضِ فعاليَّة جهازِ المَناعة.

الغِرساتُ الصُّنْعيَّةُ هي بدائلُ داخليَّةٌ اصْطِناعيَّةٌ لا يَرْفُضها جهازُ المَناعة. وهي تَشْمَلُ المَفاصِلَ الاصطناعيَّةَ التي تُسْتَبْدَلُ بالمَفاصِلِ العَليلة، وناظِماتِ النَّبْض التي تُنَظِّمُ سُرعةَ خَفَقان القَلْب.



تَفْريسةُ التصوير المَقطعيّ بابتِعاث البوزِتْرونات هذه تُبَيِّنُ باحتَيْن دِماغيَّتَيْن أثناءَ العَمَل. التفريسةُ العُليا تُبَيِّنُ شَخْصًا يُصْغي إلى كَلِمات – أي إنَّ باحةَ السَّمْع في الدِّماغ (بالأصْفر) هي قيدُ العَمَل. في الصورة السُّفلى الشَّخْصُ يُصْغي إلى كَلِماتٍ ويُرَدِّدُها: هنا تنشَطُ باحَتا السَّمْع والنُّطْق (بالأخضر).

اُنْظُر أيضًا

الطِّبّ ص 140 – 141
الإنْعكاسُ والامتصاص ص 262 – 263
الحواسيب ص 376 – 377

حَقائقُ وأَرقام

فروعُ عِلمِ الأحياء والطِّبِّ البَشَريَّيْن

عُلَماءُ التَّشريح يدرسونَ بنيةَ الجِسم وكيفيَّةَ تلاؤُمِ أجزائه معًا.

علماءُ الكيمياء الحيَويَّة يدرسون العمليَّاتِ الكيماويَّةَ التي تَجْري في خلايا الجِسم وحواليها.

أطبَّاءُ القَلْب يدرسون القلبَ والأوعيةَ الدمويَّة والأمراضَ التي تُصيبُها.

علماءُ الخلايا يدرسون الخلايا.

أطبَّاءُ الجِلْد يدرسون الجِلْدَ واضْطراباتِه.

أطبَّاءُ الغُدد الصمَّاء يدرسونَ المَنظوماتِ الهُرْمونيَّةَ واضْطراباتِها.

علماءُ الأوبِئة يدرسون أسبابَ الأمراض وانْتشارَها بين السُّكَّان.

علماءُ الوِراثة يدرسون د ن أ والصِّبْغيَّاتِ والجيناتِ وآليَّةَ الوِراثة.

أطبَّاءُ أمراض النِّساء يدرسون جهازَ التناسُل الأُنثَوي واضْطراباتِه.

أطبَّاءُ الدَّم يدرسونَ خصائصَ الدَّم والنُّقْي (نُخاعِ العَظْم) واضْطراباتِهما.

علَماءُ النُّسُج يدرسون أنسِجَةَ الجِسم.

علماءُ المَناعة يدرسون جهازَ المَناعة واضْطراباتِه.

أطبَّاءُ الأَعصاب يدرسون الجُملةَ العَصَبيَّةَ واضْطراباتِها.

أطبَّاءُ الأَورام يدرسونَ مُسَبِّباتِ وآليَّةَ تَكوُّنِ النوامي السَّرطانيَّة ومُعالَجتَها.

أطبَّاءُ العُيون يدرسون العَيْنَ واضْطراباتِها.

عُلماءُ المَرضيَّات يدرسون ويُحَدِّدون أسبابَ المَرَض والوَفاة.

الفسيولوجيّون (الوظائفيّون) يدرسون طرائقَ قيامِ مُقَوِّمات الجِسم بوَظائفِها.

الأطبَّاءُ النَّفْسانيُّون يدرسونَ الأمراضَ العقليَّةَ والوِقايةَ منها ومُعالَجتَها.

مَنْظوماتُ وأَجهزةُ الجِسم

جهازُ الدَّوَران المؤلَّفُ من القَلْب والدَّم والأوعيَّة الدمويَّة، يَنْقُلُ الموادَّ من وإلى الخلايا عَبْرَ كاملِ أنحاءِ الجِسم.

جهازُ الهَضْم يُفَكِّكُ الطَّعامَ كي يَتَمَكَّنَ الجِسمُ من استِخْدامِ مُغَذِّياتِه.

مَنْظومةُ الغُدد الصمَّاء تُطلِقُ الهُرْموناتِ التي تحكمُ الكثيرَ من العمليَّاتِ الجُسْمانيَّة.

جهازُ المَناعة يَحْمي الجِسمَ ضِدَّ المُتعَضِّياتِ المِجْهريَّةِ التي تُسبِّبُ الأمراض.

الجهازُ الغِطائيّ المؤلَّفُ من الجِلْد والشَّعْرِ والأظافِر يُغَطّي الجِسمَ ويَحْميه.

الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّة تُصَرِّفُ السوائلَ من الأَنْسِجَةِ وتُدَمِّرُ المُمْرِضات.

الجُمْلةُ العَضَليَّة تُحرِّكُ الجِسمَ وتُساعِدُ في دَعْمه وتَسْنيده.

الجُمْلةُ العَصَبيَّة المُؤلَّفة من الدِّماغ والأعصاب وأعضاءِ الحِسّ تحكُمُ الجِسْمَ وتُمَكِّنُ الشَّخْصَ من التفكير والإحساس.

الهَيْكلُ العَظْميّ المؤلَّفُ من العِظام والغَضاريفِ والأرْبطةِ يَدْعَمُ الجِسْمَ ويَحْمي الأعضاءَ الداخليَّةَ ويَسْمحُ بالتَّحرُّك.

جهازُ التناسُل يُمَكِّنُ البَشَرَ من التوالُدِ والتكاثُر.

جهازُ التنَفُّس يتألَّفُ من البِنَى والأعضاءِ والفجوات التي تتِمُّ فيها التهويةُ الرئويَّة وتبادُلُ الغازات بين الهواء المحيطِ والدَّم – يُمِدُّ خلايا الجِسم بالأكسجين ويُخلِّصها من ثاني أكسيد الكربون.

الجهازُ البَوْليّ يتألَّفُ من الكُلْيَتَيْن والحالِبَيْن والمَثانة والإحليل – يُزيلُ الموادَّ الفَضَلاتيَّةَ من الجِسْم عَبْرَ الدَّم.

تَواريخُ رئيسيَّة

ق. م.

(ح) 500 الطبيبُ والفيلسوفُ اليونانيّ، الكمايون، يَرتئي أنَّ الدِّماغَ، وليسَ القَلْبَ، هو عضوُ التفكيرِ والشُّعور.

(ح) 420 الطبيبُ اليونانيّ، أبْقراط، يعتمِدُ الأسلوبَ التشخيصيَّ في الطِّبِّ الذي أساسُه المُراقبةُ ودِقَّةُ الملاحظة.

مِيلاديَّة

129 وِلادةُ عالِمِ التشريح والطبيبِ اليونانيّ، جالينوس، الذي وصفَ وَظائفَ الجِسم البَشَريّ. وقد جمَّدتْ أفكارُه، والكثيرُ منها خاطئ، مفاهيمَ البَيُولوجية والطِّبِّ البَشَريَّيْن على مَدَى الآلفِ سنة التالية.

1037 وَفاةُ الطبيبِ والفيلسوف العربيّ ابن سينا، الذي ظلَّتْ كتُبُه الطبِّيَّةُ المرجعَ الأساسيَّ السائد لِلدراسات الطبِّيَّةِ في أوروبا والشرق الأوسط أكثرَ من 500 سنة.

1268 الفيلسوفُ والعالِمُ البريطانيّ، روجر بيكون، يُسَجِّلُ استِخْدامَ النَّظّاراتِ لتَصْحيحِ عيوبِ العَيْن.

1288 وَفاةُ الطبيب السُّوريّ ابن النفيس، مكتشِفِ الدورة الدمويَّةِ الصُّغرى عَبْرَ الرِّئتين.

1543 عالِمُ التشريح البلجيكيُّ، أندرياس فيزاليوس، ينشُرُ وَصفًا دقيقًا لِتشريح الجِسم البَشَريّ مُصَحِّحًا كثيرًا من أخطاءِ جالينوس.

1628 الطبيبُ البريطانيّ وِلْيم هارْڤي، يَنْشُر وَصْفًا لِلدورة الدمويَّةِ الكملة في الجِسم.

1661 الفسيولوجيّ (الوَظائفيّ) الإيطاليّ، مارسلّو مَلْپيغي، يكتشِفُ الأوعيةَ الشَّعْريَّة – الرابطةَ بين الشرايينِ والأوردة.

1674 العالِمُ المِجْهريُّ الهولنديّ، أنْطوني ڤان لوينهوك، يُراقبُ ويَصِفُ كُرياتِ الدَّم الحمراء.

1796 الطبيبُ البريطانيّ، إدوارد جنَر، يُجْري أوَّلَ تَطعيم، ويُبَيِّنُ أنَّ التطعيمَ بمَصل جُدَري البَقَر تَحْصينٌ ضدَّ الجُدَري.

1839 الوظائفيُّ (الفسيولوجيُّ) الألمانيّ، ثيودور شْڤان، يَرتئي أنَّ الحيواناتِ تتألَّفُ من خلايا دقيقةٍ حَيَّة.

1846 أوَّلُ استِخدامٍ للتبنيج – بالإيثَر – أثناءَ عمليَّةٍ جراحيَّةٍ لِخَلْعِ سِنٍّ في مستشفًى ببوسطُن في الولايات المتَّحدة الأمريكيَّة.

1848 الوَظائفيُّ الفرنسيُّ، كلود برنارد، يصفُ وظائفَ الكَبِد، ويُرَسِّخُ مفهومَ الاستِقرار الداخليّ (الاستِتْباب).

1858 البَيولوجيّ الألمانيّ، رودولْف ڤيرشو، يُبَيِّنُ أنَّ المرضَ يَحدثُ عندما تُعْطَبُ الخلايا السَّويَّة، واضعًا بذلك أُسُسَ علمِ المَرَضيَّات الخَلَويَّة.

+1860 الكيميائيُّ والبيولوجيُّ الفَرَنْسيّ، لويس باستور، يُثْبِتُ العلاقةَ بين الجراثيمِ والأمراض.

1865 الجرَّاحُ البريطانيّ، جوزف لِيْستَر، يَسْتَخْدِمُ حامضَ الكربوليك كمُطَهِّر في العمليَّات الجراحيَّة وبذلك يُخَفِّضُ الوَفَيَاتِ فيها بشكلٍ ملحوظ.

1880 وَفاةُ الجَرَّاحِ الفرنسيّ، پولْ بروكا – الذي اكتشفَ قيامَ أجزاءٍ مُعَيَّنةٍ من الدِّماغ بحُكْم الوظائف الجُسْمانيَّة.

1882 الطبيبُ الألمانيّ روبَرْت كُك يكتشف باشلُس التدرُّن (المُتفطِّرة السُّلِّيَّة) الذي يسَبِّبُ داءَ السُّلّ.

1895 الطبيبُ الألمانيّ، وِلْهلم رونتْجن، يكتشِفُ الأشِعَّةَ السِّينيَّة.

1899 الطبيبُ البريطانيّ، رُونالْدرُوس، يُبَرْهِنُ أنَّ البَعوضَ يَنْقُلُ مرضَ المَلاريا من إنسانٍ إلى آخر.

1900 طبيبُ الأعصاب النمساويّ، سيغْموند فْرُويد، ينشرُ كتابَه المشهور «تفسير الأحلام» الذي يتضمَّنُ مفاهيمَ أساسيَّة حول التحليل النَّفْسيّ.

1900 عالِمُ المَرَضيَّات الأمريكيّ النمساويُّ المَولد، كارْل لَنْدشتينر، يكتشِفُ فئاتِ الدَّم A، B، O، وَ AB.

1907 الكيميائيّ الحيَويُّ البريطانيّ، فرِدْريك هوپْكنز، يكتشِفُ الڤيتامينات.

1910 البيولوجيّ الأمريكيّ، توماس مُورْغان يكتشِفُ نَقْلَ الصِّبْغيَّاتِ للمَعْلومات والصِّفات الوِراثيَّة.

1922 الوَظائفيَّان الكنَديَّان، فرِدْريك پانتنغ وتشارْلز بِسْت، يكتشِفان الإنسولين – كوسيلةٍ ناجعةٍ للتحَكُّم بمَرَض السُّكَّري.

1928 عالِمُ البيولوجية المِجْهَريَّة البريطانيّ، الكسندر فلمِنْغ، يكتشِفُ البِنسِلين، أوَّلَ مُضادٍّ حيَويّ.

1952 الطبيب الأمريكيّ جوناس سالْك يُطوِّرُ أوَّلَ لَقاحٍ ضدَّ شَلَلِ الأطفال.

1953 الفيزيائيّ البريطانيّ، فرانسس كريك والبيولوجيّ الأمريكيّ جيمْس واطسون يكتشِفان بِنْيةَ د ن أ – بمُعاونة شواهِدَ شُعاعيَّةٍ وفَّرتها الفيزيائيَّة الحيويَّة البريطانيَّة روزالِنْد فرانكلين.

1958 أوَّلُ تَفْريسةٍ بالتصوير فوق الصَّوتيّ لِجَنينٍ في رَحِم أُمِّه.

1967 الجرَّاح الجنوب إفريقيّ، كريسْتيان بارنارْد، يُجْري أوَّلَ عمليَّة جِراحيَّة ناجحة لِنَقل القَلْب.

1972 إدخالُ التَّفْريس القطاعيّ الحاسُوبيّ كوسيلةٍ لتصوير أعضاءِ الجِسم الداخليَّة.

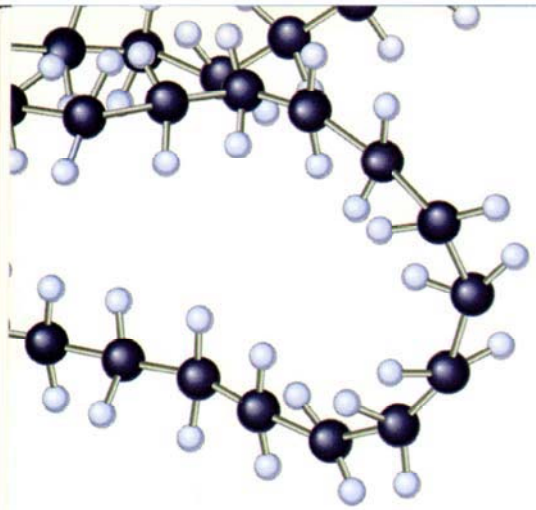
1979 إعلان خلوِّ العالَم من مَرَض الجُدَري الفتَّاك كنتيجةٍ لِحَمْلةِ تَطْعيم عالميَّة.

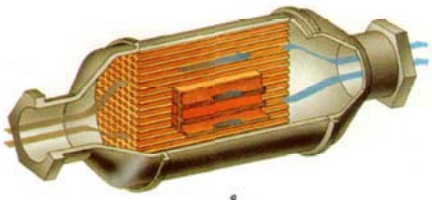
1981 تَسْجيلُ أوَّل حالةٍ من حالاتٍ مُتلازمة عَوَز المَناعة المكتسب (الإيدز) – باعتباره مَرَضًا جديدًا.

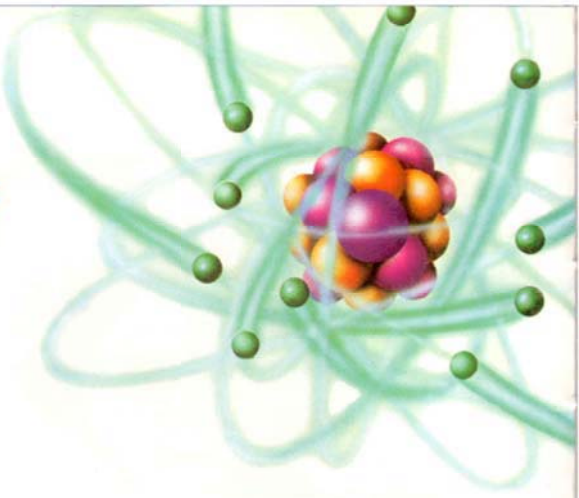
1990 مَشروع حَلّ خريطة الجِينُوم البَشَريّ يَبْدأ في الولايات المتَّحدة الأمريكيَّة – بهدف تحليل د ن أ البَشَريّ لإيجادِ الجينات في كُلٍّ من الـ 46 صِبْغيًّا بَشَريًّا.

1995 بدْءُ العَمل لتطوير أساليبِ الهَنْدسة الوِراثيَّة كوسيلةٍ مُمْكنةٍ لِمُعالجة الأمراض المَوْروثة.

1999 الصِّبغيُّ 22 يَغْدو أوَّلَ صِبْغيٍّ بَشَريّ تُعرَفُ وتحدَّدُ وظائفُ جميعِ جِيناتِه.



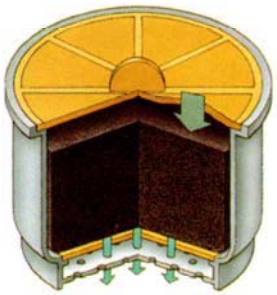




الفَصْلُ الرَّابع

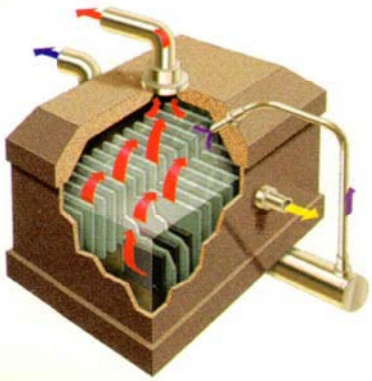
الكيمياءُ

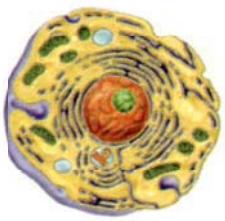
والعَناصِرُ الكيماويَّة



الكيمياءُ عِلْمٌ تُدرسُ فيه العناصرُ الكيماويَّة وطُرق اتِّحادِها معًا لِتُكوِّنَ مُرَكَّباتٍ كيماويَّة. هنالك قرابةُ المئة من العناصر الكيماويَّة المتواجدةِ في الطبيعة وأكثرُ من 10 ملايين مُرَكَّبٍ كيماويٍّ مَعْروف. يُمكِنُ اعتبارُ عُمَّالِ العَصْر البرونزيِّ الذين توصَّلوا إلى تَحْويلِ خاماتِ النُّحاس الحَجَريَّة المُعَدَّنة من الأرض إلى فلِزٍّ مُفيد، منذُ 5000 سنة، من الكيميائيِّين الأوائل. وبعدَ ذلك بحوالى 1500 سنة، حاولَ الخيميائيُّونِ الإغريق والمصريّون والهنود تَحْويلَ الفِلزَّاتِ الخَسيسَة، كالرَّصاص، إلى ذَهَب. رُغمَ أنَّ محاولاتِهم لم تَنْجَحْ في استِصْناع الذَّهَب، فإنَّ التِّقاناتِ التي استَخْدموها كانَتْ أساسًا للبُحوث الكيميائيَّة المُعاصِرَة. ومُنذئذٍ أخَذَ العلماءُ يدرسون سُلوكَ المَوادّ، فطَوَّروا جميعةً ضخمةً من الموادِّ التي لا غِنًى عنها في التِّقاناتِ المُعاصِرة.

الصِّناعاتُ الكيماويَّةُ تُوَفِّرُ لنا الخَرسَانةَ والفلِزَّاتِ واللَّدائنَ لإنشاءِ المباني والآليَّاتِ والمَرْكبات، وكذلك الوُقُدَ، للنَّقْل والتَّدْفئة؛ والأَلياف الصُّنْعيَّة، للمَلابس؛ والأَسْمدةَ ومُبيدات الآفات لِتَحْسينِ إنتاجِ المَحاصيلِ الغِذائيَّة. المَعارفُ الكيماويَّة تُمكِّنُنا من إنتاجِ السِّليكون العالي النَّقاوة المُستَخْدم في الحواسيب والمُعالِجاتِ الصُّغْريَّة. والكيمياءُ الحيَويَّةُ تُساعِدُنا في تَفَهُّمِ العمليَّاتِ التي تَجْري في الكائناتِ الحيَّة؛ والكيمياءُ الصَّيدلانيَّةُ تُوَفِّرُ لنا الأَدْويةَ والعَقاقيرَ لِمُعالجةِ الأمراض، التي كان الكثيرُ منها، في ما مَضَى، عَصيًّا على العِلاج.





بداياتُ الكيمياء

مُنذُ حوالى 200 سنة بَدأتِ الكيمياءُ المُعاصِرةُ تتطوَّرُ من الدِّراساتِ والأَبحاثِ القديمةِ التي أَنْجَزها الخيميائِيُّون خِلالَ الـ 2000 سنة السَّابقة.

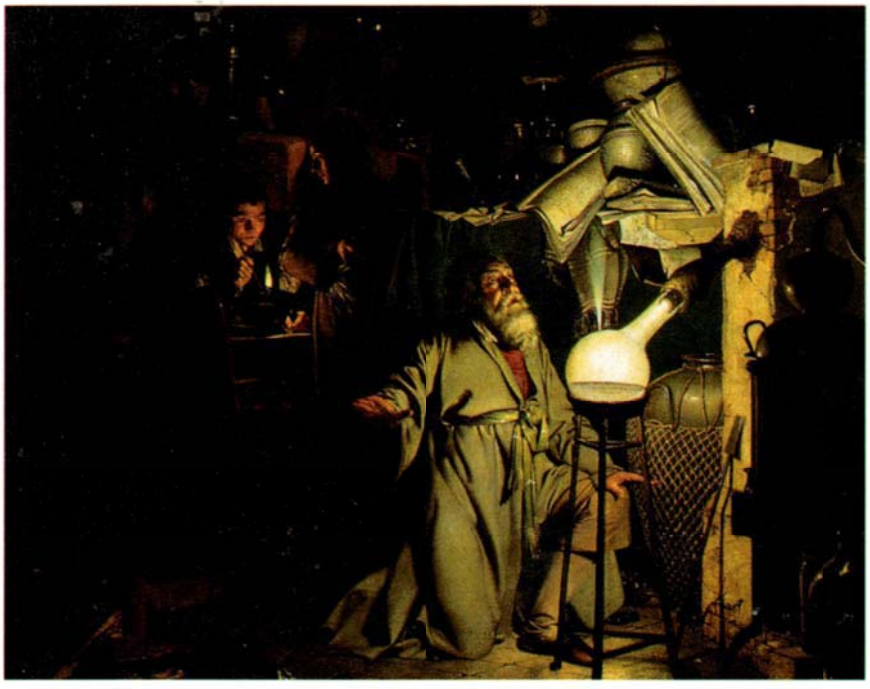
استَخْدمَ الخيميائِيُّون العَرَب هذه الكَرَكَة (الإنبيق) منذُ 1000 سنة لِتَقْطيرِ السَّوائل. فكان يُغْلَى السائلُ غيرُ النَّقيّ في القِسْم السُّفْليّ منها (غير مُبَيَّن هنا). وتَتكاثَفُ الأَبْخرةُ في قُبَّة الكَرَكَة ويتسَلْسَلُ السَّائلُ النَّقيُّ عَبْرَ البُلْبُلة.

على مَدى قُرونٍ عديدةٍ، انصَبَّ اهتِمامُ دارسي الخيمياء على هدَفٍ واحدٍ: هو اكتِشافُ طريقةٍ لِتحويلِ الفِلزَّاتِ العاديَّة، كالحديدِ والرَّصاص، إلى ذَهَب. وكان الاعتِقادُ السَّائدُ هو أنَّ في الذَّهَبِ، فضلًا عن قيمتِه الثمينة، شِفاءٌ لجميع الأَمراض وسبيلٌ إلى الحياةِ الأَبديَّة.

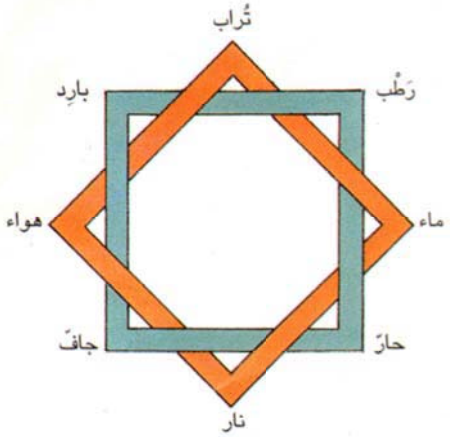
يَعودُ تاريخُ الخيمياء إلى مَجْموعةٍ من المَفاهيم والأَفكار التي تكوَّنتْ لدى الفلاسِفة والسَّحَرة والمُنَجِّمين منذُ عِدَّةِ آلافٍ من السِّنين. أقدمُ الكِتاباتِ حولَ الخيمياء نَصْدَرُها مِصر (منذُ 1500 ق.م) والصِّين (600 ق.م) واليُونان (500 ق.م). ويظهَرُ من بعضِها أنَّ كلمةَ خِيمياء هي من العربيَّة «الكيمياء» – والعربيَّة من أصلٍ قديم تَعْني «الفنّ المصريّ».

الخيميائِيُّون القدماء كما الكيميائِيُّون المُعاصرون، ركَّزوا اهتماماتِهم وقضَوا معظمَ أوقاتِهم في مُحاولاتٍ لتحويل مادَّةٍ إلى مادَّةٍ أُخرى. لكِنَّهم خِلافًا للكيميائِيِّين المُعاصرين، لم يقوموا بإجراء اختباراتٍ علميَّةٍ لاكتِشافِ كيفَ ولماذا تَحْدُثُ تلك التغَيُّرات. فعلى مَدى عدَّةِ قرونٍ، اقتصرَتْ أنشطتُهم على إحماءٍ وتقليبِ مَزيجاتِهم الغَريبة وتِلاوةِ تَعاويذهم وتمائمهم السِّحْريَّة. ورُغْمَ أنَّهم لم يكتشفوا طريقةً لتحويلِ الفِلزَّاتِ الخَسيسَةِ إلى ذَهَب، فإنَّ الخيميائِيِّين انتَبطوا كثيرًا من الأَدوات المِخبريَّةِ المُفيدةِ وطَوَّروا تِقْنيَّاتٍ لِتَحْضيرِ المَحاليل ولِفَصْلِ المَزيجات بِطرائقِ التَّرْشيح والتَّقْطير.

العالِمُ والفيلسوفُ الإنكليزيُّ رُوجَر بيكون (1214 – 1292) رَكَّزَ دِراساتِه الأَوَّليَّةَ على السِّحْرِ والخِيمياء. وقُرابةَ العام 1250، أصبَحَ راهبًا فرانْسيسكانيًّا وتحَوَّلَ إلى العُلوم والاختِبارات العلميَّة. وكان يُشَجِّعُ الناسَ على التعَلُّم من تجاربِهم الخاصَّةِ بدَلَ مُجرَّدِ التسليم بالأَفكار والمَفاهيم المُدَوَّنةِ في الكُتُبِ القديمة.



كان هاجِسُ الخيميائِيِّين تحويلَ الفِلزَّاتِ الخسيسَةِ إلى فِلزِّ الذَّهَبِ النَّبيلِ العزيز المَطْلَب. ففي عام 1669، أجرى الخيميائيُّ هَنِنْغ بْرانْد من هامبُورغ تجارِبَ على مَزيجاتٍ حَوَتْ بَوْلَ أسَد. وكان يَظُنُّ أنَّ السائلَ الذهبيَّ (الأصفرَ) اللَّون الذي تَبُولُه تلكَ الحيوانات النَّبيلة يَحْوي ذَهَبًا. لكِنَّه وجدَ، بدَلَ الذَّهَبِ، عنصرًا مُتوَهِّجًا أسماه الفُسْفور – وهي كلمةٌ يونانيَّةٌ تَعْني «حامِلَ الضَّوء».



كان الخيميائِيُّون يَعْتقدون بتَواجُد أربعةِ عناصرَ أساسيَّةٍ في الكون هي: الهواءُ والتُّرابُ والنارُ والماء. وأنَّ كُلَّ عُنْصُرٍ يَحْوي اثْنَتَين من خصائصَ أربعٍ هي: بارِدٌ وجافٌ وحارٌ ورَطْب.

النظريَّاتُ الخيميائيَّة

كانت نَظريَّةُ العناصِرِ الأربعةِ إحدى النَّظريَّاتِ الخيميائيَّة الرئيسيَّة. وكان قِوامُها أنَّ جميعَ الموادِّ تتألَّفُ من مَزيجاتٍ مُختلِفةٍ من عناصِرَ أربعةٍ فقط: هي الهواءُ والتُّرابُ والنَّارُ والماء. وأنَّ كُلَّ عُنصُرٍ يتألَّفُ من زَوجٍ من خصائصَ أربعٍ هي: بارِدٌ وجافٌ وحارٌ ورَطْب. فالنَّارُ هي اتِّحادٌ من حارٍّ وجافٍّ، والترابُ جافٌّ وبارِدٌ، والهواءُ حارٌّ ورَطْب، والماءُ رَطْبٌ وبارِد. وكان الخيميائيُّون يُعلِّلون عمليَّةَ كالغَلَيانِ بقَولِهم إنَّ الحرارةَ تطرُدُ الباردَ من الماءِ الرَّطْبِ البارِدِ، مثلًا، لتُكَوِّنَ الهواءَ الرَّطْبَ الحارَّ أي البُخار.

الخِيمياءُ إلى زَوال

بلغَتْ دِراسةُ الخيمياءِ ذُرْوتَها حوالى العام 1400. فمنذئذٍ، بَدأ الناسُ يرتابون في صِحَّةِ النظريَّاتِ الخيميائيَّة التي توارَثُوها عَبْرَ الأَجيال. فأخذوا يُجرونَ التجارِب ويقومون بأدَقِّ القياسات. وصاروا يُحاولون تعليلَ ما كانوا يُشاهدون دونَ الِاعتمادِ على الأفكارِ والمَفاهيمِ التي أساسُها السِّحْرُ والخُرافات؛ وأصبحت الدِّراساتُ، تدريجيًّا، أكثرَ تَنْظيمًا وعلميَّةً. وفي الوقتِ نفسِه، ساعدَ انْتِشارُ الكُتُبِ المَطْبوعةِ العلماءَ على تَبادُلِ الأفكارِ والمَفاهيم.

وِلادةُ الكيمياء

تعايشَتِ الكيمياءُ والخيمياءُ معًا حتَّى أواسطِ القرنِ السابعَ عَشَر. ثُمَّ، في العام 1661، نَشَر الكيميائيُّ البريطانيُّ رُوبَرْت بُويْل (1627 – 1691) كتابَه «الكيمياويّ المُشَكِّك». فساعدَ هذا الكتابُ على فَكِّ الإرْتباطِ بين الكيمياءِ والخيمياء، ونَصَّبَ الكيمياءَ كمَوضوعٍ عِلميٍّ قائمٍ بذاتِه.

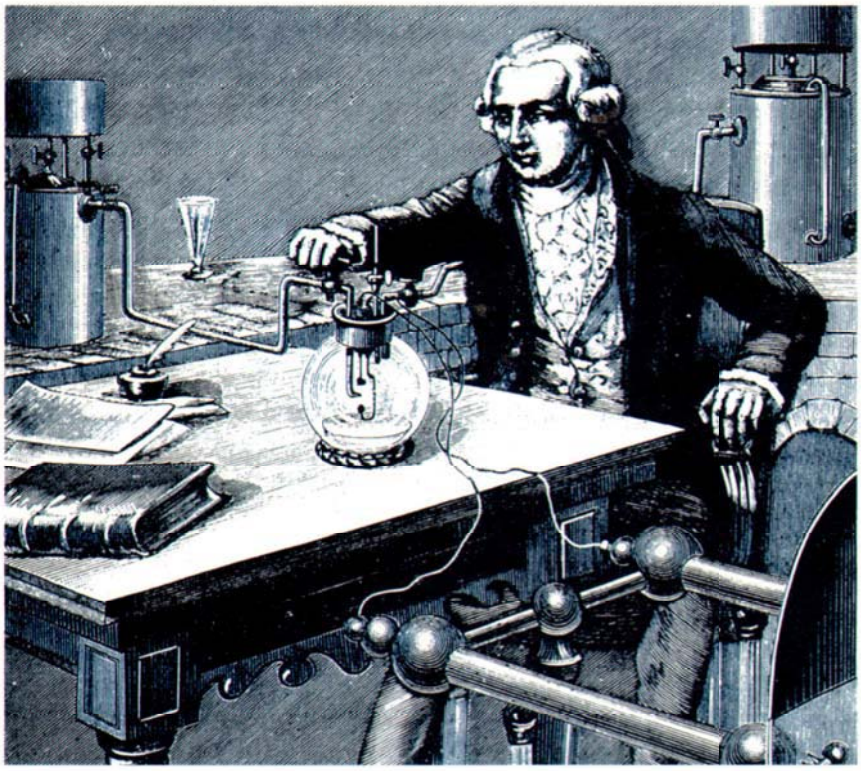
استَخْدمَ بُويْل أفكارَ الراهب والنيلسوف رُوجَر بيكون في وَضْعِ قواعِدِ البحثِ العلميِّ الرَّصين. فوَصفَ تجارِبَ واختباراتٍ أثبَتَتْ بِشَكلٍ قاطِعٍ أنَّ نظامَ العناصرِ الأربعة عاجِزٌ عن تَعْليلِ سلوكِ الكثيرِ من الموادّ. وارتأى بُويل أنَّ كُلَّ عُنْصرٍ هو مادَّةٌ مُفردةٌ نَقيَّةٌ لا يُمكِنُ فَلْقُها إلى موادَّ أَبْسَطَ. وصارتِ الخيمياءُ إلى زَوال عندما بَدأ الكيميائيُّون يُرَكِّزونَ على تَنْقِيةِ الموادِّ ويَتَقَصَّون خصائصَها بعِنايةٍ ودقَّة.

التطَوُّرات

في العام 1766، اكتشفَ العالِمُ البريطانيُّ هِنري كافِنْدِش طريقةً لِتَحْضيرِ غازِ الهِدْروجين بِصَبِّ حامضٍ على فِلِزَّاتٍ كالخارصين (الزِّنك) أو الحديد. وسمَّى هذا الغاز «الهواءَ اللَّهوب» عندما وجَد أنَّه يَشْتَعِلُ إنْ قُرِّبَ إليه عودُ ثقابٍ مُشْتَعِل.

وحوالى العام 1772، اكتشفَ الكيميائيُّ السّويديُّ كارْل شِيل (1742 - 1786) وُجودَ الأُكسجين في الهواء. وفي عام 1781، بَيَّنَ الكيميائيُّ البريطانيُّ جوزِف پريسْتلي (1733 – 1804) أنَّ الماءَ يتكوَّنُ عندما يحترِقُ الهِدْروجين في الهواء. ثُمَّ لاحِقًا، قام كافِنْدِش بِتَحْضيرِ الماءِ بِحَرْقِ الهِدْروجين في الأُكسجين. وقد تَمَّ تجميعُ كُلِّ هذه النتائج في مَدًى لا يَتجاوزُ 15 سنةً، لكِنَّ أحدًا لم يَسْتطِعْ فَهْمَها تمامًا. ثُمَّ، في العام 1783، أعادَ الكيميائيُّ الفرَنْسيُّ أنطوان لورنت لافُوازييه تجارِبَ كافِنْدِش واستَخْدمَ فِكْرةَ العناصرِ لتعليلِ النتائج – قائلًا إنَّ الهِدْروجين والأُكسجين هما عُنْصران، وأنَّ الماءَ هو مُرَكَّبٌ من الهِدْروجين والأُكسجين.

وقد ارتأى أيضًا أنَّ الفلِزَّاتِ هي عناصِرُ، وأنَّ الحوامضَ هي مُرَكَّباتٌ تَحْوي الهِدْروجين؛ وأنَّه عند مَزْجِ الفلِزَّات والحوامض، يَحُلُّ الفلِزُّ مَحَلَّ الهِدْروجين، ويُحَرِّرُ الهِدْروجينُ كغازٍ. وغدا مَفْهومُ لافُوازييه بأنَّ العناصرَ تتفَكَّكُ بعَضُها عن بعض ثُمَّ تَتَضامُّ وتتَّحِدُ في مَجْموعاتٍ مُختلِفةٍ أحدَ أُسسِ الكيمياء الحديثة.



في العام 1783، استَخْدمَ الكيميائيُّ الفرَنْسيُّ أنطوان لورنت لافُوازييه (1743 – 1794) هذا الجهازَ لِيُبَيِّنَ أنَّ الهِدْروجين والأُكسجين يتَّحِدان معًا ليُكوِّنا الماء. وبذلك دَحضَ الاعتقادَ الذي سادَ على مَدى 2000 عام بأنَّ الماءَ هو عُنْصُر.

أجرى العالِمُ البريطانيُّ هِنري كافِنْدِش (1731 – 1810) اختباراتٍ على الغازات. وهو اكتشفَ غازَ الهِدْروجين وبَيَّنَ أنَّ الهواءَ هو مَزيجٌ من الغازات.

مُختبرٌ كيميائيٌّ، في عام 1914، يَستخدِمُ المُعَدَّاتِ الأساسيَّةَ نفسَها التي نجِدُها في المُخْتبَرِ الحديث – الموادُ الكيماويَّةُ النقيَّةُ تؤخَذُ من قواريرَ مُغلقةٍ لإجراءِ تفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ في أَجْهزةٍ زُجاجيَّةٍ نقيَّة.

أُنْظُر أيضًا

العناصِرُ الكيماويَّة ص 148 – 149
التحليلُ الكيماويّ ص 154 – 155
الفَصْلُ والتَّنْقِية ص 160 – 161

العَناصِرُ الكيماويَّة

العناصِرُ موادُّ لا يُمكِنُ تَفْكيكُها إلى موادَّ أبْسَطَ بِطرائقَ كيماويَّة. هنالك 92 عُنْصُرًا طبيعيَّ التواجُد وَ20 عُنْصُرًا صُنْعيًّا.

يُمكِنُ تَصْنيفُ العناصِر إلى فِلِزَّاتٍ وَلافِلِزَّات. فالفِلِزَّاتُ هي غالبًا جوامِدُ برَّاقةٌ مُوصِلَةٌ لِلْكَهْرباء. ومُعظمُها لا يَنْصهِرُ إلّا على درجاتِ حرارةٍ عالية. وهي طَروقةٌ – أي يُمكِنُ تَطْريقُها أشكالًا مُختلِفة، والكثيرُ منها مَطيلٌ – أي يُمكِنُ سَحْبُها ومَطْلُها دونَ أنْ تَتَقَطَّع. الحديدُ والنُّحاس والخارصين (الزِّنك) واليُورانيوم هي أمثلةٌ على الفِلِزَّات.

اللَّافِلِزَّاتُ، باستِثْناءِ الغرافيت – الذي هو شَكْلٌ من الكربون – عديمةُ التوصيلِ للكهرباء. واللَّافِلِزَّاتُ الجوامِدُ، كالكِبْريتِ والفُسْفور، موادُّ قَصِفةٌ (سَهْلةُ التفَتُّتِ إلى قِطَعٍ صغيرة عندَ الطَّرق). وهي في مُعْظمِها تَنْصهِرُ على درجاتِ حرارةٍ أخفضَ بكثيرٍ من درجاتِ انْصهارِ الفِلِزَّات؛ وكثيرٌ منها غازاتٌ على درجةِ حرارةِ الغُرفة. الكلُور والهِدْروجين والأُكسجين هي أمثلةٌ على اللَّافِلِزَّات.

هنالك 92 عُنْصُرًا طبيعيًّا. وهي، باستِثْناءِ الهِلْيوم والنِّيون، يُمكِنُ أنْ تتَّحِدَ بعناصرَ أُخرى لِتُكَوِّنَ مُرَكَّبات. كما يُمكِنُ استِخْدامُ تَفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ لتَفْكيكِ المُرَكَّباتِ وتحريرِ مُقَوِّماتِها من العناصِر.

رَهَج الغار

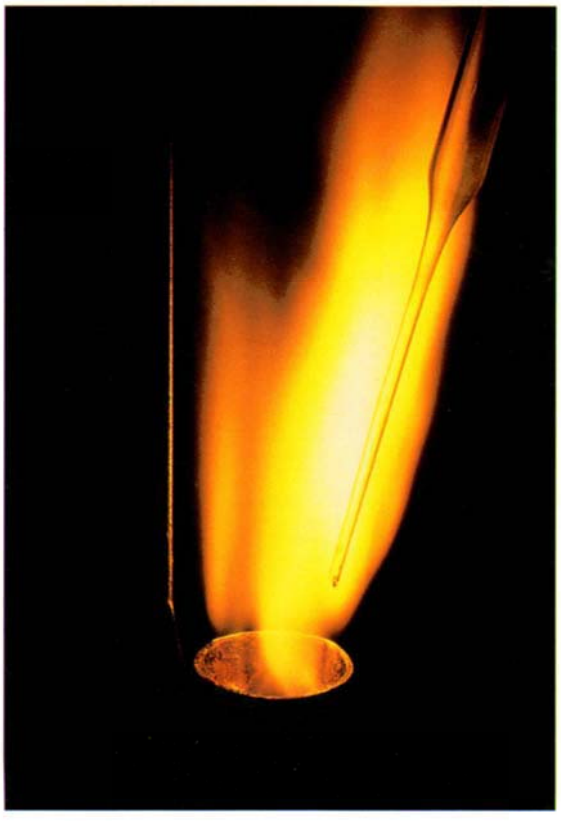
بَيْريت

مَلَكيت

فلُورَيت

هذه الموادُّ كُلُّها مَعادِنُ تتواجَدُ في الأرض. رَهَجُ الغار يَحْوي عُنْصرَي الزِّرنيخ والكِبريت، بينما يَحْوي البَيْريتُ الحديدَ والكِبريت. والمَلَكيت مَزيجٌ من كربوناتِ النُّحاس وهِدْروكسيد النُّحاس اللذين يتألَّفان معًا من النُّحاس والكربون والأُكسجين والهِدْروجين. الفلُورَيت يَحْوي الكالسيُوم والفلُور.

▲◄ الفُسْفور عُنْصرٌ لافِلِزِّيّ. ويُنْبغي حِفْظُه تحتَ الماء (أعلاه)، لأنَّه يَشْتَعِلُ عندَ تعَرُّضِه للهواء مُكوِّنًا مُرَكَّبًا يُدعى أكسيدَ الفُسْفور. ويتفاعَلُ الفُسْفورُ أيضًا بشَكْلٍ عنيف في تيّارٍ من غازِ الكلُور (إلى اليَسار).



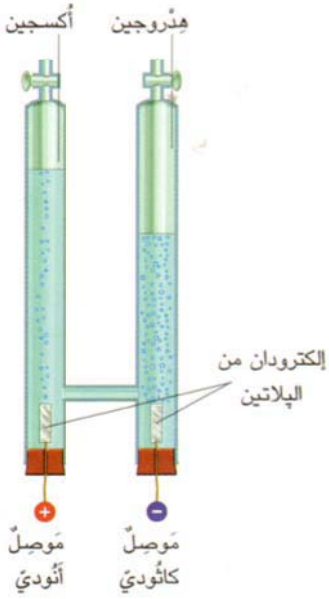
الرُّموزُ والأَسماءُ الكيماويَّة

يَستَخْدِمُ الكيميائيُّون رُموزًا كيماويَّةً تتألَّفُ من حَرْفٍ أو حَرْفين لتمثيل العُنْصر. مثلًا، الرَّمْزان الكيماويّان للهِدْروجين والخارصين هما: هـ، H وَ خ، Zn على التوالي.

العناصِرُ التي اكتُشِفَتْ قَبْلَ حوالى عام 1800 كانت تُعطَى في الغَرْب عادةً أسماء لاتينيَّة. فالرُّومان أطلقوا اسم پلَمْبُوم على الرَّصاص. وبسبَبِ سُهولةِ حَنْيِه لِيَتَّخِذَ شَكلًا مُعَيَّنًا، فقد استَخْدموه في صُنْعِ أنابيبِ جَرِّ المياه. أمَّا العناصِرُ الفلِزِّيَّةُ التي اكتُشِفَتْ منذُ عَهدٍ قريب فأغلَبُ أسمائها تَنْتَهي بالمَقْطع «يُوم، ium-». مثلًا، البلوتونيُوم الذي اكتُشِفَ وسُمِّي عام 1940.

عُنْصُر	الرَّمْزُ الكيماويّ	مَعْلومات تَفْصيليَّة
الحديد	ح، Fe	استُخْدِمَ الاسمُ اللاتينيّ فِرُّوم «Ferrum»، على مَدَى أكثَر من 4000 سنة.
الرَّصاص	صا، Pb	استُخْدِمَ الاسمُ اللاتينيّ پلَمْبُوم «Plumbum»، لأكثرَ من 3000 سنة.
النُّحاس	نح، Cu	استُخْدِمَ الاسمُ اللاتينيّ لِقُبْرص، كوپْرُوم «Cuprum» 5000 سنة.
الصوديوم	ص، Na	تَمَّ فَصْلُه نقيًّا لأوَّل مرَّة عام 1807. الاسم اللاتينيّ هو ناتْريُوم «natrium».
الألومنيُوم	لم، Al	تَمَّ فَصْلُه نقيًّا لأوَّل مرَّة عام 1825.
اليُورانيوم	يو، U	اكتُشِفَ عام 1789، وتمَّ فَصْلُه نقيًّا عام 1841. سُمِّي على اسم الكوكب يُورانوس.
البلوتونيوم	بل، Pu	صُنِعَ أوَّل مرَّة عام 1940؛ وسُمِّي على اسم الكوكب پُلوتو.
الفُسْفور	فو، P	اكتُشِفَ عام 1669.

اللَّافِلِزَّاتُ تُشَكِّلُ حوالى خُمْسِ العناصِر الكيماويَّة؛ والباقي فِلِزَّات. تتواجَدُ العناصِرُ في الطبيعة في مُعْظمِها كمُرَكَّباتٍ تضُمُّ عُنْصرَيْن أو أكثرَ مُتَّحِدَةً كيماويًّا.



نَسْتطيعُ بالتيّارِ الكَهْربائيّ تَفْكيكَ بعض السَّوائل والمَحاليل. ويُمكِنُ استِخْدامُ هذه الطريقة، المُسَمَّاةِ الكَهْرَلةَ أو التحَلُّلَ الكهربائيّ لِتَحْليلِ الماءِ إلى عُنْصُرَيْه: الهِدْروجين والأُكسِجين.

كان المُنْطادُ (السَّفينةُ الهوائيَّة) هِنْدنبُورغ يَحْوي 190 000 متر مُكَعَّب من الهِدْروجين، حينَ انْفجرَ عام 1937، فأَوْدَى بحياة 35 من الـ 97 شخصًا الذين كانوا على مَتْنِه.

اكتِشافاتٌ أَوَّليَّة – الفلِزَّات

قِلَّةٌ من العناصرِ تتواجدُ في قِشْرةِ الأرض كموادَّ نَقِيَّة. فعُنْصرُ الذَّهَب يتواجَدُ في بعض الصُّخورِ كرقائقَ دقيقةٍ أو كُتَلٍ صغيرةٍ من الفِلِزِّ النَّقِيّ. ذلك لأنَّ الذهبَ لا يتَّحِدُ بسُهولةٍ مع عناصِرَ أُخرى. لقد استَخْرجَ النوسُ الذَّهَبَ واستَخْدموه أوَّلَ مرَّةٍ منذُ حوالى 5500 سنة.

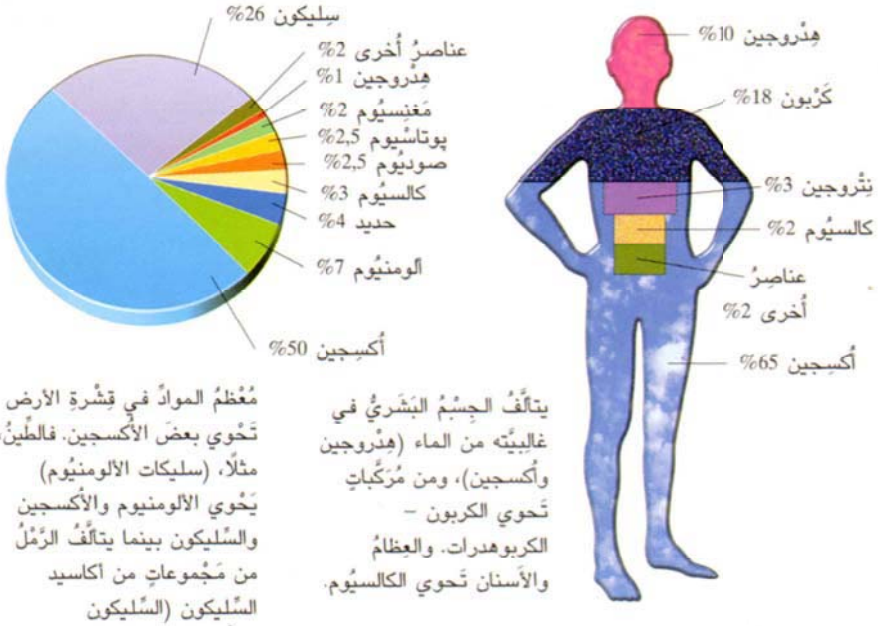
بعضُ الصُّخورِ تَحوي فلِزَّاتٍ مُنْحِدةً مع الأُكسجين. فَخاماتُ الحديد، مثلًا، هي مُرَكَّباتٌ من الحديدِ والأُكسجين. وقد اكتَشفَ الأقدمون، منذُ 3500 سنة، كيفيَّةَ استِخْلاص الحديد من خاماتِه بإحمائها مع الفَحْم النباتيّ. كذلك تَمَّ استِخْلاصُ النُّحاس والرَّصاص والخارصين (الزِّنك) بطرائقَ مُماثِلَة.

اكتِشافاتٌ أَوَّليَّة – اللَّافلِزَّات

الكَرْبونُ والكِبْريت هُما اللَّافلِزَّان الوحيدان اللذان يتواجدان كموادَّ نَقِيَّةٍ في الطبيعة. فيَتواجَدُ الكربون كألماسٍ وغرافيت، أمَّا الفَحْمُ النباتيّ (وهو شكلٌ غيرُ نَقِيٍّ من الكربون) فكان يَجري تَحْضيرُه على مَدى قُرونٍ بإحراق الخَشَب (الحَطَب) جُزْئيًّا. وكان يُسْتَخْدمُ كعاملٍ مُخْتزِلٍ في استِخْلاص الحَديد من خاماته. ويتواجَدُ الكِبْريتُ كَكُتَلٍ صفراءَ جامدةٍ أو كمَسْحوقٍ حولَ فُوَّهاتِ بعض البراكين؛ ومنذُ العام 1200 صار يُستَخْدَمُ في صُنْعِ البارود والمُطَهِّرات.

اكتِشافاتٌ تالِيَة

وضَعَ لافُوازييه أُسسَ الكيمياءِ الحديثة في العام 1783، عندما رسَّخَ مَفْهومَ العناصِر كفِكرةٍ مَرْكزيَّةٍ للمَوضوع. ولم تَزِدِ العناصرُ النَّقيَّةُ المَعروفة في حِيه على 26 عُنْصُرًا. ومع تحَسُّن الأَجْهزةِ والتِّقانات استطاعَ الكيميائيُّون اكتِشافَ عَناصِرَ جديدةٍ بِسُرعةٍ مُتَزايدة. فبِحُلول العام 1900، تَمَّ تعَرُّفُ جَميعِ العناصرِ المُتواجدة طبيعيًّا وتَنْقيَتُها وتَسْمِيَتُها.



يتألَّفُ الجِسْمُ البَشَريُّ في غالِبيَّته من الماء (هِدْروجين وأُكسجين)، ومن مُرَكَّباتٍ تَحوي الكربون – الكربوهدرات. والعِظامُ والأسنان تَحوي الكالسيُوم.

مُعْظَمُ الموادِّ في قِشْرةِ الأرض تَحْوي بعضَ الأُكسجين. فالطِّينُ، مثلًا، (سليكات الألومنيُوم) يَحْوي الألومنيوم والأُكسجين والسِّليكون بينما يتألَّفُ الرَّمْلُ من مَجْموعاتٍ من أكاسيد السِّليكون (السِّليكون والأُكسجين).

عَناصِرُ صُنْعِيَّة

يتألَّفُ الكَوْنُ أساسًا من هِدْروجين (90%) وهِلْيُوم (9%). الضُّغوطُ ودَرَجاتُ الحرارةِ الهائلةُ داخلَ النُّجوم، كالشَّمْس، تُحْدِثُ تفاعُلاتٍ نَوَويَّةً تُحَوِّلُ الهِدْروجين إلى هِلْيُوم. وتَضْغطُ تفاعلاتٌ نَوَويَّةٌ إضافيَّةٌ الهِدْروجينَ والهِلْيُومَ معًا لِتَخليقِ عَناصِرَ أثقَلَ. لقد تكَوَّنَتِ الأرضُ من هذه العناصر عندما انفَصلَتْ مع سِواها من الكواكب كأجزاءٍ من الشَّمْس. يَستَخْدِمُ العلماءُ تَفاعلاتٍ نَوَويَّةً في تَصْنيعِ عناصِرَ اصْطناعيَّةٍ ثقيلةٍ من العناصرِ المُتَواجدةِ في الطبيعة. والعناصِرُ الصُّنْعيَّةُ هذه غيرُ مُسْتَقِرَّةٍ إلى حَدٍّ أنَّها تَتفكَّكُ وتَضْمَحِلُّ غالبًا في غُضونِ دقائقَ أو حتَّى ثَوانٍ.

التفاعُلاتُ النَّوَويَّةُ تُحَوِّلُ ذرَّاتِ عُنْصرٍ مّا إلى ذرَّاتِ عناصِرَ أُخرى. وتُطْلَقُ، عندَ حُدوثِ ذلك، كمِّيَّاتٌ هائلةٌ من الطاقة – فالقُوَّةُ التفَجُّريَّةُ لِقُنْبلةٍ ذَرِّيَّةٍ قَدْ تُعادِلُ قُوَّةَ آلاف الأطنان من المُتَفَجِّراتِ العاديَّة.

اُنْظُر أيضًا

بِداياتُ الكيمياء ص 146 – 147
الكَرْبون ص 170
الكِبْريت ص 181

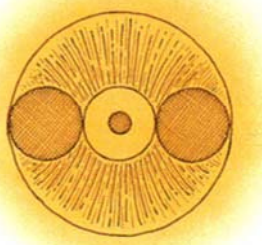
الذَّرَّات

يتألَّفُ الكَوْنُ من جُسَيْماتٍ دَقيقةٍ تُسَمَّى ذرَّات. والذرَّاتُ فائقةُ الصِّغَر بحَيْثُ إنَّ البَلايينَ منها يُمكِنُ أنْ تتراصَّ معًا على نُقْطةِ الوَقْف في نِهايةِ هذه الجُمْلة.

منذُ حوالى 2500 سنة، تَحاورَ فلاسِفَةُ الإغريق حولَ تركيبِ المادَّة. واعتَمدَتْ مَجْموعةُ الذرِّيِّينَ منهُم فرَضيَّة التركيب الذرِّيّ – بافتِراضِ أنَّه لو كان بالإمكان تَقْطيعُ المادَّةِ إلى قِطَعٍ أصغرَ فأصغرَ، فستكونُ هنالك في النِّهايةِ قِطْعةٌ في غايةِ الصِّغَر بحيثُ لا يُمكِنُ قَطْعُها. ومن هنا جاءَت التسميةُ أتُوم «ذرَّة» – من a بمَعْنى لا وَ tom بمَعْنى يُقْطَع.

بينَ عامَي 1803 وَ 1807، عملَ الكيميائيُّ البريطانيُّ جون دالْتُون على تَطْبيق هذه الأفكار في نظريَّتِه الذرِّيَّةِ للمادَّة: فهو نظَرَ أنَّ الذرَّاتِ لا يُمكِنُ تَخْليقُها ولا تَدْميرُها. وأنَّ العَيِّنةَ النَّقيَّةَ من أيِّ عُنْصُر تَحْوي ذرَّاتٍ مُتَماثِلةً تمامًا.

الفيزيائيُّ والكيميائيُّ البريطانيُّ، جونُ دالْتُون (1766 – 1844)، قدَّم النظريَّةَ الذرِّيَّةَ للمادَّة. وفيها يَرْتئي أنَّ الذرَّاتِ أشبَهُ بكُرَاتٍ فائقةِ الصِّغَر.

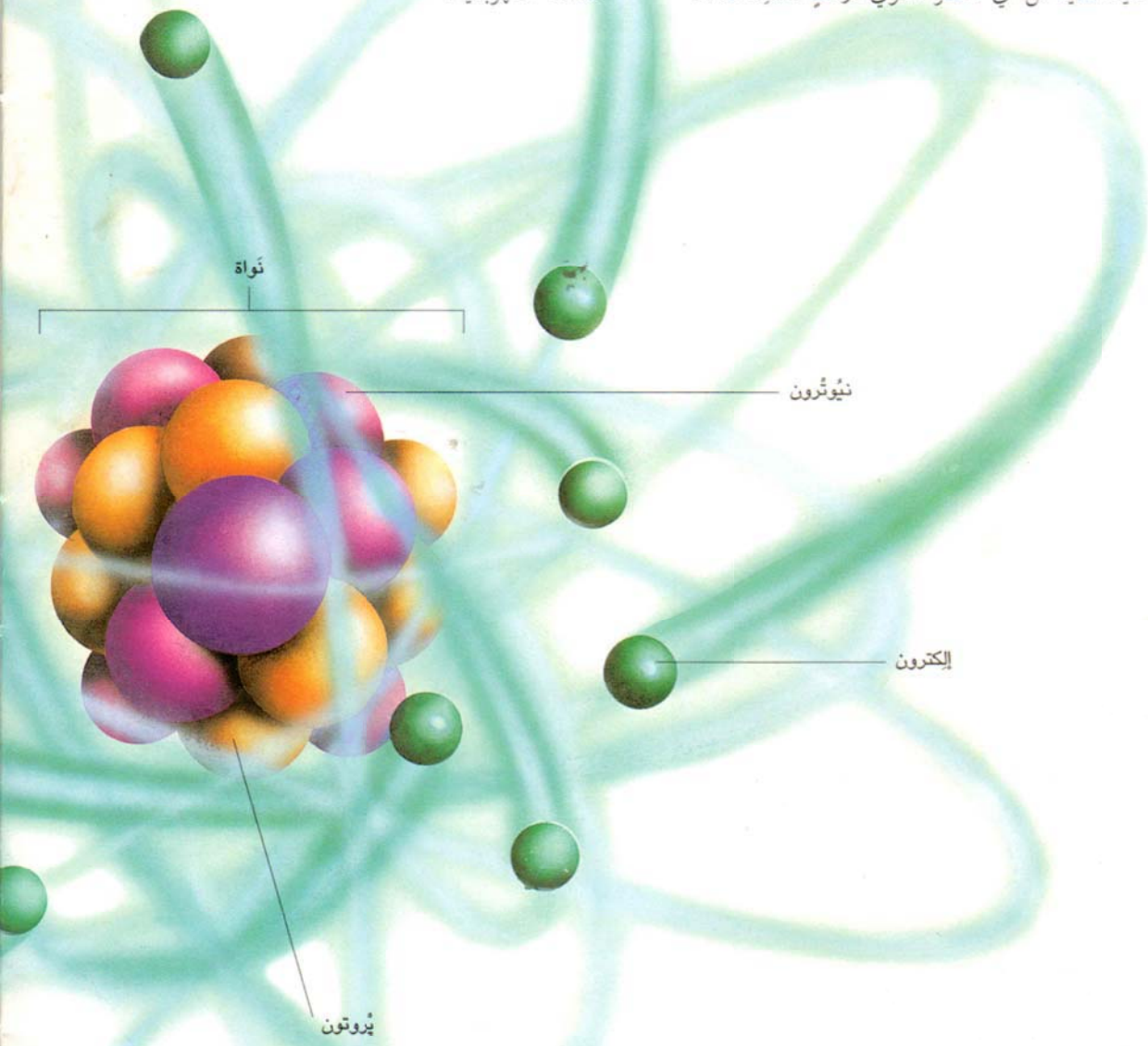


▲ وضَعَ دالْتون رُموزًا لِذرَّاتٍ مُخْتلِفة. وارتأى أنَّ الذرَّاتِ تَترابَطُ معًا لِتُكوِّنَ مُرَكَّبات. الرَّسمُ الدالْتونيّ أعلاه، مثلًا، يُبَيِّنُ ذرَّتَيْن من الأكسجين مُتَرابطتَيْن مع ذرَّةٍ من الكربون في جُزَيءٍ ثاني أكسيد الكربون.

النظريَّةُ الذرِّيَّةُ الحديثة

لم تَتطَرَّقْ نظريَّةُ دالْتون إلى البِنْيةِ الداخليَّة للذرَّات. ثُمَّ، في العام 1897، تَمَّ اكتِشافُ أوَّلِ جُسَيْمٍ دونَ الذرِّيّ، المُسَمَّى إلكترون. وفي عام 1911، اكتشفَ الفيزيائيُّ البريطانيُّ إرْنِسْت رَذَرْفورد (1871 – 1937) أنَّ كُلَّ ذرَّةٍ تَتضَمَّنُ نواةً كثيفةً مُوجِبَةَ الشِّحْنة. وفي العام 1932 اكتُشِفَ النِّيُوتْرون.

النظريَّةُ الذرِّيَّةُ الحديثةُ تَنُصُّ على أنَّ الذرَّةَ تتألَّفُ من نَواة من البروتونات والنيوتْرونات، تُحيطُ بها إلكتروناتٌ تُدَوِّمُ حولَها. النيوترونُ والبروتون مُتعادلا الكُتلة – والواحِدُ مِنْهُما أثقَلُ من الإلكترون بأكثرَ من 1800 مرَّة. والبروتوناتُ ذاتُ شِحْنةٍ كهربائيَّةٍ مُوجِبَةٍ والإلكتروناتُ ذاتُ شِحْنةٍ كهربائيَّةٍ سالبةٍ مُعادِلة. أمّا النيوتْرونات فعديمةُ الشِّحنة الكَهْربائيَّة.



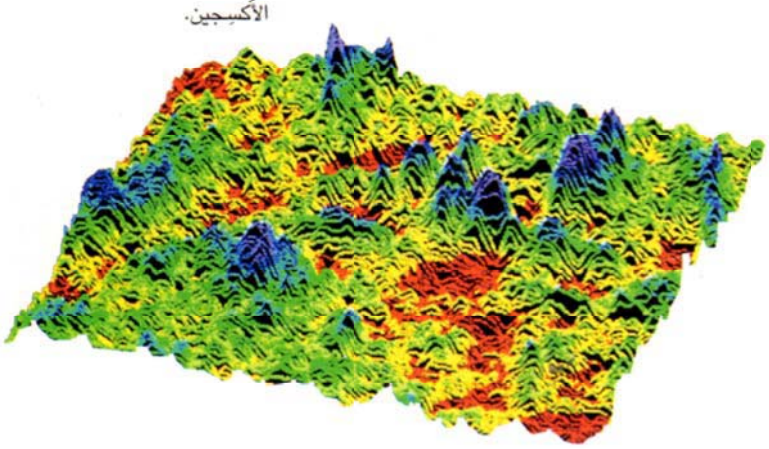
◄ تتألَّفُ نَواةُ الذرَّةِ من بُروتوناتٍ ونيوتْرونات، وهي تؤلِّفُ مُعظمَ كُتْلة الذرَّة. الإلكتروناتُ تُدَوِّمُ في مَداراتٍ ثابتةٍ حولَ النَّواة بِفِعل التَّجاذُبِ الكهربائيِّ بين الشِّحْنةِ السالِبَةِ للإلكترون والشِّحْنةِ المُوجِبَةِ للبروتونات في النَّواة. النيوتْرونات تُسْهِمُ في الحِفاظ على تماسُكِ النَّواة؛ وبدونِها تَتَنافَرُ البروتوناتُ المُوجِبَةُ الشِّحْنة واجِدَتُها مع الأُخْرَيات.

الذرَّاتُ والعَناصِر

تَحوي الذرَّاتُ عَددًا مُتَساويًا من الإلكترونات والبروتونات. الشِّحْناتُ الكهربائيَّةُ السَّالِبَةُ للإلكترونات تُعادِلُ الشِّحْناتِ المُوجِبَةَ للبروتونات؛ ونَتيجةً لذلك، تكونُ الذرَّةُ ككُلٍّ عديمةَ الشِّحْنةِ الكهربائيَّة.

أبْسَطُ العناصِر هو الهِدْروجين. الذي تتألَّفُ ذرَّتُه من بُروتونٍ واحدٍ وإلكترونٍ واحد؛ وهو العُنْصُرُ الوَحيدُ الذي لا يَحْوي نيوتْرونًا. العناصِرُ الأُخرى تَحوي إلكتروناتٍ وبُروتوناتٍ ونيُوتْروناتٍ أكثرَ؛ وهي بالتالي أثقَلُ من الهِدْروجين. مثلًا، ذرَّةُ الألومنيُوم تَحْتَوي 13 بُروتونًا وَ 31 إلكترونًا وَ14 نيوتْرونًا. وذَرَّةُ البورانيُوم، أثقَلُ العناصِر المُتَواجِدَةِ طبيعيًّا، تتألَّفُ من 92 بُروتونًا وَ 92 إلكترونًا وَ 146 نيُوتْرونًا. العناصِرُ الأثقَلُ من اليورانيُوم هي عناصِرُ غيرُ مُسْتَقِرَّةٍ – إذ تَتَفَجَّرُ نَواها وتَنْقَسِمُ مُتَباعدةً لأنَّ قُوَى ضَمِّ البروتونات معًا فيها ليسَتْ كافيةً لِلتغَلُّب على قُوى التنافُرِ بين شِحْناتِها المُوجِبَة.

► طُوِّرَ مِجْهَرُ القُوَّة الذرِّيَّة خِلالَ الثمانينيَّات من القَرْن العِشْرين. هنا الحاسوبُ يُراقِبُ القُوى المؤثِّرة في نُقْطةٍ ماسيَّةٍ دَقيقةٍ أثناءَ تَفْريسةِ مَسْحٍ عَبْرَ العَيِّنة.



▼ هذه صورةٌ مُوَلَّدةٌ حاسُوبيًّا لِسَطْح قِطْعةٍ زُجاجيَّةٍ بِمِجْهرِ القُوَّة الذرِّيَّة. كُلُّ بَرْزَةٍ نانتةٍ تُمَثِّلُ ذرَّةً مُفْرَدةً من السِّليكون أو الأكْسِجين.

الحَجْمُ الذرِّيّ

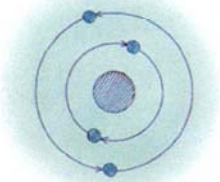
النظريَّاتُ لذرِّيَّةُ نَماذِجُ يَسْتَخْدِمُها العلماءُ لِتَحْليل نتائج اخْتباراتِهم. فلأنَّ الذرَّاتِ فائقةُ الصِّغَر، لَمّا يَتمكَّن أحدٌ فِعلًا من مُشاهدةِ ذرَّةٍ – إذ يَنْبغي تَكْبيرُ الذرَّةِ 100 مليون مرَّة لإنتاجِ صورةٍ قُطْرُها سَنْتيمترًا واحدًا. كذلك فإنَّ الذرَّةَ تتألَّفُ في مُعْظَمِها من فَراغ. فلو نُمَثِّلُ نَواةَ الذرَّة في نَموذجٍ بيانيٍّ نِسْبيٍّ بِكُرَةِ مَضْرِب (تنِس) لتَمثَّلَتِ الإلكتروناتُ بعَددٍ من رؤوسِ الدبابيس، ولَبَلَغَ قُطْرُ النَّموذجِ ككُلّ حوالى 700 متر. النظريَّةُ الذرِّيَّةُ الحديثةُ تَنُصُّ أيضًا على أنَّ الإلكتروناتِ تُدَوِّمُ بِسُرعاتٍ فائقةٍ يتَعَذَّر معها الجَزْمُ بتقدير مَواقِعها في الذرَّة. فلكأنَّها سَحابةٌ من الشِّحْناتِ السَّالِبَةِ تُحيطُ بالنَّواة.

التَّصديقُ بالمُشاهَدة

أمواجُ الضَّوءِ كبيرةٌ جِدًّا بالمُقارنةِ مع حُجومِ الذرَّات. لذا فإنَّ المَجاهِرَ الضوئيَّةَ العاديَّةَ عاجِزةٌ عن تَبَيُّنِ ذرَّاتٍ مُفْرَدة؛ فهي ببَساطةٍ تَطْمِسُ صُورَ ملايين الذرَّات معًا.

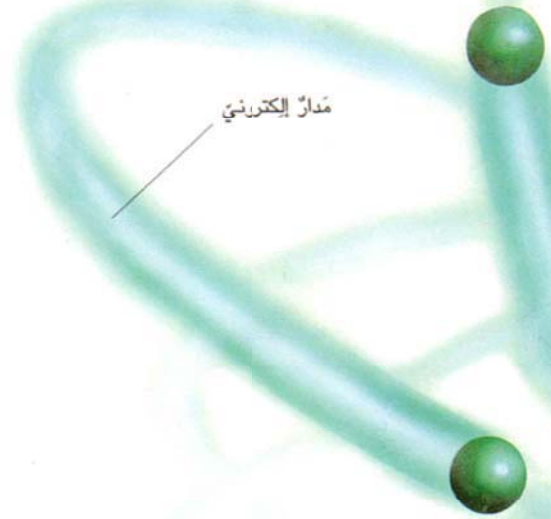
أمَّا مَجاهِرُ القُوَّةِ الذرِّيَّة التي لا تَستَخْدِمُ الضَّوء، فهي تَسْتَخْدم مسبارًا حادًّا يتحَرَّكُ جَيئةً وذَهابًا عَبْرَ سَطْحِ العَيِّنةِ مُتَحَسِّسًا السَّحابةَ الإلكترونيَّةَ حولَ كُلِّ ذرَّة؛ والحاسُوبُ يُرَكِّبُ صورةً للذرَّاتِ في ذلكَ السَّطْح.

نالَ الفيزيائيُّ الدانمركيُّ، نِيلْز بُور (1885 – 1962)، جائزةَ نُوبل للفيزياء عامَ 1922 على نظريَّتِه حولَ البِنْيةِ الذرِّيَّة.



حسَبَ نَظريَّةِ بُور، تُدَوِّمُ الإلكتروناتُ حولَ نَواةِ الذرَّة في غِلافاتٍ قِشريَّةٍ كُرَويَّةٍ تُسَمَّى مَدارات.

اُنْظُر أيضًا
العناصِرُ الكيماويَّة ص 148 – 149
حالاتُ المادَّة ص 156 – 157
الميكروسكوبات (المَجاهِر) ص 268 – 269



الجَدْولُ الدَّوْريُّ للعَناصِر

يُدْرِجُ الجَدْولُ الدَّوْريُّ العناصِرَ الكيماويَّةَ بِترتيبٍ تَصاعُديٍّ لأعدادِها الذرِّيَّة. والعناصِرُ المُتماثِلَةُ الخصائص مُرَتَّبةٌ معًا في مَجْموعات.

مَوقعُ الصوديوم في المَجموعة 1. ورُغْمَ انَّه فلزٌّ، فهو لَيِّنٌ بحيثُ يُمكِنُ قَطْعُه بسِكِّين. يُحْفظُ الصوديوم في الزَّيت أو الكيروسين لِمَنْعِه من التفاعُلِ مع الهواءِ أو مع الرُّطوبة.

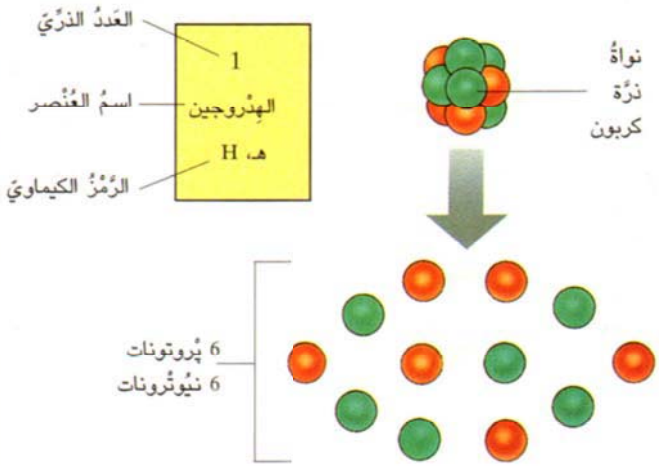
وضعَ الكيميائيُّ الرُّوسيُّ، ديمِتْري مَنْدِلْييف (1834 – 1907) أوَّلَ جدولٍ دوريٍّ للعناصر عامَ 1869. وكان قد تركَ فراغاتٍ في الجَدْولِ لعناصِرَ لم تكُن قد اكتُشِفت بعدُ؛ وتَنبَّأَ بخَصائصِها مقارنةً مع العناصرِ المُجاورة.

الجَدْولُ الدَّوْريُّ يَنْتَظِمُ جميعَ العَناصِر الكيماويَّة في ثمانيةَ عَشَر عمودًا، أو مَجْموعةً، وسَبْعةِ صُفوفٍ أُفقيَّةٍ تُسَمَّى دَورات. والعناصِرُ مُرَتَّبةٌ بحيثُ تَتزايَدُ أعدادُها الذرِّيَّةُ آحادًا عَبْرَ الدَّورةِ من اليَمين إلى اليَسار. العَددُ الذرِّيُّ للعُنْصر يُساوي عددَ البروتونات في نواةِ ذرَّتِه أو عددَ الإلكترونات المُدَوِّمةِ حولَ نَواتِه.

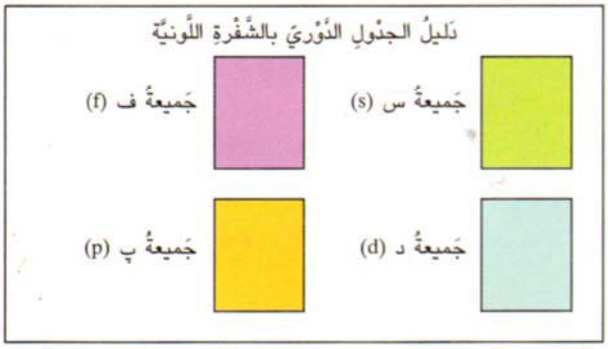
المَجْموعاتُ في الجَدولِ الدَّوْريِّ مُرَقَّمةٌ من اليَمين إلى اليَسار من 1 إلى 18، رُغْمَ استِخْدامِ أَنْظمةِ تَرْقيم أُخرى أحيانًا. العناصِرُ في المَجْموعةِ نَفْسِها ذاتُ خصائصَ مُتَماثِلَة؛ وتعتمِدُ خصائصُ العُنْصرِ الكيماويَّةُ إلى حَدٍّ بَعيد على عددِ الإلكترونات في غِلافِه الخارجيّ.

بِنْيةُ الجَدْولِ الدَّوْريّ

يتألَّفُ الجَدْولُ الدوريُّ من أربعِ مناطِقَ أو جَميعاتٍ رئيسيَّةٍ تُسَمَّى بالأحرف س (s) وَ پ (p) وَ د (d) وَ ف (f). تُشَكِّلُ المَجْموعتان 1 و 2 الجميعةَ س (s) إلى اليَمين. الجميعةُ پ (p) إلى اليَسار تحوي المَجْموعات 13 إلى 18. وتُشَكِّلُ الجَميعتان د (d) وَ ف (f) المَجْموعات من 3 إلى 12.



▲ العددُ الذرِّيُّ للعُنْصر هو عددُ البروتونات في الذرَّةِ الواحدةِ منه؛ وهذا العدد للكربون = 6. الرَّمْزُ الكيماويُّ للعُنْصر يُمكِنُ كِتابتُه مع العددِ الذرِّيّ مَكْتوبًا إلى اليَسار تحت الرَّمْزِ الرئيسيّ.



1								2
1 الهدروجين هـ، H								
3 الليثيوم لث، Li	4 البريليوم بي، Be							
11 الصوديوم ص، Na	12 المغنسيوم مغ، Mg							
19 البوتاسيوم بو، K	20 الكالسيوم كا، Ca	21 السكانديوم سك، Sc	22 التيتانيوم ت، Ti	23 الفاناديوم فن، V	24 الكروم كر، Cr	25 المنغنيز من، Mn	26 الحديد ح، Fe	27 الكوبلت كو، Co
37 الروبيديوم بيد، Rb	38 السترنشيوم سر، Sr	39 الإتريوم يت، Y	40 الزركونيوم كز، Zr	41 النيوبيوم نب، Nb	42 المولِيبدنوم مو، Mo	43 التكنتيوم تك، Tc	44 الروثينيوم ثن، Ru	45 الروديوم يم، Rh
55 السيزيوم سز، Cs	56 الباريوم با، Ba	71–57 اللَّنْثانيدات	72 الهفنيوم هف، Hf	73 التنتالوم تا، Ta	74 التنجستن تن، W	75 الرنيوم نم، Re	76 الأزميوم مز، Os	77 الإريديوم يد، Ir
87 الفرانسيوم فر، Fr	88 الراديوم د، Ra	103–89 الأكتينيدات	104 انيلكواديوم انك، Unq	105 أنيلپنتيوم أنپ، Unp	106 أنيلهكسيوم انه، Unh	107 أنيلسيتيوم أنس، Uns	108 أنيلكتيوم أنو، Uno	109 انيليتيوم اني، Une

57 اللنثانوم لن، La	58 السيريوم سي، Ce	59 البراسوديميوم بس، Pr	60 النيوديميوم مم، Nd	61 البروميثيوم بم، Pm	62 الساماريوم سم، Sm	63 اليروبيوم يب، Eu	64 الجادولينيوم جد، Gd	65 التربيوم تب، Tb
89 الأكتنيوم كت، Ac	90 الثوريوم ث، Th	91 البروتكتنيوم بكت، Pa	92 اليورانيوم يو، U	93 النبتونيوم تو، NP	94 البلوتونيوم بل، Pu	95 الأمريشيوم مر، Am	96 الكوريوم كم، Cm	97 البركليوم بك، Bk

عناصِرُ الجَميعة س (s)

عَناصِرُ الجميعة س (s) كُلُّها، عدا الهِدْروجين، شديدةُ الفاعليَّةِ الكيماويَّة. وهي فلِزَّاتٌ لَيِّنَةٌ خَفيضةُ الكثافة. مُعظمُ فلِزَّاتِ المَجْموعة 1 تَنْصهِرُ على درجةِ حرارةٍ أقلَّ من 100°س، بينما مُعظمُ فلِزَّاتِ المَجْموعة 2 تَنْصهِرُ على درجةِ حرارةٍ دُون 900°س. مُرَكَّباتُ عناصِر الجميعة س (s) تُسْتَخْدَمُ في تَلْوينِ الأَلْعاب والأَسْهُم الناريَّة. وأَمْلاحُ الصوديُوم والبوتاسيُوم ضروريَّةٌ لِقيام الجُمْلةِ العَصَبيَّةِ بِعَملها كما يَنْبغي. أمَّا مُرَكَّباتُ المَغْنسيُوم فحيَويَّةٌ في تَخْليقِ اليَخْضورِ (الكلوروفيل) في النَّباتات.

عناصِرُ الجَميعة د (d)

عناصِرُ هذه الجميعة كلُّها صَلْدةٌ كثيفةٌ، ومُعظمُها يَنْصهِرُ على دَرجةِ حرارةٍ أعلى بقَدْرٍ مَلْحوظ من 1000°س. وهي تشمَلُ فلِزَّاتٍ كالحديدِ والنُّحاس والتِّيتانيوم. عناصِرُ الجميعة د (d) أقلُّ فاعليَّةً كيماويَّةً من فلِزَّات الجميعة س (s) بكثير.

جميعُ فلِزَّات الجميعة د (d) لها إلكترونٌ واحدٌ أو اثنان فقط في أغلفَتِها الخارجيَّة؛ لذا فإنَّ خصائصَها الكيماويَّةَ مُتَماثِلَةٌ. ورُغْمَ أنَّ العددَ الذرِّيَّ يزدادُ عَبْرَ كلٍّ من الدَّوْراتِ الثلاث، فإنَّ الإلكتروناتِ الزائدةَ تُدَوِّمُ داخِلَ الذرَّة، في مَداراتٍ أقربَ إلى النَّواة.

عناصِرُ الجَميعة پ (p)

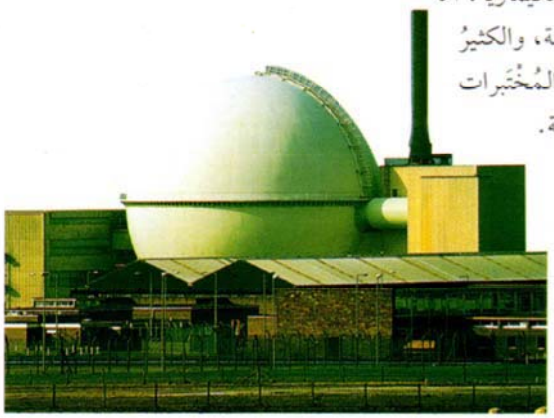
عناصِرُ هذه الجَميعة خليطٌ من الفلِزَّات واللَّافلِزَّات. فالعناصِرُ الواقِعَةُ فوقَ خَطٍّ قُطْريٍّ يمتَدُّ من الألومنيوم إلى البولونيوم هي لافلِزَّات، والعناصِرُ الواقِعَةُ على هذا الخَطِّ وتحتَه فلِزَّات. القَصْديرُ والرَّصاصُ فلِزَّانِ نَمُوذجيَّان من الجميعة پ (p). فهما أَلْيَنُ من فلِزَّاتِ الجميعةِ د (d) وأقلُّ فاعليَّةً كيماويَّة.

غازاتُ النِّتْروجين والأُكسجين والفلُور والكلُور تقَعُ في اليَسار الأعلى للجميعةِ پ (p). والعناصِرُ التي تُؤلِّفُ المَجْموعة 18 تُسَمَّى الغازاتِ النبيلةَ، أو الخامِلَة، لأنَّها عديمةُ الفاعليَّة الكيماويَّة بالكاملِ تقريبًا.

عناصِرُ الجَميعة ف (f)

عناصِرُ هذه الجميعة كُلُّها فلِزَّاتٌ نادِرَة؛ وعناصِرُ الصَّف الأوَّلِ منها كُلُّها فائقة الفاعليَّة الكيماويَّة. أمَّا عناصِرُ الصَّف الثاني فكُلُّها مُشِعَّة، والكثيرُ منها عناصِرُ اصْطِناعيَّةٌ تُنْتَجُ في المُخْتَبَرات أو في قُلوب المُفاعِلات النَّوَويَّة.

مُحَرِّكُ هذه الدرَّاجة الناريَّة مَصْنوعٌ في مُعظمِه من سَبائك (خليطات) الألومنيُوم والحديد – حيثُ كِلا الفلِزَّين مُزِجا مع كمِّيَّاتٍ ضئيلةٍ من عناصِرَ أُخرى لِصُنْع السَّبيكة. وهذه المَوادُّ مُصَمَّمةٌ لِمُقاومةِ البِلَى والتآكُلِ الميكانيكيّ.



▲ اليُورانيُوم هو أحدُ الوُقُودِ المُسْتَخْدمةِ في مَحطَّاتِ القُدرةِ النَّوَويَّة، وهو العُنْصر 92 ذو العددِ الذرِّيِّ الأعلى بين جميع العناصِر المُتَواجِدَة طبيعيًّا. تَنْطَلِقُ طاقةٌ عندما تَنْفَلِقُ النواة لِتُكَوِّنَ عناصرَ أُخرى.

يُسْتَخدمُ الكثيرُ من الغازاتِ النبيلة في الإنارة. المِصباحُ في هذه المَنارة يَسْتَخْدِمُ الزِّنون لإنتاجِ ضَوءٍ أبيضَ مُزرَقٍّ بالِغِ الحِدَّة والسُّطوع.

أُنْظُر أيضًا

العناصِرُ الكيماويَّة ص 148 – 149
الرَّابط والتَّكافؤ ص 166 – 167
خصائصُ الفلِزَّات ص 196 – 197

18												
2 الهليوم هي، He												
10 النيون نن، Ne	9 الفلور فل، F	8 الأكسجين أ، O	7 النتروجين ن، N	6 الكربون ك، C	5 البورون ب، B							
18 الأرجون غر، Ar	17 الكلور كل، Cl	16 الكِبْريت كب، S	15 الفُسْفور ف، p	14 السِّليكون س، Si	13 الألومنيوم لم، Al							
36 الكريبتون كن، Kr	35 البروم بر، Br	34 السلنيوم سل، Se	33 الزرنيخ ز، As	32 الجرمانيوم جر، Ge	31 الجاليوم جا، Ga	30 الخارصين خ، Zn	29 النحاس نح، Cu	28 النيكل ني، Ni				
54 الزِّنون نز، Xe	53 اليُود ي، I	52 التلوريوم تل، Te	51 الانتيمون نت، Sb	50 القَصْدير ق، Sn	49 الإنديوم ند، In	48 الكادميوم كد، Cd	47 الفِضة ف، Ag	46 البلاديوم لد، Pd				
86 الرادون ر، Rn	85 الأستاتين ست، At	84 البولونيوم بن، Po	83 البزموث بز، Bi	82 الرَّصاص صا، Pb	81 الثاليوم ثل، Tl	80 الزئبق بق، Hg	79 الذهب ذ، Au	78 البلاتين بت، Pt				

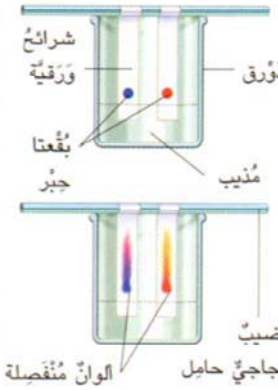
▲ عناصِرُ المَجموعةِ 18 من الجدولِ الدَّوْريِّ تُسَمَّى أحيانًا الغازاتِ النبيلةَ. الهِلْيُوم، أخَفُّها، له إلكترونان فقط. وجميعُ العناصِرِ الأُخرى في هذه المَجْموعة ذاتُ مَانية إلكترونات في أغلفتِها الخارجيَّة. هذه الترتيباتُ مُسْتَقِرَّةٌ جِدًّا وتفَسِّرُ انعِدامَ الفاعليَّةِ لكيماويَّة لهذه العناصِر.

71 اللوتشيوم لو، Lu	70 الإيتيربيوم تر، Yb	69 الثوليوم ثم، Tm	68 الإربيوم ير، Er	67 الهولميوم هل، Ho	66 الديسبروسيوم سب، Dy
103 اللورنسيوم لر، Lr	102 النوبليوم نو، No	101 المنتلفيوم مد، Md	100 الفرميوم فم، Fm	99 الأينشتينيُوم ين، Es	98 الكاليفورنيوم كف، Cf

التَّحليلُ الكيماويّ

يَستَخْدِمُ الكيميائيُّون مَجْموعاتٍ مُنوَّعةً من التِّقانات والمُعدَّاتِ لتعَرُّفِ العناصرِ أو المُرَكَّباتِ الكيماويَّةِ في عَيِّنةٍ ما وتَحْديدِ كمِّيَّاتِها وكيفيَّةِ تَراتُبِها.

يَستَخْدِمُ الكيميائيُّون ثلاثةَ أنماطٍ رئيسيَّةٍ من التحليل. **فالتَّحليلُ النَّوعيُّ** يكشِفُ ماهيَّةَ العناصرِ أو المُرَكَّباتِ المَوجودة في العَيِّنة. ومن أمثِلته التفاعُلاتُ الضئيلةُ المَقادير في أنابيب الاختبار والاستِشْرابُ الكروماتوغرافيّ والإسْتِشْرادُ (الرَّحلانُ الجُزَيْئيّ الكهربائيّ). **والتَّحليلُ الكَمِّيّ** يَقيسُ كمِّيَّاتٍ أو مَقاديرَ العناصر أو المُرَكَّبات في العَيِّنة، كالمُعايرَة التي تُستَخْدمُ في تَرْكيزاتِ المَحاليل. أمَّا **التَّحليلُ البِنْيَويُّ** (النمط الثالث) فيَستَخْدِمُ الأَشِعَّةَ السِّينيَّةَ، أو إشعاعاتٍ أُخرى لِتَقَصِّي ترتيبِ الذرَّات في البِلَّورات أو تحديدِ أشكالِ الجُزَيْئات.



يُمكِنُ استِخْدامُ طريقةِ الاستِشْراب الوَرَقيّ الكروماتوغرافيّ لِفَصْلِ الأَصْبِغَةِ في أنواع الحِبْر. فمَع تَصاعُدِ المُذيب ببُطءٍ عَبْرَ الوَرَقة تَتحَرَّك الأَصبِغَةُ بِسُرعاتٍ مُختلِفةٍ مُنْفَصلةً بعضُها عن بعض.

الاستِشْراب (الفَصْلُ الكروماتوغرافيّ)

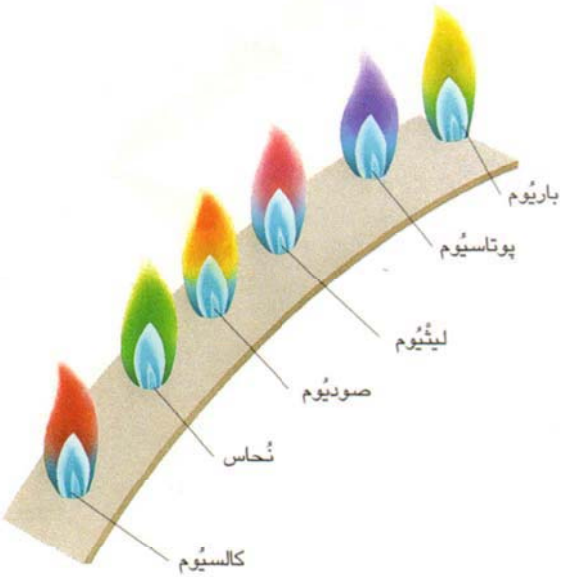
يُستَخْدَمُ الاستِشْرابُ الوَرَقيُّ لِفَصْلِ مَزيجاتِ المُرَكَّباتِ المُلوَّة، كمُختلِف أنواعِ الحِبْر. فمَعَ انتِشار المُذيبِ عَبْرَ القطعةِ الورقيَّةِ الماصَّةِ تَنتقِلُ معَه الأَصبِغَةُ في المَزيج. والمَسافةُ التي يَقطَعُها كُلُّ لَوْنٍ تَعْتَمِدُ على مَدى شِدَّةِ التِصاقِه بالشريحة الوَرَقيَّة.

المُعايَرةُ الكيماويَّة

المُعايرةُ بالتَّحليل الحَجْميّ تَقيسُ حُجومَ المَحاليل التي يَتفاعَلُ بعضُها مع بَعض. ويُستَدَلُّ على اكتِمال التفاعُل بِتَغيُّر لَون الكاشِف. ومن ثَمَّ، يُمكِنُ احتِسابُ حَجْمِ أَحدِ المَحْلولَيْن الذي دخلَ التفاعُل وغَيَّر لونَ الكاشِف.

▲ في المُعايَراتِ الحامضيَّةِ القِلْويَّةِ يُقَطِّرُ حامِضٌ ذو قوَّةِ تركيزٍ مَعْروفةٍ في دَوْرقٍ يَحْوي قِلْيًا وكمِّيَّةً قليلةً من كاشِفٍ مُعيَّن. يُمكِنُ احتِسابُ كمِّيَّةِ القِلْي في الدَّوْرق من كمِّيَّةِ الحامضِ اللازمةِ لِتَغْييرِ لونِ الكاشِف.

◄ هل أَفْرطَ هذا السَّائقُ في تناوُلِ الكحول؟ إنَّ مُحَلِّلَةَ النَّفَسِ هذه تَقيسُ تركيزَ بُخارِ الكُحولِ في زَفيره.



تُساعِدُ اخْتباراتُ اللَّهَب في تعَرُّفِ بعض العناصِر الكيماويَّة. فَبُرْشَةٌ من عَيِّنةٍ على طرَفِ سِلكٍ من البِلاتين تُكسِبُ لهَبَ حاروقٍ بَنْزِن لَوْنًا مُمَيِّزًا.

الاِخْتباراتُ الكيماويَّة

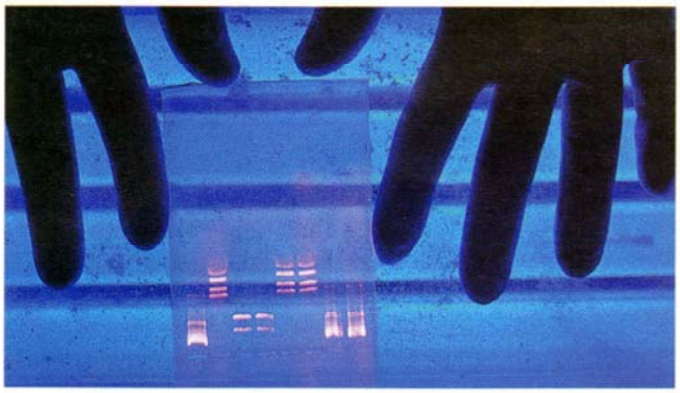
يُمكِنُ للكيميائيِّين غالبًا تعَرُّفُ العناصِرِ والمُرَكَّباتِ من نتائجِ الاختِباراتِ الكيماويَّةِ التي يُجْرونها مُستَخْدمين أنابيبَ اختبارٍ وكواشِفَ كيماويَّةً وأجهزَة مِخْبَريَّةً بَسيطة. فالمُرَكَّباتُ الكربوناتيَّة، مثلًا، تتفاعَلُ دائمًا مع حامضِ الهَيْدروكلوريك المُخَفَّف لِتُنْتِجَ فقاقيعَ من غازِ ثاني أُكسيد الكربون. واختِباراتُ اللَّهَب هي أبسَطُ الاِخْتبارات - فبعضُ الفلِزَّاتِ التي تَتواجَدُ في المُرَكَّباتِ تُكْسِبُ لهَبَ حاروق بَنْزِن ألوانًا مُمَيِّزة. وإجراءُ الاختِباراتِ بِنَسَقٍ مُنْتَظِمٍ يُمَكِّنُ من تَحديد مُعظمِ الموادِّ البَسيطة.

هذه الباحِثةُ تَسْتَخدِمُ مُعَدَّاتِ حُيودِ الأشِعَّةِ السينيَّةِ لِتَحْديد بِنْيةِ أحدِ البروتينات. إنَّ نَمطَ الذرَّات المُتكرِّرَ في بِلَّورةٍ من البروتين يُشَتِّتُ حُزَمَ الأشِعَّةِ السِّينيَّةِ التي تَمُرُّ عَبْرَ البِلَّورة. والمِحَسَّاتُ حولَ العَيِّنةِ تُغَذِّي المَعْلوماتِ حولَ النَّمطِ المُشَتَّت إلى الحاسُوبِ الذي يُحَلِّلُ النَّمطَ ويَحْتَسِبُ بِنْيةَ البروتين.

الاستِشْراد (الرَّحلانُ) الكَهْربائيّ

الاستِشرادُ الكَهْربائيّ مَثيلٌ مَبْدئيًّا للاستِشْراب، لكِنَّه يَستَخْدِمُ تيّارًا كهربائيًّا بدَلًا من سائلٍ مُتَحَرِّكٍ لِفَصْلِ الموادِّ في مَزيج. فهو مَثَلًا يُسْتَخْدمُ في طباعةِ بَصَماتِ الاستِدلال الجينيَّةِ (الوِراثيَّة) لِتعَرُّفِ الأفراد. فالأَنْزيماتُ تُفَكِّكُ د ن أ من الخلايا الجَسَديَّةِ إلى شَقَفٍ دَقيقةٍ. ويُوضَعُ مَحْلولٌ من هذه الشَّقَف على مادَّةٍ هُلاميَّةٍ خاصَّة. فتَنْتقِلُ الشَّقَفُ بسُرعاتٍ مُختلِفةٍ في اتِّجاهِ التيّار الكهربائيّ؛ وتَنْفَصِلُ بعدَ هُنَيْهةٍ إلى حُزَمٍ مُختلِفة. والمَعروفُ أنَّ د ن أ من الشَّخْص يُنْتِجُ نَمَطًا فريدًا مُتَمَيِّزًا من هذه الحُزَمِ كما بَصَماته.

▲ في المَرْحلةِ النِّهائيَّةِ من أخذِ بَصَماتِ الاستِدْلال الجينيَّة، تُسْقِطُ ماصَّةٌ مِخْبَريَّةٌ قَطَراتٍ تحوي شَقَفَ د ن أ فوقَ صفيحةٍ زُجاجيَّةٍ مُغَطّاةٍ بِطَبقةٍ هُلاميَّة.



▲ حُزَمُ د ن أ المُنْفصلةُ المُتألِّقةُ باللَّونِ الوَرْديِّ في ضَوءٍ فوق البنَفْسجيّ تُساعِدُ في تعَرُّفِ المُجْرمين من الآثارِ التي يَتْركونها في مَواقعِ جَرائمهم.

علمُ البلَّورات بالأشِعَّة السِّينيَّة

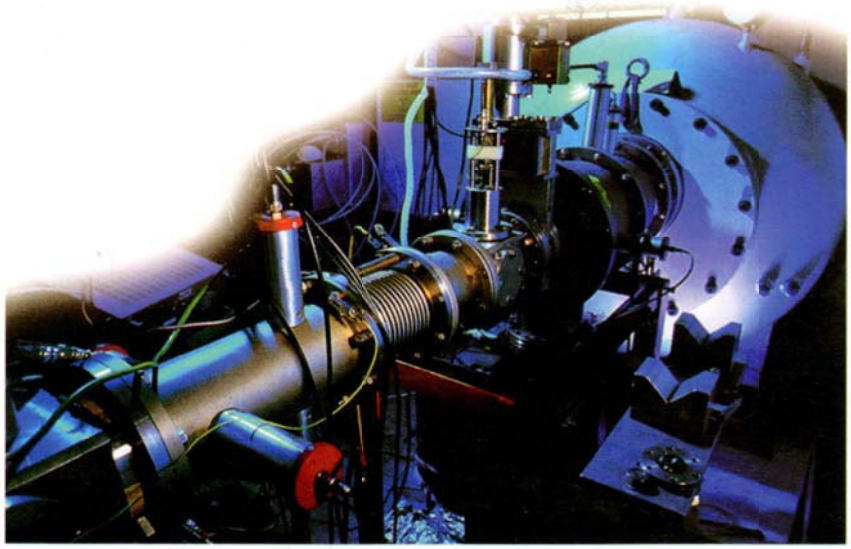
هذا الأُسْلُوبُ التِّقنيُّ يَبْعَثُ حُزمةً من الأشِعَّةِ السِّينيَّةِ عَبْرَ عَيِّنةٍ بلَّوريَّة من المادَّة مَوضعِ الدَّرس. الذرَّاتُ داخِلَ البلَّوراتِ مُرَتَّبةٌ في أنماطٍ مُنْتظِمة؛ وصُفوفُ الذرَّاتِ تعمَلُ كمَحْزوزِ حُيودٍ يُشَتِّتُ الأشِعَّةَ السِّينيَّة؛ والتَّداخُلُ بين الأشِعَّةِ المُختلِفة يُغَيِّرُ شِدَّتَها تبَعًا للزَّاويةِ التي تُغادِرُ بها الأشِعَّةُ البلَّورة. وتَقيسُ المِحَسَّاتُ المُقَشَّحَةُ حولَ البلَّورة شِدَّةَ الأشِعَّةِ السِّينيَّة. ويَسْتَخْدِمُ حاسُوبٌ هذه القِياساتُ لِيَعرِضَ صورةً لِلْبُنْيةِ البلَّوريَّة للعَيِّنة.

التأريخُ بالكربون

أساسُ بُنْيةِ جميعِ الكائناتِ الحَيَّة جُزَيْئاتٌ تَحوي ذرَّاتِ الكربون. ومَصْدَرُ هذه الذرَّاتِ هي النَّباتاتُ التي تَنْمُو بامتِصاصِ ثاني أُكسيد الكربون من الهواء. المعروفُ أنَّ مُعظمَ ذرَّاتِ الكربون هي من الكربون12؛ لكنْ هنالك نِسْبةٌ ضئيلةٌ من ذرَّاتِ الكربون غيرِ المُسْتقِرَّةِ تحوي نيُوتْرونين إضافيَّيْن - هي ذرَّاتُ الكربون14.

ورُغْمَ أنَّ الكربون14 يَضْمَحِلُّ مع الزَّمن، فإنَّ تَخْليقَه جارٍ باستِمْرارٍ بصَدم الأشِعَّة الكونيَّة لذرَّاتِ النِّتروجين في أعالي الجَوّ - بحيثُ تَبْقى كمِّيَّتُه الإجماليَّةُ ثابتةً في الهواء. وتَبْقَى نِسْبةُ الكربون14 إلى الكربون12 ثابتةً في أجسامِ المُتَعَضِّيات أثناءَ الحياة. وعند المَوت، يَضْمَحِلُّ ك14 في البَقايا أو الرُّفاتِ ولا يَجْري تَعْويضُه. وهكذا فإنَّ نِسْبَةَ ك14 إلى ك12 يُمكِنُ أن تُسْتَخْدمَ للكَشْف عن أعمارِ النباتات والحيواناتِ التي عاشَتْ منذُ آلافِ السِّنين.

التأريخُ بالكَرْبون المُشِعِّ يُمَكِّنُ من تحديدِ عُمْرِ هذه المُومياء المِصْريَّةِ القديمة.



التأريخُ بالكربون المُشِعِّ يُحَدِّدُ عُمْرَ عَيِّنةٍ ما بمُقارنةِ كمِّيَّةِ نظير الكربون14 لمُشِعِّ بكمِّيَّةِ الكربون12 العاديّ فيها. وبتناقُصِ نِسْبةِ الكربون14 إلى الكربون12 يَزْدادُ عُمْرُ العَيِّنةِ قِدَمًا. هذا المِطْيفُ الكُتْليُّ يُحْصي العددَ الضئيلَ المتواجِدَ من ذرَّات الكربون14.

انْظُر أيضًا

الجينات والكروموسومات ص 135
المَحاليل ص 158 – 159
التَّفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 – 163

حَالاتُ المادَّة

الجَامدُ والسَّائلُ والغازُ هي الحالاتُ العامَّة الطبيعيَّة الثلاث للمادَّة. وهي ذاتُ بِنًى بَيِّنَةُ الاختِلاف. الموادُّ النقيَّةُ تَنْصَهِرُ وتَغْلي على درجاتِ حرارةٍ ثابتة.

يُصَبُّ الحديدُ المُنْصهِرُ المُبْيَضُّ لِشِدَّةِ درجة الحرارة في قوالِبَ في عمليَّةِ السَّبْك او الصَّبّ. وعندَ هُبوطِ درجةِ الحرارة دونَ 1535°س، يتجَمَّدُ الحديدُ مُتَّخِذًا شكْلَ القالَب.

تتألَّفُ المادَّةُ من جُسَيْماتٍ قد تكونُ ذرَّاتٍ أو جُزَيئاتٍ أو أيوناتٍ مُنْفَصلة (أنظُر ص 166). ورُغْمَ أنَّ هذه الجُسَيْماتِ غالبًا ما تكون ذاتَ أشكالٍ مُعَقَّدة، فإنَّ الكيميائيِّين يَستَخْدمون كُرَاتٍ في تمثيلهمْ نماذِجَ من الجوامدِ أو السَّوائل أو الغازات.

لقُوى التي تَجْذِبُ الجُسَيْماتِ بعضَها إلى بعض، في أيِّ مادَّة، تُقاومُ طاقةَ الجُسَيْمات؛ هذا يَجْعَلُها تَتَحَرَّك. هذه الطاقةُ، المُسَمَّاةُ طاقةَ الحَرَكة، تَتزايَدُ بازْديادِ درجةِ الحرارة. وتكونُ المادَّةُ جامدًا أو سائلًا أو غازًا نتيجةً لِهذا التوازُنِ بين طاقةِ الحَرَكة وقُوى التجاذُب.

الجوامدُ والسَّوائل

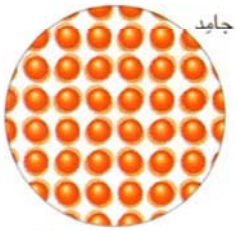
تكونُ الموادُّ جوامدَ عندما تكونُ قُوى التجاذُبِ بين جُسَيماتِها قويَّةً بما فيه الكِفاية لِتَمْنعَ الجُسَيْماتِ من التحَرُّكِ بِحُرِّيَّة. الجوامدُ ذاتُ أشكالٍ ثابتةٍ لأنَّ جُسَيْماتِها مُتَماسكةٌ بِقُوَّة، غالبًا في نُسُقٍ، مُنْتَظِمةٍ تُسَمَّى شَبيكات. والبِلَّوراتُ أمثِلَةٌ على شَبيكاتٍ فائقةِ الإنتِظام التَّسَقّي.

السَّوائلُ هي موائعُ – أي إنَّها تستطيعُ تغييرَ شَكْلِها. وفي مَجالٍ جاذبيٍّ، كما هي الحالُ على سَطحِ الأرض، فإنَّها تَتجَمَّع في قَعْرِ الوِعاء، وتَتَّخِذُ سَطْحًا عُلْوِيًّا مُسَطَّحًا. إنَّ قُوى التجاذُبِ بين الجُسَيْمات في السوائلِ أضعفُ من أنْ تَجْعلَها تتماسَكُ في تشكيلٍ جاسِئ. لكِنَّها تَسْتطيعُ الإنْزِلاقَ بِسُهولةٍ ويُسْرٍ بعضُها عَبْرَ بعض.

الغازات

تكونُ الموادُّ في الحالة الغازيَّةِ عندما تكونُ طاقةُ حَرَكةِ جُسَيْماتِها كبيرةً بما فيه الكِفاية لِتَتَغَلَّبَ تمامًا على القُوى التي تَجْتَذِبُها فيها. والغازاتُ، كما السوائلُ، موائعُ تُغَيِّرُ شَكْلَها لِتُلائمَ الأوعيةَ التي تتواجَدُ فيها. لكِنَّها، بِخِلافِ السَّوائل ذاتُ طاقةِ حَرَكةٍ كافيةٍ لِتَنْتَشِرَ وتَمْلأَ كامِلَ تلك الأَوعية.

جامِد

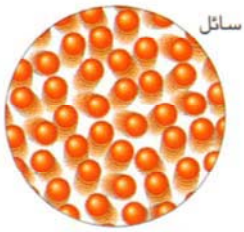


جُسَيْماتُ الجامدِ مُرتَصَّةٌ وقويَّةُ التماسُك. وهي تُشكِّل غالبًا نمَطًا مُنْتظِمًا يُسَمَّى نسَقًا شَبيكيًّا. جُسَيْماتُ الجامِد لا تتحَرَّكُ بِحُرِّيَّة – بلْ تتذَبْذبُ حولَ نِقاطٍ ثابتةٍ في النَّسقِ الشَّبيكيّ.

غاز

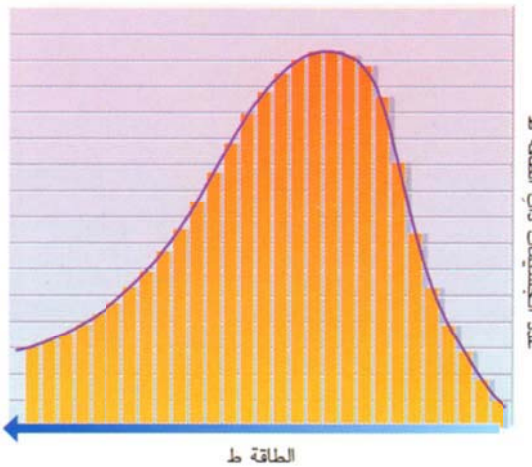
تَنْتشِرُ جُسَيْماتُ الغاز أكثرَ بكثيرٍ مِمّا في الجوامد. فهي تتَحَرَّكُ بِسُرعاتٍ كبيرةٍ – حوالى 300 كيلومتر في الساعة – وتتصادَمُ على الدوام بعضُها مع بعض ومع جُدْرانِ الوعاءِ الذي يَحْتويها.

سائل



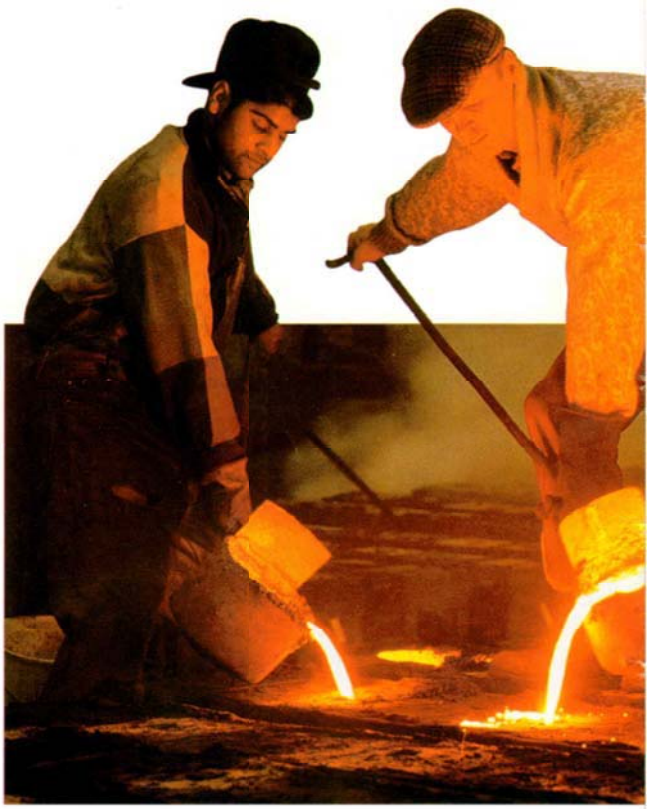
جُسَيْماتُ السَّائلِ تَسْتطيعُ الحركةَ في أيِّ اتِّجاهٍ بِحُرِّيَّة، والإنزلاقَ بعضُها عَبْرَ بعض كجُسَيْماتِ الغاز. لكِنَّها مُرتَصَّةٌ بتَقارُبٍ أكثرَ اشبَهَ بارتِصاص جُسَيْماتِ الجامد.

◄ هذا الرَّسْمُ البيانيُّ يُبَيِّنُ انتِشارَ طاقاتِ الجُسَيْمات في جامدٍ أو سائلٍ أو غاز. فبازديادِ الطاقَّةِ تَزْدادُ سُرعةُ تحرُّكِ الجُسَيْمات أو ذَبْذبتِها. مع مُلاحظةِ أنَّ الجُسَيْماتِ ذاتِ الطاقةِ العاليةِ جِدًّا أو الخَفيضةِ جِدًّا قليلةٌ.



نِقاطُ (دَرَجاتُ) الإنْصِهار

يُمكِنُ أنْ تَتغَيَّرَ المادَّةُ من الحالةِ الجامدة إلى السَّائلةِ ثُمَّ إلى الغازيَّةِ أو العَكْس، إذا ما تغَيَّرتْ طاقةُ الحَرَكة لِجُسَيْماتِها. طاقةُ الحَرَكة تَزْدادُ أو تَنْقُص بتَغيير دَرجةِ الحرارة؛ ونُقْطةُ الإنْصهارِ لأيِّ مادَّةٍ هي درجةُ الحرارة التي تكونُ عندها طاقةُ الحَرَكة لِجُسَيْماتِ المادَّةِ كافيةً تمامًا لِتَحْريرِ الجُسَيْمات من بِنْيَتِها الشَّبيكيَّةِ الجاسئة. إنَّ كمِّيَّةَ الطاقة اللَّازمة لِصَهْرِ الجامد تعتَمِدُ على شِدَّةِ قُوى التجاذُب فيه. فالقُوى في الحديد، الذي يَنْصَهِرُ على دَرجة 1535°س، هي أقوى بكثير منها في الأُكسجين، الذي يَتجَمَّدُ على – 219°س.



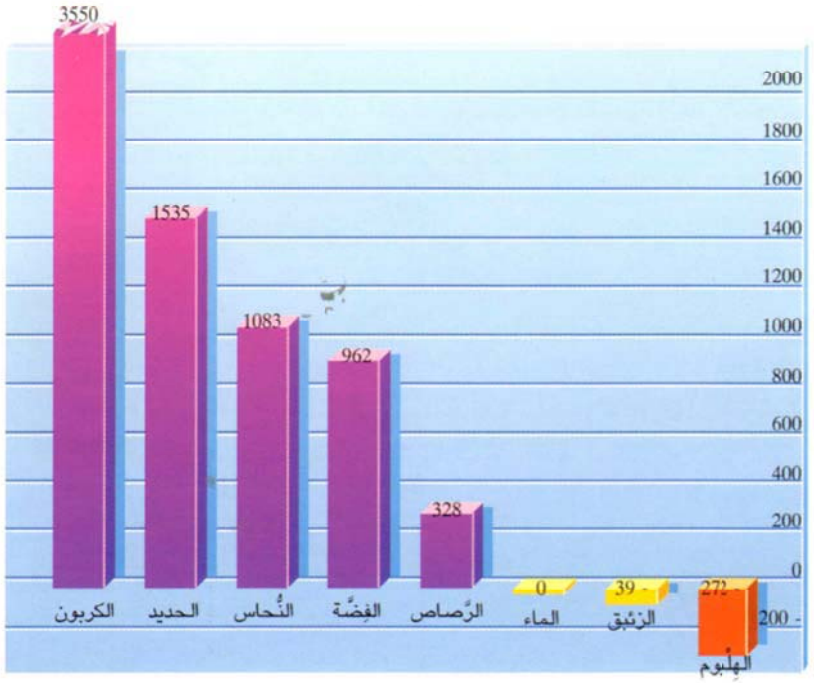
نِقاطُ (درَجاتُ) الغَلَيان

يكونُ السَّائلُ في حالةِ غَلَيانٍ عندما تَتولَّدُ بداخلِه فَقاقيعُ البُخار وتَتصاعَدُ نحوَ السَّطح ثُمَّ تَنْفَجِرُ غازًا. إنَّ نُقْطةَ غَلَيانِ المادَّة هي دَرجةُ الحرارة التي تكونُ عندها طاقةُ الحَرَكة لِجُسَيْماتِ المادَّة كبيرةً بما يكفي لتتخَلَّصَ من القُوى التي تَشُدُّها معًا. وكما هي الحال في نِقاطِ الإنْصِهار، فإنَّ لِكُلِّ مادَّةٍ نَقِيَّةٍ نُقْطةَ غَلَيانها الخاصَّة. مثلًا، يَغلي الماءُ على درجةِ 100°س لِيُكوِّنَ بُخار ماء؛ ونُقْطةُ غَلَيان الهِدْروجين السَّائل هي – 260°س؛ ويَغلي الإيثانول على درجة 79°س.

ليسَتْ كُلُّ الموادِّ تَنْصَهِرُ قَبْلَ غَلَيانِها. فبعضُ الجوامد يتحَوَّلُ مُباشرةً إلى الحالةِ الغازيَّة دُونَ المُرورِ عَبْرَ حالةِ السُّيولة. وهذا يُسَمَّى التَّصْعيدَ أو التَّسامي. فثاني أُكسيد الكربون الجامد (الجليدُ الجافّ) هو مادَّةٌ تَتسامَى – أي تَتحوَّل مباشرةً إلى غاز ثاني أكسيد الكربون على درجة – 78,5°س.

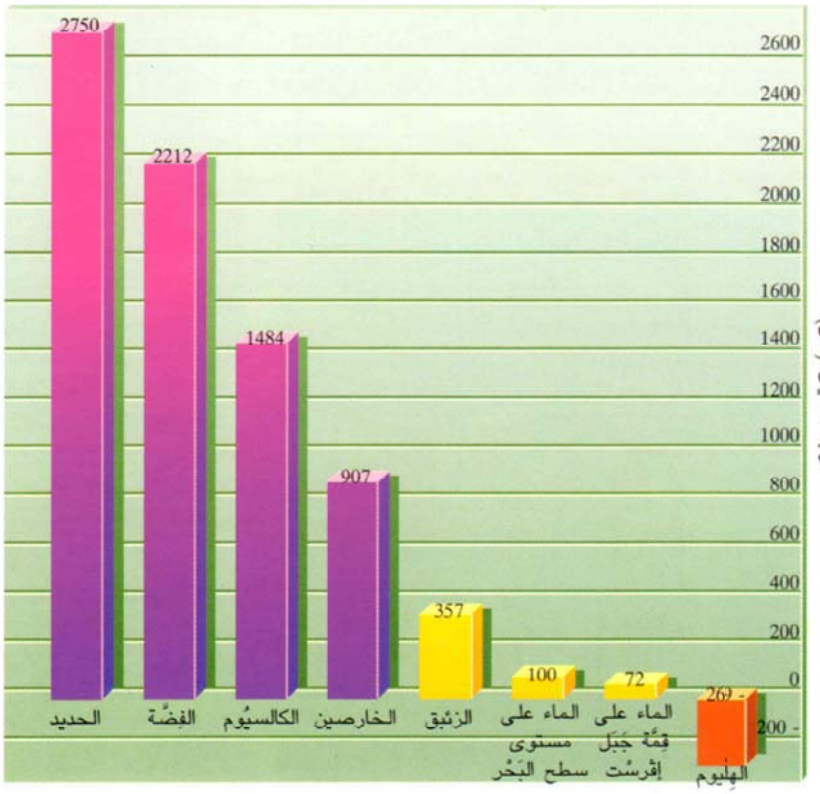
الشَّوائبُ والضَّغْط

الشَّوائبُ (الكمِّيَّاتُ الضئيلةُ في مادَّةٍ من مَوادَّ أُخرى) والضَّغْطُ كلاهما يُؤثِّران في دَرَجاتِ الغَلَيان والإنْصِهار. فالضغطُ العالي يَكْبِسُ الجُسَيْمات معًا، بحيثُ يَلْزَمُها طاقةُ حَرَكةٍ أكثَرُ كي تَنْصهرَ أو تَغْلي. وهذا يَعْني أنَّ نُقْطتَي الغَلَيان والإنصِهار تزدادان على الضَّغْطِ العالي. كذلك فإنَّ الشَّوائبَ تُغَيِّرُ نُقْطتَي الغَلَيان والإنْصِهار بسبَبِ تدَخُّلِها في القُوى بين الجُسَيْمات. لذا يَنْصهِرُ الجليدُ عندما يُرَشُّ عليه المِلْح، وكذلك يَزيدُ المِلْحُ أيضًا نُقطةَ غَلَيان الماء.



▲ تعتَمِدُ نُقْطةُ انْصهار المادَّة على التجاذُبِ بين جُسَيْماتِها. هذه القُوَّةُ ضعيفةٌ جِدًّا في حالِ الهِلْيُوم الذي لا يتجَمَّدُ إلَّا على ضَغْطٍ يَزيدُ 25 مرَّةً على الضَّغْط الجَوِّيّ.

▼ تعتَمِدُ نِقاطُ الغَلَيان أيضًا على الضَّغْط وعلى قُوَّةِ التجاذُبِ بين الجُسَيْمات. فنُقْطةُ غَلَيان الماء على قِمَّةِ جبَل إفرسْت أخفضُ بِـ 28°س منها على مُسْتَوى سَطْحِ البَحْر.



اُنْظُر أيضًا

الرَّابطُ والتكافؤ ص 166 – 167
خَصائصُ الجوامد ص 194 – 195
تَشْكيلُ الموادّ ص 204 – 205
الطاقةُ الكامِنَةُ وطاقةُ الحَرَكة ص 292 – 293

المَحاليل

تتألَّفُ المَحاليلُ من مادَّةٍ واحدةٍ أو أكثرَ مُذابةٍ في مادَّةٍ أُخرى. وأكثرُ المَحاليلِ شُيوعًا هي الجَوامدُ أو الغازاتُ المُذابةُ في سَوائل.

إذا قَلَّبْتَ قليلًا من مِلحِ الطعام في كُوبِ ماءٍ فإنَّ بلَّوراتِ المِلْحِ الجامدةَ تبدأُ بالذَّوبان في الماء لِتُكوِّنَ مَحْلولًا. في هذا المَحْلول، المُذابُ (أي المادَّةُ المُذَابة) هو الملح، والمُذيبُ (أي المادَّة المذيبة) هو الماء. المُذيباتُ المُختلِفةُ تُذيبُ مُذاباتٍ مُختلِفةً. مثلًا، الملحُ يَذوبُ في الماء لكِنَّه لا يَذوبُ في الكُحولِ النقيِّ ولا في البِنْزين. لكِنَّ السُّكَّرَ يَذوبُ في المُذيباتِ الثلاثة – الماءِ والكحُولِ النقيِّ والبِنْزين.

الذَّوبان

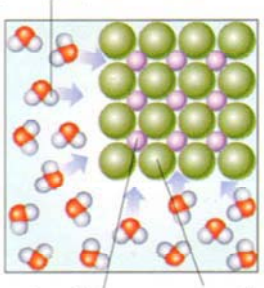
تتألَّفُ الجوامدُ من جُسَيْماتٍ مُرتَصَّةٍ بشِدَّةٍ في نَسقٍ ثابت بفِعل قُوى التجاذُبِ القويَّةِ بينها. وجُسَيْماتُ اسائلِ دائمةُ الحَرَكة. فعندما يُلامسُ الجامدُ السَّائلَ، تَصُكُّ جُسَيْماتُه سطحَ الجامد. ونَتيجةً لهذه الصَّدَمات تُزاحُ بعضُ جُسَيْمات الجامِد من مواقعها. ويتكَوَّنُ مَحْلولٌ إذا كان انجذابُ هذه الجُسَيْمات إلى جُسَيْماتِ السائل أقوى من انجذابِ بَعْضِها إلى بَعض. ومع اطِّرادِ ذَوبان الجامِد تُحيطُ جُسَيْماتُ المُذيب بجُسَيْماتِ المُذاب؛ والناتِجُ هو المَحْلول.

الذَّوبانيَّةُ والتبَلْوُر

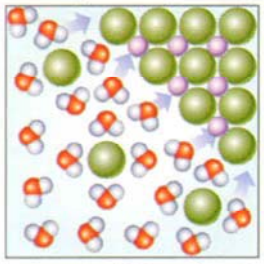
كُتْلةُ المُذاب التي يُمكِنُ أنْ تُذابَ في لِتْرٍ واحدٍ من المُذيب (على دَرَجَةِ حرارةٍ مُعَيَّنة) تُسَمَّى الذوبانيَّة (أو الذَّائبيَّة). والمَحْلولُ الذي يَحْوي الكمِّيَّةَ القُصْوى المُمْكنة من المُذاب يُسَمَّى مَحْلولًا مُشْبَعًا. والمَعروفُ أنَّ ذَوبانيَّةَ مُعظمِ الجوامِد تَزْدادُ بارتفاعِ درجاتِ الحرارة.

إذا تُرِكَ مَحْلولٌ في وِعاءٍ مفتوح أو مَكشوف، يَتَناقَصُ حَجْمُ السائلِ بتَبَخُّرِ المُذيب؛ عِلْمًا أنَّ المُذابَ لا يَتبَخَّر. وبعدَ مُضيِّ فَتْرةٍ من الزَّمَن، تقِلُّ كمِّيَّةُ المُذيبِ المَوجودةُ، ولا تَعودُ كافيةً لإذابةِ كُلِّ المُذاب. فيَتَشَبَّعُ المحلولُ (أي يُصبِحُ مُشبَعًا) ثُمَّ، مع استِمرارِ تبَخُّرِ المُذيب، تَبْدأُ بلَّوراتُ المُذابِ الجامِدةُ بالتشَكُّل.

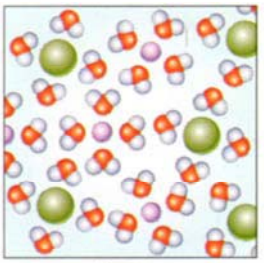
جُزَيْئاتُ الماء (هـ٢أ، H_2O)



أيون الكلوريد (كل$^-$، Cl^-) أيون صُوديوم (ص$^+$، Na^+)



جُزَيْئاتُ الماء تَشُدُّ الأيونات بَعيدًا عن بلَّورةِ المِلْح.



جُزَيْئاتُ الماءِ تُحيطُ بالأيُوناتِ في المَحْلول.

▲ تتألَّفُ حُبَيْباتُ المِلْح من أيُونات الصوديوم (ص$^+$، Na^+) وأيُوناتِ الكلوريد (كل$^-$، Cl^-) مُتَرابِطةً معًا في تكوينٍ يُسَمَّى شَبيكةً بلَّوريَّة. الماءُ يُذيبُ المِلْحَ بشَدِّ الأيُوناتِ بعيدًا عن شَبيكَتها وإحاطتِها بجُزَيْئاتِه هو.

◄ يَحوي اللِّتْرُ الواحدُ من ماءِ البَحْر حوالى 32 غرامًا من المِلْح. ويُستَحْصَلُ على مِلْحِ الطعام بحَصْرِ ماءِ البَحْر في بِرَكٍ ضَحْلةٍ تُسَمَّى ملَّاحاتٍ يتبَخَّرُ منها الماءُ بحرارةِ الشَّمْس – فيَتبَلْوَرُ المِلْحُ ويُجْمَعُ اكوامًا ليجِفَّ.

الغَازات

الغازاتُ أيضًا تَذوبُ في السَّوائل لِتكوِّنَ مَحاليلَ – مع مُلاحظةِ أنَّ ذَوبانيَّةَ الغازاتِ تَتَناقَصُ بازديادِ دَرجةِ الحرارة. لذا تتكوَّنُ فقاقيعُ صغيرةٌ من الهواءِ في الماء المُسَخَّنِ قبْلَ غَلَيانِه بوَقتٍ طويل. لكِنَّ الزيادةَ في ضَغْطِ الغاز تَجْعَلُ المَزيدَ مِنْه يَذوبُ في السائل. وهكذا فإنَّ ذَوبانيَّةَ الغاز تُقاسُ على درجةِ صفرٍ °س وضَغْطٍ جَوِّيّ عياريّ واحد. مثلًا، ذَوبانيَّةُ الأُكسجين هي 49 سم3 في لِتْرٍ من الماء تحتَ هذه الظُّروف.

كذلك فإنَّ السوائلَ أيضًا تَذوبُ في الغازات. مثلًا، يَتبَخَّرُ الماءُ من البَحْر ويَمْتَزِجُ بُخارُ الماءِ بالهواءِ ويَذوب. وعندما يرتفعُ الهواءُ الرَّطْبُ الدافِئُ ويَبْرُدُ، لا يَعودُ قادِرًا على إذابةِ كُلِّ بُخار الماء الذي يَحْتويه. فتظهَرُ القَطَراتُ الدَّقيقةُ من الماءِ على شَكْلِ سُحُبٍ وضَبابٍ ومَطَر.

◄ تُصَنَّعُ الأشربةُ الأزازةُ بإذابةِ غازِ ثاني أكسيد الكربون فيها على ضَغْطٍ عالٍ. وعنْدَ رَفْعِ سدادِ القارورة يَهْبِطُ الضغطُ داخلها، ولا يَعودُ السائلُ قادرًا على إذابةِ كُلِّ ما به من الغاز.

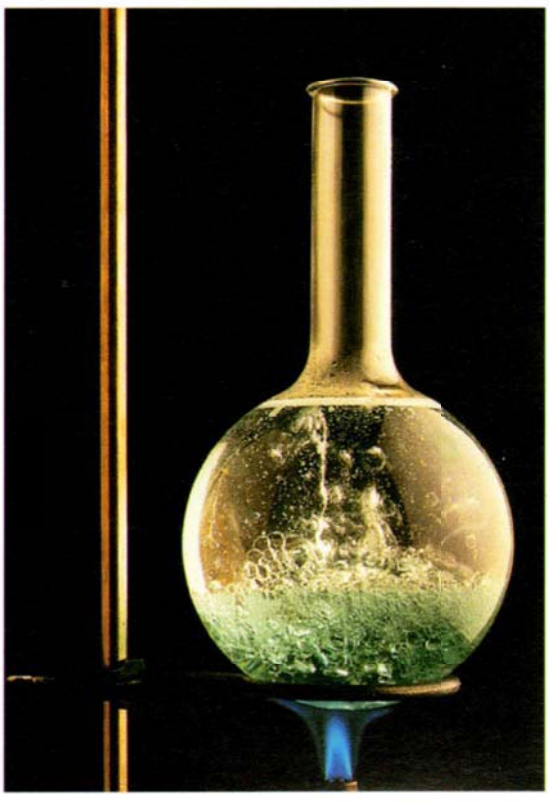
◄ يكونُ المَحلولُ شفَّافًا دائمًا – حتَّى إذا كان مُلَوَّنًا. هذا المَحلولُ الأزْرق اللَّون هو كلوريدُ الكوبَلْت مُذابٌ في الماء. يُمكِنُ جَعْلُ الجامدِ يَذوبُ بِسُرعةٍ (وبكمِّيَّةٍ) أكثرَ في المُذيب بالإحماءِ والتَّحْريك.

تَتكَوَّنُ بِلَّوراتُ الصقيع عندما يَبْرُدُ الهواءُ الرَّطْبُ إلى ما دُون درجة الصِّفر °س. تتكَوَّنُ الرُّطوبةُ المُذابةُ في الهواء قَطَراتٍ من الماء تَسْتَقِرُّ على السُّطوح الباردة وتَتجمَّد. هذه الأنماطُ البَديعةُ التفاصيل هي بِلَّورات جَليديَّة.

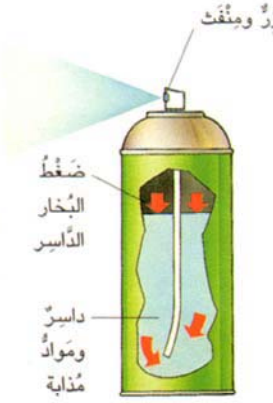
الجوامد

تُحَضَّرُ المَحاليلُ الجامدةُ بتَجميد أو تجَمُّد مَحلولٍ سائل. وتُشَكِّلُ السَّبائكُ (الأُشابات) طائفةً مُهِمَّةً من المَحاليلِ الجامدة المُؤلَّفةِ من فلِزٍّ، أو لافلِزٍّ، واحدٍ أو أكثر في فلِزٍّ آخَرَ يُكوِّنُ الجُزْءَ الرئيسيَّ من المَحْلول. والسَّبائكُ عادةً ذاتُ خَصائصَ مُختلِفةٍ جِدًّا عن خصائصِ الفلِزِّ الأصليّ. فالألومنيُوم النقِيُّ، مثلًا، فلِزٌّ لَيِّن. لكِنَّ إذابةَ كمِّيَّاتٍ ضئيلةٍ من النُّحاسِ وعناصِرَ أُخرى فيه تُنْتِجُ سَبيكةً خَفيفةً مَتينةً تُسَمَّى ديُورالُومين. هذه السَّبيكةُ الألومنيوميَّةُ تتميَّزُ بخِفَّتها؛ لكِنَّها مَتينةٌ جِدًّا – فتُسْتَخْدمُ في صناعةِ هياكلِ الطائرات وأَجْنحتِها.

وكما هي الحالُ في أنواعِ المَحاليلِ الأُخرى فإنَّ هناك حَدًّا مُعيَّنًا لكمِّيَّةِ المُذاب التي يُمكِنُ أنْ تَذوبَ في مَحْلولٍ جامِد. فمثلًا، الحديدُ النقِيُّ فلِزٌّ لَيِّنٌ طَروق؛ وبإذابةِ كمِّيَّاتٍ قليلةٍ من الكربون في الحديد المُنْصهِر نَحْصُلُ على الفُولاذ – الذي هو أصلَدُ بكثيرٍ من الحديد. ذرَّاتُ الكربون تَنْتَشِرُ بالتَّساوي في سائرِ أجزاءِ المَحْلول الجامد. ولا تَتجاوَزُ ذَوبانيَّةُ الكربون في الحديد المُنْصَهِر 0,4 بالمئة. فإضافةُ المَزيدِ من الكربون تُنْتِجُ كُتَلًا دقيقةً من كَرْبيدِ الحديد، غَير الذوَّابِ، في السَّبيكة تجعَلُ الفولاذَ الناتِجَ قَصِفًا.



البرونزُ سَبيكةٌ (أو مَحْلولٌ جامِدٌ) من القَصْدير والنُّحاس يَحْوي 30 بالمئة من القَصدير. والبرونزُ من السَّبائك المَعروفةِ منذُ أكثرَ من 6000 سنة، وقد استُخْدِمَ منذُ القِدَم في صِناعةِ الدُّروعِ والأدواتِ والأسلحةِ والخُوَذ والحُلَى.



▲ تَحوي المِرَذّاتُ (عُلَبُ الرَّذّ) مَحاليلَ مَضْغوطةً من موادَّ خاصَّةٍ كمُزيلاتِ الرَّوائح والمُبيداتِ الحَشَريَّة والدِّهانات. عندَ إعتاقِ الضَّغْطِ بِكَبْسِ الزِّرِّ يتفَوَّرُ المُذيبُ في العُلْبة ويَدْفَعُ المَحْلولَ عَبْرَ المِنْفَث. وهكذا يُبْعَثُ رَشاشٌ (رَذاذٌ) دقيقٌ من مُحْتَوياتِ العُلْبةِ كُلَّما كُبِسَ الزِّرُّ.

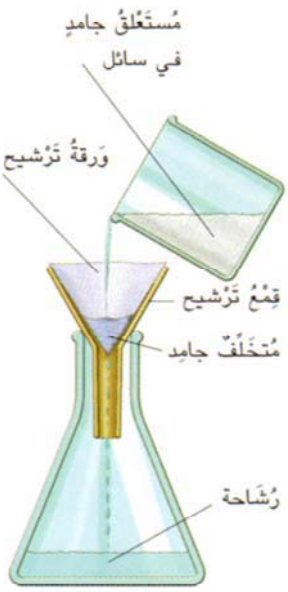
اُنْظُر أيضًا

السُّحُبُ والضَّباب ص 40
حالاتُ المادَّة ص 156
الحوامض (الحُموض) ص 184
القواعِدُ والقِلْويّات ص 185
الحديد ص 198
السَّبائك (الأُشابات) ص 202 – 203

الفَصْلُ والتَّنْقِيَة

كثيرٌ من الموادِّ هي مَزيجاتٌ من موادَّ أبْسَط. ويُمكِنُ استِخْدامُ عِدَّةِ أساليبَ وتِقاناتٍ لِفَصْل المَزيجات إلى مُقَوِّماتِها.

الكثيرُ من المَحاليل يتألَّفُ من جامدٍ ذَوَّابٍ مُذابٍ في مُذيبٍ سائلٍ – مثالُ ذلك محلولٌ من السُّكَّر في الماء. يُمكِنُ فَصْلُ السُّكَّر بتَرْكِ المَحلولِ مَكشوفًا في مكانٍ دافِئٍ حتَّى يتبَخَّرَ الماءُ بأجمَعه، ويكونُ الناتِج بِلَّوراتٍ من السُّكَّر النقيّ. كما يُمكِنُ تجميعُ الماءِ المُتبَخِّر بتكْثيفِه على سَطْحٍ بارد. مَزيجاتُ الجوامدِ اللَّاذوَّابة مع السَّوائل يُمكِنُ فَصْلُها بالتَّرْشيحِ أو بالطَّرْدِ المَرْكزيّ (الانبِياذ). ويُمكِنُ فَصْل مَزيجات السوائل بالتَّقْطير.



التَّرشيحُ يَختَجِزُ الجوامدَ اللَّاذوَّابةَ بواسِطة وَرقةِ التَّرْشيح؛ ويَسْري المَحْلولُ الصافي إلى القارورة تحت القِمْع.

عمليَّةُ التَّرْشيح

مَسحوقُ الطباشير إذا مُزِجَ مع الماءِ لا يذوب. بَل يُكوِّن مُستَعْلَقًا مُرْبَدًّا. فالمُستَعلقاتُ تتألَّفُ من جُسَيْماتٍ دقيقةٍ من جامدٍ مُنْتَشِرةٍ في سائل. وعمليَّةُ الترشيح هي الوسيلةُ الأبسَطُ لِفَصْلِ المُستَعلَق. يحوي أعلى القِمْعُ ورقةَ ترشيحٍ على هيئةِ مَخْروطٍ مُجَوَّف. وتتألَّفُ ورقةُ الترشيح من شَبيكةٍ مُنخُلِيَّةٍ مُعَقَّدةٍ من الألْيافِ الدقيقة تعمَلُ كالمِصْفاة. فعند صَبِّ المُستَعلَقِ في القِمْع، يَعْبُر السائلُ ورقةَ الترشيح ولا تَعْبُرها جُسَيْماتُ الجامد. السائلُ المُرشَّحُ يُسَمَّى الرُّشاحةَ، والجامِدُ المُحْتَجَزُ في مَخْروطِ ورقةِ الترشيح هو المُتخَلِّفُ من العمليَّة.

الطَّرْدُ المَرْكزيّ

لا يُمكِنُ فَصْلُ جميع المُستَعلَقات بالتَّرشيح. ففي بعضِ الحالات، تكونُ الجُسَيْماتُ المُستَعلَقةُ من الدِّقَّةِ بحيثُ قد تَمُرُّ عَبْرَ المُرَشِّح أو تَسُدُّ مَسامَه فتمنَعُ السائلَ من الاستِصْفاءِ والتصريف عَبْرَه.

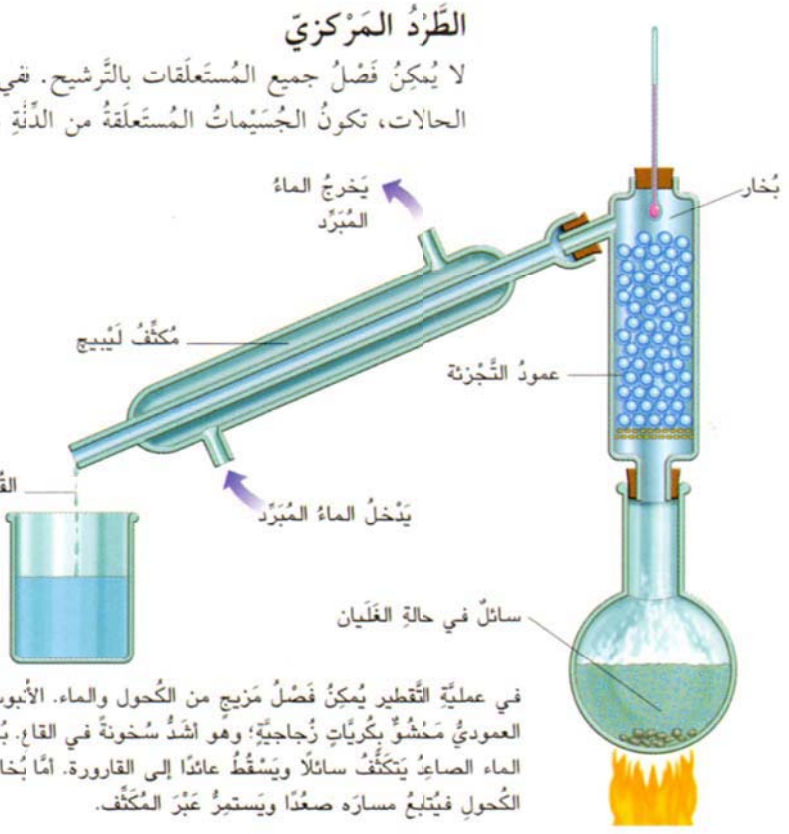
أسهَلُ طريقةٍ لِفَصْلِ المُستَعْلَقِ هي تَرْكُه لِيَرْكُدَ. وبعدَ فَترةٍ تَستَقِرُّ جُسَيْماتُ الجامد في قَعْرِ الوِعاء، فيُصار إلى صَفْقِ السائل بِسَكْبِ الرائقِ منه قليلًا قليلًا. لكنَّ الأمورَ ليست دائمًا بهذه السهولة، فالكثيرُ من المُستَعْلَقات التي هي من الدِّقةِ بحيثُ تَسْتَعْصي على الترشيح تَسْتَعْصي أيضًا على الترسُّب. والسَّببُ هو أنَّ الجُسَيْماتِ الجامدةَ المُعلَّقةَ الدقيقةَ جِدًّا تتعرَّض باستِمرار لِصَدْم جُزَيْئاتِ السائل في حركَتِها الغَشَائِيَّةِ السَّريعة (الحركة البراونيَّة) فتَمْنعُها من الاستِقرار والترسُّب.

الفَرَّازاتُ الطارِدة تُستَخْدمُ في فَصْل مثل هذه المُستَعْلَقات التي يتعَذَّرُ فَصْلُها بوسائلَ أُخرى. فيُوضَعُ المُستَعْلَقُ في أنابيبَ تُشَدُّ إلى مقابِضَ حولَ حافَّةِ الدَّوَّارِ داخلَ فَرَّازة الطَّرد. ويقومُ محورُ الإدارة العموديُّ في مَرْكز الدوَّار، المدفوعُ بمُحَرِّكٍ كهربائيّ، بتدويم الدوَّار بسُرعةٍ فائقة. فتُرَجَّحُ المَقابِضُ بقُوَّة الطرد المَرْكزيّ بعيدًا عن مَرْكز الدوَّار ومعَها الأنابيبُ بأطرافِها المَفْتوحةِ مُتَّجهةً نحو عمود الإدارة المَرْكزيّ.

أصغَرُ فرَّازات الطَّرد (النابذة) تُدَوِّمُ الأنابيبَ بسُرعةٍ تبلُغُ حوالى 2000 دَورةٍ في الدَّقيقة – مُولِّدةً قوَّةَ طَردٍ مركزيٍّ على الجُسَيْمات الجامدة تفوق قوَّةَ الجاذبيَّة (أي وَزْنها) بـ 250 مرَّة. وهكذا فإنَّ المُستعلَقَ من مَسحوق الطباشير في الماءِ لَن يستغرقَ أكثرَ من 30 ثانيةً لِيَسْتَقِرَّ في قاع الأنابيب. أمَّا المُستَعْلَقاتُ الجامدةُ الأدَقُّ فتستغرِقُ وقتًا أطولَ.

الفَرَّازاتُ الطارِدةُ (النابذة) تَستطيعُ أيضًا فَصْلَ المُسْتَحْلَبات – وهي المُستَعْلَقاتُ من سائلٍ في سائلٍ آخر. والمثال المَعروف هو فَصْلُ اللَّبَن (الحَليب) إلى قِشْدة (زُبْد) ولَبنٍ مَخيض (حَليبٍ مَقْشُود).

هذه المِقْطَرةُ تُنْتِجُ الكحولَ بتَسْخينِ عصير العِنب المُخَمَّر وتجميع أبْخِرَته. تَحوي القُطارةُ حوالى 60 بالمئة كحُولًا بالمُقارنةِ مع حوالى 10 بالمئة من الكحُول في العَصير.



في عمليَّةِ التَّقْطير يُمكِنُ فَصْلُ مَزيجٍ من الكُحول والماء. الأنبوبُ العموديُّ مَحْشُوٌّ بكُريَّاتٍ زُجاجيَّةٍ؛ وهو اشَدُّ سُخونةً في القاع. بُخارُ الماء الصاعِدُ يَتكَثَّفُ سائلًا ويَسْقُطُ عائدًا إلى القارورة. أمَّا بُخارُ الكُحولِ فيُتابِعُ مسارَه صعُدًا ويَستمِرُّ عَبْرَ المُكَثِّف.

فَصْلُ المَزيجات بالفَرّازاتِ الطّارِدة

عندما يُمزَجُ التُّرابُ في الماء، يَنْتُجُ مُسْتَعلَق. وإذا تُرِكَ هذا المُستَعلَقُ ساكِنًا لِفترةٍ كافيةٍ، فإنَّ الجُسَيْماتِ الجامِدةَ تَستَقِرُّ في قاعِ الوِعاء مُكوِّنةً طَبَقاتٍ حسَبَ كثافتِها. فحُبَيْباتُ الرَّمْلِ الكثيفةُ تَسْتَقِرُّ في القَعْرِ وفوقَها جُسَيْماتُ الطِّين الأخفُّ. الفرّازاتُ بالطَّرد المَرْكزيّ تُسرِّعُ عمليَّاتِ الترَسُّب بتدويم العَيِّنةِ وتوليدِ شَدٍّ سُفْليٍّ عليها يفوقُ شَدَّ الجاذبيّةِ بعِدَّةِ مئاتِ المرّات. ويُمكِنُ بمِثْلِ هذا الشدِّ فَصْلُ مَزيجاتٍ، كالدَّم، لا تَنْفصِلُ بتأثيرِ الجاذبيّةِ وَحْدها.

► تحمِلُ هذه الفَرّازةُ الطاردة (وتُسَمَّى النابذة أيضًا) أربعةَ أنابيبِ اختبار. يَنْبغي أنْ تكونَ كُتَلُ الأنابيبِ على الجانبَيْنِ المُتَقابلَيْنِ من الدوّار مُتعادِلة تمامًا كي يُدَوِّمَ الدوّارُ بِسَلاسةٍ وانتِظام دونَ ذبذبةٍ وارْتجاج.

▲ يَحوي الدَّمُ كُريّاتٍ دَم حَمراءَ وبيضاءَ في مَحلولٍ يُسَمَّى البِلازْما. وتُستَخْدمُ فَرّازةٌ نابِذَةٌ لفَصْلِ هذه الكُريّاتِ لأنَّها كُلَّها أصغَرُ من أنْ تترسَّبَ طبيعيًّا. بعدَ عمليَّةِ الطَّردِ المَرْكزيّ، تُسْفَطُ كُلُّ طَبَقةٍ بِعنايةٍ بواسِطةِ الماصَّةِ المُدَرَّجة – التي هي أنبوبٌ مُستَدقٌّ مُزَوَّدٌ بِبُصَيْلةٍ مَطّاطيَّةٍ في طَرَفِه العُلْويّ.

التَّقْطيرُ البَسيط

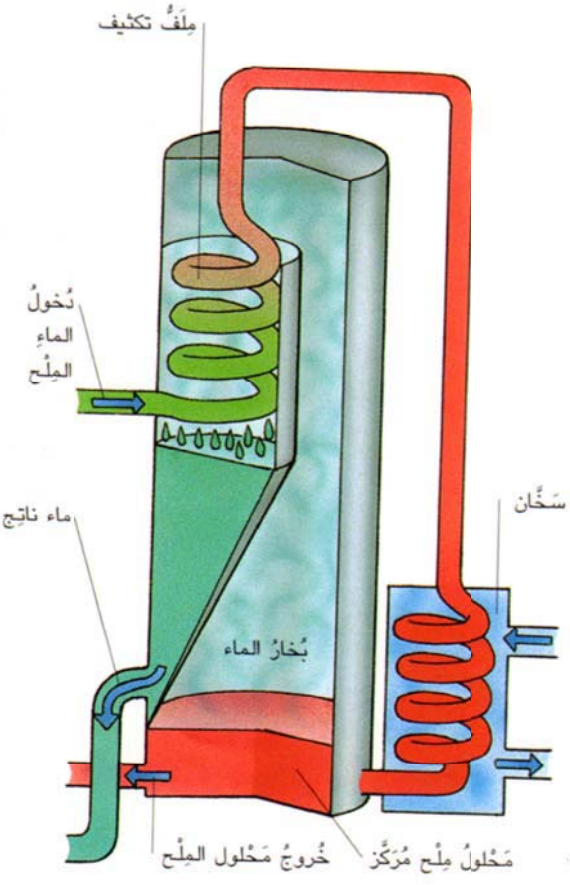
تُستَخْدمُ عمليَّةُ التَّقْطير لفَصْلِ السوائل من المَحاليلِ بالغَلَيان. فالبُخارُ المُتصاعِدُ من غليانِ مَحْلول المِلْح في الماء هو بُخارُ ماءٍ نَقيّ. في جهاز التقطير يَمُرُّ هذا البُخارُ عَبْرَ أُنبوبٍ يُبَرَّد بالماء – يُسَمَّى المكثِّف. وبتَبْريد هذا البُخار في المكثِّفِ إلى ما دون 100°س، يتحَوَّلُ إلى ماءٍ نَقيٍّ يَسْهُل جَمْعُه. وبعدَ تبَخُّرِ كُلِّ ماءِ المَحْلولِ يَبْقى المِلْحُ في قاعِ القارورة التي كانت تَحْتوي المَحْلول.

هذه العمليَّة في عمودِ تَجزئةٍ ذي طُولٍ كافٍ لن تَحوي الأبْخِرَةُ التي تَخرجُ من أعلى العَمود إلّا المادَّةَ النقيَّةَ الخفيضةَ دَرجة الغَلَيان.

التَّقْطيرُ التَّجْزيئيّ

يُستَخْدمُ التقطيرُ البَسيطُ لِفَصْلِ المُذيبات السائلةِ من المَحاليلِ أو لِفَصْلِ مَزيجاتِ السوائل ذاتِ دَرَجاتِ الغَلَيانِ المُتفاوتةِ جدًّا. لكِنَّ هذا النوعَ من التَّقطير لا يَفصِلُ بالتَّمام مَزيجاتِ السوائل ذاتِ دَرجاتِ الغليانِ المُتقاربة.

التَّقْطيرُ التَّجْزيئيُّ يَفْصِلُ مَزيجاتِ السوائل ذاتِ درجاتِ الغَلَيان المُتقاربة بتكرارِ عمليَّة التقطير عِدَّةَ مرّات داخِلَ جهازٍ واحد. ويُسَمَّى جُزءُ الجهاز الذي تَجري فيه عمليَّةُ الفَصْل عمودَ التَّجزئة – وهو أُنبوبٌ عموديٌّ مَحْشُوٌّ بكُريّاتٍ زُجاجيَّة. تَتصاعَدُ أَبْخِرَةُ الغَلَيان في هذا العمود، حيثُ تتكَثَّفُ جُزْئيًّا. ويَحوي المَزيجُ المُتكَثِّفُ داخلَ العمود بِدايةً نِسْبةً أكبرَ من السائل ذي دَرجةِ الغَلَيان الأعلى – الذي سُرعان ما يسقُط عائدًا إلى المَزيج المُغْلَى. أمّا الأبْخِرَةُ التي لا تتكَثَّف فتَتصاعَدُ في الجزءِ الأبْرَدِ من العمود وتتكَثَّفُ جُزْئيًّا. هذه الأبخِرَةُ تَحوي نِسْبةً أكبرَ من المادَّةِ التي تَغْلي على درجةِ حرارةٍ أَخْفَض. والجُزءُ الذي يَبْقَى بُخارًا، يحوي كذلك نِسْبةً أكبرَ من المادَّة الخَفيضةِ درجة الغَليان. وبتَكَرُّرِ



وَحْدَةُ إزالةِ المُلوحةِ هذه تُنْتِجُ مياهًا عَذْبةً صالِحَةً للشُّرْب من ماءِ البَحْر. يَمُرُّ ماءُ البَحْر أوّلًا عَبْرَ مِلَفِّ تكثيف؛ فيَسْخُنُ الماءُ بفَضْلِ تكثُّفِ بُخارِ الماء النقيّ على الجُزءِ الخارجيّ من المِلَفّ. ثُمَّ يُسَخَّنُ ماءُ البَحْر الدافئُ حتَّى درجةِ الغَلَيان ويُضَخُّ إلى حُجْرةٍ ليَغلي. فيتصاعَدُ بُخارُ الماء ويتكثَّفُ ماءً سائلًا على سَطْحِ المِلَفّ، مُسَخِّنًا مَزيدًا من مياهِ البَحْر الوارِدة.

أُنْظُر أيضًا

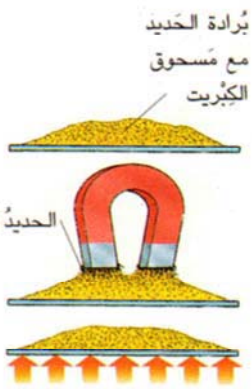
التَّقانيّاتُ الطِّبّيّة ص 142 – 143
البِتْروكيماويّات ص 190 – 191
النَّفْطُ والتكرير ص 210 – 211
المَوارِدُ الطبيعيّة ص 456 – 457

التفاعُلاتُ الكيماويَّة

التَّفاعُلاتُ الكيماويَّةُ تُحَوِّلُ مَجْموعةً من الموادِّ إلى مَجْموعةٍ أُخرى. وتعتَمِدُ سُرعةُ التفاعُل على طبيعةِ الموادِّ ذاتِها وعلى درَجةِ الحرارة.

التفاعُلاتُ الكيماويَّةُ تُبَدِّلُ التركيبَ الكيماويَّ لِلْمَوادّ. فهي قد تُكَسِّرُ موادَّ مُعقَّدةً إلى أجزاءٍ أصغَرَ، أو تَضُمُّ موادَّ بسيطةً معًا لتكوِّنَ موادَّ أكثرَ تَعْقيدًا. الموادُّ المَوجودةُ في بِداية التفاعُل تُسَمَّى المُتَفاعِلات. والموادُّ الناتِجةُ في نِهايةِ التفاعُل تُسَمَّى المُنْتَجات. التفاعُلاتُ الكيماويَّةُ تُغَيِّرُ نَمَطَ ترابُطِ ذرَّاتِ العناصِرِ المُختلِفة معًا في المُتفاعلات.

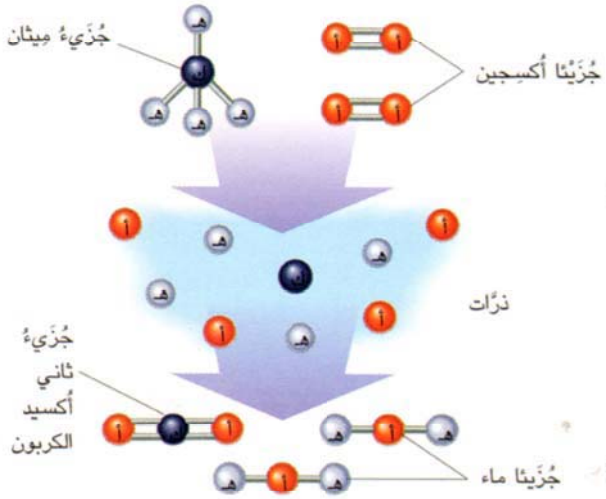
بعضُ التفاعُلاتِ الكيماويَّة، كالصَّدأ، تَحْدُثُ بِبُطْءٍ شَديد؛ فيما تَفاعُلاتٌ أُخرى، كالإنفِجارات، تَحْدُثُ بِسُرعةٍ فائقة.



المِغْنَطيسُ يَفْصِلُ الحديدَ من خليطِ بُرادة الحديد ومَسْحوقِ الكِبْريت لأنَّ الحديدَ في المَخْلوط يَحْتفظُ بخصائصه المِغْنَطيسيَّة. لكنَّ إحماءَ الخليطِ يُولِّدُ مادَّةً جديدةً – هي مُرَكَّبُ كبريتيد الحديد اللّامِغْنَطيسيّ.

تفاعُلُ ترابُط

الحديدُ والكِبْريتُ عُنْصُران لهما خصائصهما الطبيعيَّة والكيماويَّة المَعروفة. عندما تُقَلَّبُ بُرادة الحديد مع مَسْحوق الكِبْريت يُكوِّنا خليطًا عاديًّا. خصائصُ هذا الخليطِ هي جملةُ الخصائص العائدةِ لِمُقَوِّمَيْنِ مُنْفَصِلَيْن – فيُمكِنُ مثلًا اجتذابُ بُرادةِ الحديد بِمِغْنَطيس، كما يُمكِنُ مُشاهدةُ دقائق الماءتين، بعدسَةٍ مُكَبِّرة، كُلًّا على حِدَة. إحماءُ هذا الخليطِ يجعلُه يَتوهَّجُ لِحُدوثِ تفاعُلٍ كيماويّ. فتَترابَطُ ذرَّاتُ الحديد مع ذرَّاتِ الكِبْريت مُكوِّنةً مُرَكَّبَ كِبْريد الحديد.

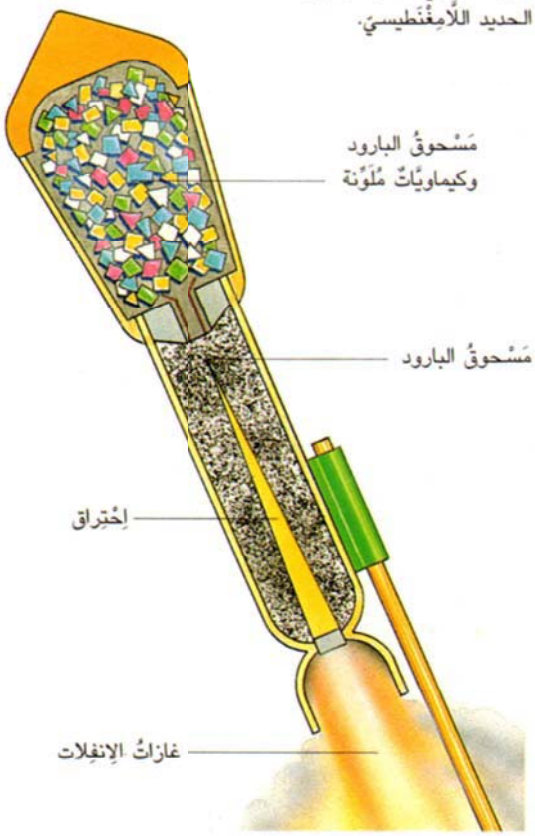


عندما يَحْترِقُ الغازُ الطبيعيُّ (الذي يَحوي حوالى 99% ميثان)، تَتفكَّكُ جُزَيْئاتُ الميثان (ك هـ٤، CH_4) والأكسجين (أ٢، O_2) إلى ذرَّات. وتُعاوِدُ هذه الذرَّاتُ الاتِّحادَ لِتكوِّنَ جُزَيْئاتِ ماءٍ (هـ٢ أ، H_2O) وجُزَيْئاتِ ثاني أكسيد الكربون (ك أ٢، CO_2).

فالحرارةُ بدأت التفاعُلَ – تمامًا كما يُشْعِلُ عودُ الثِّقابِ حاروقَ الغاز. هذا التفاعُل هو مَثَلٌ على ترابُطِ موادَّ بَسيطةٍ معًا لِتكوينِ موادَّ أكثرَ تَعْقيدًا. وخصائصُ المُرَكَّبِ الناتِجِ تختلِفُ عن خصائص مُقَوِّماتِ الخَليط – فهو مثلًا غيرُ مِغْنَطيسيّ.

◄ تَتفكَّكُ المُتفَجِّراتُ الكيماويَّةُ في بضعةِ أجزاءٍ من الألْف من الثانية، فتُنْتِجُ كمِّيَّاتٍ هائلةً من الغازاتِ الحارَّة العاليةِ الضغط. ويُحْدِثُ تَمَدُّدُ هذه الغازات انفِجارًا قد يكونُ من القُوَّة بحيثُ يَنسِفُ بِناياتٍ ضخمةً ويُدَمِّرها.

► تَحوي الأسهُمُ الناريَّةُ مَسْحوقَ البارود، الذي هو خليطٌ من نِتْراتِ البوتاسيوم والكِبْريت وفَحْم الخَشَب (الكربون). عندَ الإحماءِ تَتفكَّكُ نِتْراتُ البوتاسيوم مُنتِجةً الأكسجينَ، الذي يُسَبِّبُ احتِراقَ الكِبْريت والكربون بسُرعةٍ لِيُنْتِجا نَفْثًا من الغازات. هذه الغازاتُ تَدْسُر السَّهمَ الناريَّ في الجَوِّ وتَنْثُر الكيماويّاتِ المُلَوِّنةَ التي تتميَّزُ بها عُروضُ الأسهُمِ الناريَّة.



تفاعُلُ تَفكُّك

عندَ مَزْجِ صُودا الخبيز (بيكربونات الصودا، ص هـ ك أ$_3$، «$NaHCO_3$») مع الخَلّ، يتفاعلُ لحامضُ في الخَلّ مع صودا الخبيز فتتفكَّكُ إلى أجزاءٍ صغرَ. أحدُ هذه المُنْتَجات هو ثاني أكسيد الكربون (ك أ$_2$، CO_2)، الذي يَنْبعِثُ فقاقيعَ من المَزيج.

مَواقِدُ وسَخَّاناتُ الغاز تَستَخْدمُ الأكسِجينَ من الهواء لإحراق غاز الميثان. خِلالَ هذا التفاعُل، تُفكِّكُ الحرارةُ كُلَّ جُزَيءِ ميثان (ك هـ$_4$، CH_4) إلى ذرّةِ كربون واحدة وأربَعِ ذرّاتِ هِدْروجين. ثُمَّ تتَّحِدُ هذه الذرّاتُ مع الأُكسجين مُكوِّنةً ثاني أُكسيد الكربون وماء (هـ$_2$أ، H_2O).

سُرعاتُ التفاعُل

التفاعُلُ الكيماويُّ بين الحديدِ والكِبْريت يَتطَلَّبُ حَرارةً لِيَحدُثَ. لكنَّ الحرارةَ ليسَتْ ضروريَّةً لِحُدوثِ التفاعُلِ بين صودا الخَبيز والخَلّ، عِلْمًا أنَّ رَفْعَ درجةِ الحرارة يُسَرِّعُ هذا التفاعُل. فبزيادةِ دَرجةِ الحرارة تَزْدادُ سُرعةُ التفاعُل.

سُرعةُ التفاعُل تَعْني سُرعةَ تحوُّل المُتَفاعِلات إلى مُنْتَجات. فالتفاعُلاتُ الكيماويَّةُ تَحْدُث بتَصادُمِ الجُزَيئاتِ والذرّات، وهي تَزْدادُ سُرعةً بتزايُدِ عَددِ التَّصادُمات في الثانية. ورَفْعُ دَرجةِ الحرارة يَزيدُ طاقةَ حَرَكة الجُسَيْمات، فتَزْدادُ سُرعةُ حركتِها ويَزْدادُ تكرُّرُ تَصادُماتها. وهذا هو السَّببُ في زيادةِ سُرعة التفاعُلات على دَرجاتِ الحرارةِ العالية.

كذلك تَزْدادُ سُرعةُ التفاعُل باستِخْدامِ مُتَفاعِلاتٍ أكثَرَ تَرْكيزًا. فالتركيزُ الأعلى يَعْني أنَّ الجُزَيئاتِ القابلَةَ للتفاعُلِ أكثَرُ اكتِظاظًا وتقارُبًا، وبالتالي فإنَّ تكرارَ تصادُماتِها أزيَدُ، وهذا يجعَلُ التفاعُلَ أسرعَ. بالنِّسْبةِ للغازات، الضغطُ العالي هو تركيزٌ أكثَرُ للجُزَيئاتِ وتَزايدٌ في تَصادُماتِها وسُرعةِ تفاعُلاتِها. مُحَرِّكُ الديزل يَستَخْدِمُ كلا عامِلَي التسريع هذين، الضغطِ العالي ودرجةِ الحرارة العالية، لِبَدْءِ تفاعُلٍ نَفْجيريّ.

صَدأُ الحديد تفاعُلٌ كيماويٌّ بَطيءٌ بين الحديدِ والماءِ والأكسجين. مع مُرورِ الزَّمن، سيتحَوَّلُ حديدُ هذه السيَّارة القديمة إلى أُكسيد الحديد البُنّيّ السَّهلِ التفتُّت.

1 حامِضٌ مُخَفَّفٌ مع شقَفِ رُخام

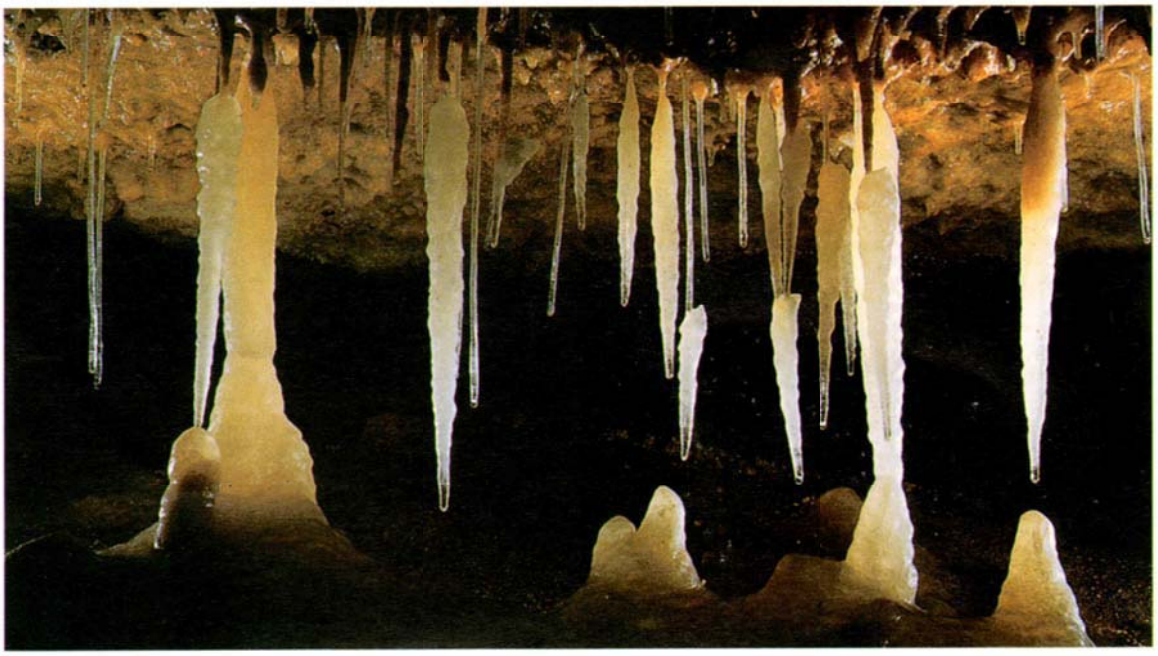
2 حامِضٌ مُخَفَّفٌ مع سَحيقِ الرُّخام

3 شقَفُ رُخام مع حامِضٍ مُرَكَّز

4 شقَفُ رُخام مع الحامِضِ المُرَكَّز على درجةِ حرارةٍ عالية

1. تَتفاعَلُ شقَفُ الرُّخام مع الحامض لِتُنْتِجَ غازَ ثاني أكسيد الكربون. سُرعاتُ التفاعُل تَزْدادُ عندما:
2. يَزيدُ سحقُ الرُّخام التماسَّ بين المُتَفاعلات؛
3. يَزيدُ الحامضُ المُرَكَّزُ، وكذلك
4. درجةُ الحرارة الأعلى عددَ التصادُمات في الثانية.

► هذه الهوابِطُ (المُتدَلِّية من السَّقف) والصواعِدُ (المُتَنامِيَةُ من الأرضيَّة) استغرقَتْ آلافَ السِّنين لِتَتكَوَّنَ في هذا الكَهْف. فثاني أُكسيد الكربون في ماءِ المَطَر المُرتَشِح نُزولًا يَتفاعَلُ مع الحَجَر الجيريّ في الصُّخور فوق الكَهْف ويُكَوِّنُ أملاحًا. هذه الأملاحُ النوّابةُ من البيكربونات تتحَوَّلُ إلى كربونات غير ذوّابةٍ وتُشَكِّلُ ترَسُّباتٍ جامِدةً مع تبَخُّر ماءِ القَطْر في الكَهْف.



اُنْظُر أيضًا

التَّعريةُ والتَّجْويَة ص 32 – 33
الحفّازات ص 176
الأكسَدةُ والإخْتِزال (الأَكْسَدة) ص 178

المُرَكَّباتُ الكيماويَّة

المُرَكَّباتُ الكيماويَّةُ مَوادُّ تتكَوَّنُ من اتِّحادِ ذرَّاتِ عُنْصُرين مُختلِفين أو أكثر بِنِسَبٍ ثابتة. وتَتماسَكُ مُقَوِّماتُ هذه المُرَكَّبات معًا بِروابِطَ كيماويَّة.

هنالك حوالى 110 من العناصر الكيماويَّة المَعْروفة. وتَترابطُ ذرَّاتُ هذه العناصر معًا في جَميعاتٍ مُتباينةٍ لِتُؤلِّفَ مَلايينَ لا حَصْرَ لها من المُرَكَّباتِ المُختلِفة. وتعمَلُ قُوى التجاذُبِ القويَّةُ، المُسمَّاة روابطَ كيماويَّةً، على تماسُكِ الذرَّات معًا في هذه المُرَكَّبات.

بعضُ المُرَكَّباتِ بَسيطٌ جِدًّا. فمِلحُ الطعام، مثلًا واسمُه الكيماويّ كلوريد الصوديوم، يَحْوي عُنْصرَيْن فقط، هما الصوديوم والكلُور، مُترابطَيْن معًا. وهنالك مُرَكَّباتٌ أُخرى مُعقَّدةٌ للغاية، بخاصَّةٍ تلكَ الموادُّ الموجودة في الكائناتِ الحَيَّة، كالبروتينات وَ د ن أ.

بعضُ المُرَكَّباتِ يُمكِنُ تَحْضيرُها بإحماءِ عَناصِرها معًا. فإمرارُ الأُكسِجين فوقَ الكربون المُحْمَى يُنْتِجُ ثاني أكسيد الكربون. أثناءَ التفاعُل تَترابَطُ كُلُّ ذرَّةِ كربون مع ذرَّتَي أكسجين. ويُصبِحُ لونُ ماءِ الجير الصافي لَبَنيًّا والفَقاقيعُ أصغرَ مع ذَوبان ثاني أكسيد الكربون فيه.

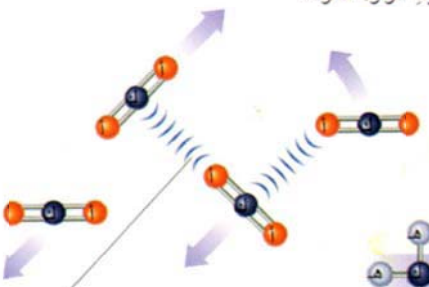
الرَّوابِطُ الكيماويَّة

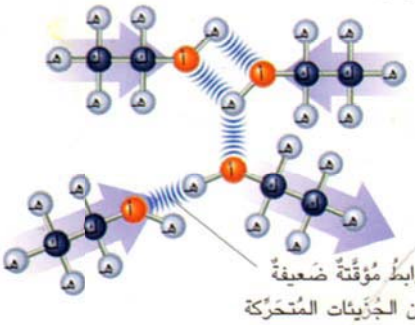
تتألَّفُ الموادُّ، ككلُوريد الصوديوم، من جُسَيْماتٍ سالِبةِ الشِّحنةِ وأُخرى مُوجِبَةِ الشِّحْنة، تُسَمَّى أَيُونات. الأَيُوناتُ المُوجِبةُ الشِّحْنة مُنْجَذبةٌ بِشِدَّةٍ إلى الأَيُوناتِ السَّالِبةِ الشِّحنة والعَكْسُ بالعَكْس. هذا التجاذُبُ، المُسَمَّى ترابُطًا أَيُونيًّا، يَشُدُّ الأَيُوناتِ معًا كما يُثَبِّتُ المِلاطُ الطُّوبَ في جِدار.

هنالك موادُّ أُخرى ذاتُ روابطَ تَضُمُّ الذرَّاتِ معًا في مَجْموعاتٍ تُسَمَّى جُزَيئات. فالماءُ، مثلًا، مُرَكَّبٌ من عُنْصرَيِ الهِدْروجين والأُكسجين - كُلُّ جُزَيءٍ منه يتألَّفُ من ذرَّةِ أُكسجين واحدة وذرَّتَي هِدْروجين. الرَّوابطُ بين الذرَّات ضِمْنَ الجُزَيءِ الواحد قويَّةٌ؛ أمَّا قُوى التجاذُبِ بين الجُزَيئاتِ نَفْسِها فأَضْعفُ بكثير.

▼ هنالك أنواعٌ كثيرةٌ مُختلِفةٌ من أصنافِ الكُحول. وكُلٌّ منها يَحوي جُزَيئُه ذرَّةَ أُكسجين مُرتبطةً بإحدى طرَفَي ذرَّةِ كربون، وذرَّةَ هِدْروجين مُرْتبطةً بالطَّرَف الآخر. الاسمُ الكيماويُّ للكُحول ذي الصِّيغة (ك٢ هـ٦ أ هـ، C_2H_5OH) هو الإيثانول.

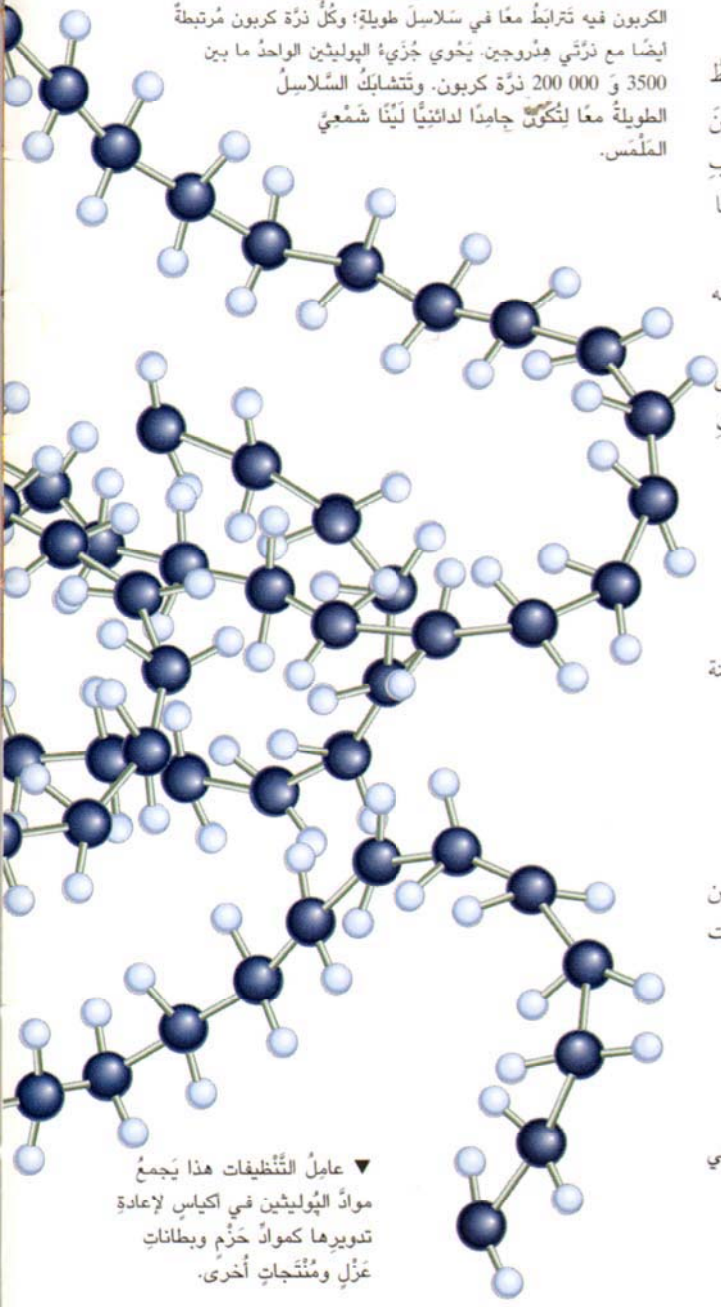
▼ الجُزَيءُ من ثاني أُكسيد الكربون يَحوي ثلاثَ ذرَّاتٍ فقَط. والتجاذُبُ بين جُزَيئاتِ ثاني أُكسيد الكربون ضَعيفٌ، لذا فهُو غازٌ في درجةِ حرارة الغُرفة.


روابطُ مُؤقَّتةٌ ضَعيفةٌ جدًّا بين الجُزَيئات المُتحَرِّكة


روابطُ مُؤقَّتةٌ ضَعيفةٌ بين الجُزَيئات المُتحَرِّكة

جُزَيئاتُ البُوليثين

يتألَّفُ مُرَكَّبُ البوليثين من عُنْصرَي الكربون والهِدْروجين فقط. ذرَّاتُ الكربون فيه تَترابَطُ معًا في سَلاسِلَ طويلةٍ؛ وكُلُّ ذرَّة كربون مُرتبطةٌ أيضًا مع ذرَّتَي هِدْروجين. يَحْوي جُزَيءُ البوليثين الواحدُ ما بين 3500 وَ 200 000 ذرَّة كربون. وتَتشابَكُ السَّلاسِلُ الطويلةُ معًا لِتُكَوِّنَ جامِدًا لدائنيًّا لَيِّنًا شَمْعيَّ المَلْمَس.



▼ عامِلُ التَّنْظيفات هذا يَجمعُ موادَّ البُوليثين في أكياسٍ لإعادةِ تدويرِها كموادَّ حَزْم وبطاناتِ عَزْلٍ ومُنْتَجاتٍ أُخرى.

الأَمْلاحُ الفلِزِّيَّة

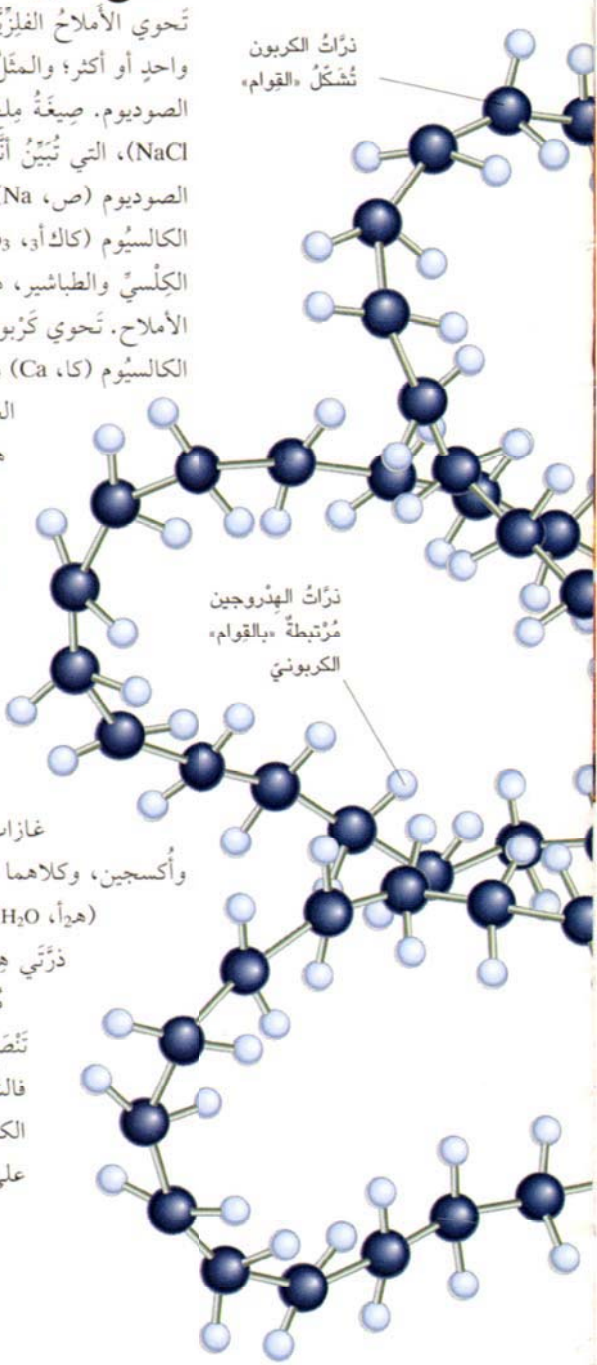
تَحوي الأملاحُ الفلِزِّيَّةُ فلِزًّا واحدًا أو أكثرَ مُترابطًا مع لافلِزٍّ واحدٍ أو أكثر؛ والمِثَالُ المألوف هو مِلْحُ الطَّعام، أي كلوريد الصوديوم. صِيغَةُ مِلح الطعام الكيماويَّةُ هي (ص كل، NaCl)، التي تُبَيِّنُ أنَّه يَحوي عددًا مُتَساويًا من ذرَّات الصوديوم (ص، Na) والكلور (كل، Cl). كَرْبونات الكالسيُوم (كاك أ$_3$، $CaCO_3$)، المُقَوِّمُ الرئيسيُّ للصَّخْرِ الكِلْسيِّ والطباشير، هي مِثَالٌ آخَرُ على هذا النَّوع من الأملاح. تَحوي كَرْبونَاتُ الكالسيوم عددًا مُتساويًا من ذرَّاتِ الكالسيُوم (كا، Ca) والكربون (ك، C) وثلاثةَ أضعاف ذلك العدد من ذرَّات الأُكسجين (أ، O).

هذه الأملاحُ هي جَوامِدُ عادةً، وتَنْصهِرُ على درجاتِ حرارةٍ عالية. فكلُوريدُ الصوديُوم، مثلًا، يَنْصَهِرُ على درجة 804°س.

المُرَكَّباتُ اللَّافلِزِّيَّة

المُرَكَّباتُ التي تتألَّفُ من لافلِزَّاتٍ فقَط تتواجَدُ غالبًا كجُزَيْئات؛ والكثيرُ من هذه المُرَكَّبات سوائلُ أو غازات. فالماءُ، مثلًا، يتألَّفُ من هِدْروجين وأُكسجين، وكلاهما لافلِزٌّ. الصِّيغَةُ الكيماريَّةُ للماء هي (هـ$_2$أ، H_2O)، التي تُبَيِّنُ أنَّ جُزَيءَ الماء يتألَّفُ من ذرَّتَي هِدْروجين وذرَّةِ أُكسجين.

مُعْظَمُ المُرَكَّباتِ اللَّافلِزِّيَّةِ الجامدةِ تَنْصَهِرُ على درجاتِ حرارةٍ خَفيضة. فالشُّموعُ، التي هي مَزيجٌ من مُرَكَّباتِ الكربون والهِدْروجين والأُكسجين، تَنْصَهِرُ على درجةٍ تقاربُ 70°س.



▲ الاسمُ الكيماويُّ للبُوليثين هو بُولي إيثين (مَكْثورُ الإيثين). يَستَخْدِمُ الكيميائيُّون البادئة «بُولي» للإشارةِ إلى أنَّ المُرَكَّبَ مُؤلَّفٌ من الجُزْء البَسيطِ نَفْسِه مُكرَّرًا مَرَّاتٍ كثيرة. فالبُوليثين مُصنَّعٌ من الإيثين (الإيثلين) – الذي يَحوي جُزَيئه ذرَّتَي كربون وأربَعَ ذرَّاتِ هِدْروجين.

ثاني كرومات الأمونيوم، (ن هـ$_4$)$_2$ كر$_2$أ$_7$، «$(NH_4)_2Cr_2O_7$»، مُرَكَّبٌ لا مُسْتَقِرٌّ من ذرَّات الكُروم والهِدْروجين والنِّتْروجين والأُكسِجين. فإحماءُ بِلُوراتِه البُرتقاليَّة يُفَكِّكُ الرَّوابطَ بين الذرَّات ويُنْتِجُ موادَّ أبْسَطَ – هي بُخَارُ الماء وغازُ النِّتروجين وأُكسيدُ الكروم الأَخْضر.

الغازاتُ النَّبيلة

الغازاتُ النَّبيلةُ (ويُسَمُّونها أيضًا النَّادرة أو الخامِلَة) هي الهِلْيوم والنِّيون والأرجون والكرِيْبتون والزِّنون والرَّادون. وهي تُشَكِّلُ المَجْموعةَ 18 من الجَدْولِ الدَّوْريِّ للعناصِر. الهِلْيُوم والنِّيون والأرجون غازاتٌ خامِلَةٌ تمامًا، فلا تَدْخلُ مُطلقًا في أيِّ تَفاعُلاتٍ كيماويَّة. الكرِيْتون والزِّنون والرَّادون قد تتفاعَلُ، لكنْ تحتَ ظروفٍ قُصْوى فقَط. ويَعودُ السَّببُ في لا تفاعُليَّةِ الغازاتِ النَّبيلةِ إلى أنَّ بِناها الإلكترونيَّةَ فائقةُ الاستِقراريَّة.

الاستِقْراريَّة

عندما تدخلُ العناصِرُ في تَفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ، فهي تَتبادَلُ أو تَتشارَكُ الإلكترونات كي تَحوزَ نَفْسَ عددِ الإلكترونات في الغلاف الخارجيِّ للغازِ النَّبيل الأقرب إلى بِنْيَتِها. وهكذا، فإنَّ كثيرًا من المُرَكَّبات هي أكثرُ استِقْرارًا من العناصِر التي تَتألَّفُ منها.

بعضُ المُرَكَّبات، كَكلُوريد الصوديوم، مُسْتَقِرَّةٌ جِدًّا. فغالبًا ما تَتَّحِدُ عناصرُ عاليةُ التفاعُليَّةِ لِتُكوِّنَ مُرَكَّباتٍ عاليةَ الاستِقْراريَّة. وهذه المُرَكَّباتُ قَلَّما تَتفاعَلُ مع موادَّ أُخرى، وهي لا تَتفكَّكُ بالتَّسْخين لأنَّ الرَّوابطَ بين ذرَّاتِها قويَّةٌ.

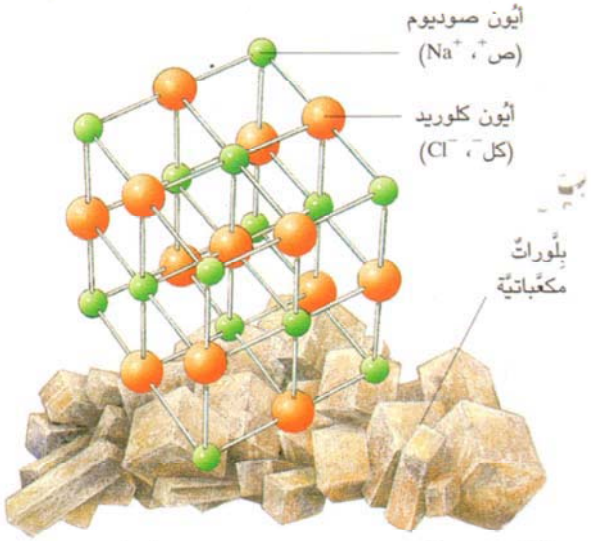
◄ يوجَدُ الذَّهَبُ مَمْزوجًا بصَخْر الكوارتْز عميقًا في باطِن الأرض. معظمُ الفلِزَّات تتواجَدُ في خاماتِها كمُرَكَّبات؛ لكنَّ الذَّهبَ، بِسَبب لا فاعليَّته واستِقراريَّته، يتواجَدُ كفلِزٍّ نَقِيٍّ طبيعيًّا.

اُنْظُر أيضًا

العناصِرُ الكيماويَّة ص 148 – 149
الرَّابطُ والتَّكافؤ ص 166 – 167
الغازاتُ النَّبيلة ص 180 – 181

التَّرابطُ والتَّكافؤ

تتكوَّنُ الرَّوابطُ الأَيونيَّةُ على الأَغلب بين ذرَّاتٍ فلِزِّيَّةٍ وأُخرى لا فلِزِّيَّة؛ وتتكوَّنُ الرَّوابطُ الإسْهاميَّةُ بين ذرَّاتٍ لافلِزِّيَّة. التكافؤُ الكيماويُّ هو عددُ الروابطِ التي تَسْتطيعُ الذرَّةُ تكوينَها.

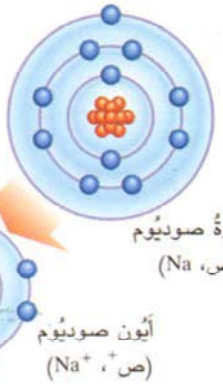


كلُّ أيونٍ في بلّورةٍ من كلوريد الصوديوم مُحاطٌ بأيوناتٍ مُضادَّةِ الشَّحْنة. وتَتراتبُ الأيوناتُ في شَبيكةٍ مُكعَّبيَّةٍ بحيثُ تَتَّخِذُ كُلُّ بلّورةِ مِلْحٍ شَكْلًا مُكعَّبيًّا.

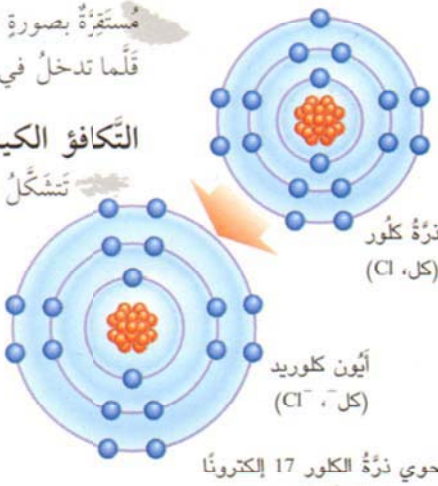
عندما تَكْسِبُ الذرَّاتُ إلكتروناتٍ أو تَفْقِدُها أو تَتشارَكُها. ونَتيجةً لهذه التغيُّرات، فإنَّ كلَّ ذرَّةٍ في المُرَكَّب تَحوي عادةً غِلافًا خارجيًّا مُكْتَمِلًا من الإلكترونات. وهذا هو التَّشكُّلُ الإلكترونيُّ المُسْتَقِرُّ للغازِ النَّبيل الأَقْربِ في عدَدِه الذرِّيِّ إلى كُلِّ عُنْصر.

التكافؤ الكيماويُّ للعُنْصر هو عددُ الرَّوابط التي يجبُ أنْ يؤلِّفَها ليُحقِّقَ تَشْكيلةَ الغازِ النَّبيل الأقربَ إليه في عَدده الذرِّيّ. الفلِزَّاتُ غالِبًا تَحوي إلكترونًا واحدًا أوْ اثنَين في غِلافاتِها الخارجيَّة. وهي تَفْقِدُ هذه الإلكترونات بِسُهولةٍ لِيَغْدو الغِلافُ التالي تحتَه غِلافًا خارجيًّا مُكتَمِلًا. اللَّافلِزَّاتُ، في أقصى اليَسار من الجَدْولِ الدَّوريِّ، يَنْقصُها عادةً إلكترونٌ واحِدٌ أو اثنان لِيَغْدو غِلافُها الخارجيُّ مُكتَمِلًا. لذا فإنَّها تَتقَبَّلُ هذه الإلكتروناتِ المُكمِّلةَ بِسُهولةٍ من ذرَّاتِ عناصرَ أُخرى. والتكافؤاتُ الكيماويَّةُ لهذه العناصر هي أعدادُ الإلكترونات التي يجبُ أنْ تَكسِبَها أو تَفْقِدَها لِتُشكِّلَ غِلافًا مُكْتَمِلًا.

الغِلافاتُ الخارجيَّةُ للعناصرِ المُتَواجدةِ في وَسَطِ الجَميعةِ الرئيسيَّةِ للجدولِ الدَّوريِّ يَنْقصُها ثلاثةٌ أو أربعةُ إلكتروناتٍ لِتَغْدو مُكتَمِلةً. فمثلًا، ذرَّةُ الكربون تَحْوي أربعةَ إلكتروناتٍ في غِلافِها الخارجيِّ الذي بِمَقدوره استِيعابُ ثمانيةٍ. وهو قَلَّما يَتقَبَّلُ أربعةَ إلكتروناتٍ بِسَببِ التنافُرِ القويِّ بين الشَّحْناتِ السَّالبة. وبدَلَ ذلك فإنَّ ذرَّاتِ الكربون تَتجاوزُ غلافاتِها الخارجيَّةَ (وروابطَها) إلى غلافاتِ ذرَّاتٍ أُخرى فتَتشارَكُ وإيَّاها في أربعةِ إلكتروناتٍ لِتُؤلِّفَ العَدَّ المُكْتَمِل. وهكذا فإنَّ التكافؤَ الكيماويَّ للكربون هو أربعة.



تَحوي ذرَّةُ الصوديوم 11 إلكترونًا في غلافاتٍ حولَ النَّواة التي تضُمُّ 11 بروتونًا. أيون الصوديوم يَحوي إلكترونًا سالِبَ الشَّحْنة أقلَّ (أي 10 إلكترونات) مِمَّا يُكسِبُه شِحْنةً إجماليَّةً = +1. أيوناتُ الصوديوم أصغرُ حَجْمًا من ذرَّاتِ الصوديوم.



تَحوي ذرَّةُ الكلور 17 إلكترونًا و17 بروتونًا. أيونُ الكلوريد يَحْوي إلكترونًا أكثر مِمَّا يُكسِبُه شِحْنةً إجماليَّة = −1. أيوناتُ الكلوريد أكبرُ حَجْمًا من ذرَّات الكلور؛ وفيها، كأيوناتِ الصوديوم، غِلافٌ خارجيٌّ مُكْتَمِلٌ من الإلكترونات.

◄ هذه الصورةُ تُبَيِّنُ الصوديومَ يتوهَّجُ ساطِعًا في غاز الكلور. فالتفاعلُ الكيماويُّ الذي يَربِطُ العُنصرَيْن يُنْتِجُ كمِّيَّاتٍ كَبيرةً من الحرارة ويُشَكِّلُ بلّوراتٍ بيضاءَ من كلوريد الصوديوم (مِلْح الطَّعام).

التَّكافؤ الكيماويّ

تَتشَكَّلُ الرَّوابطُ بين الذرَّات في التفاعُلاتِ الكيماويَّةِ

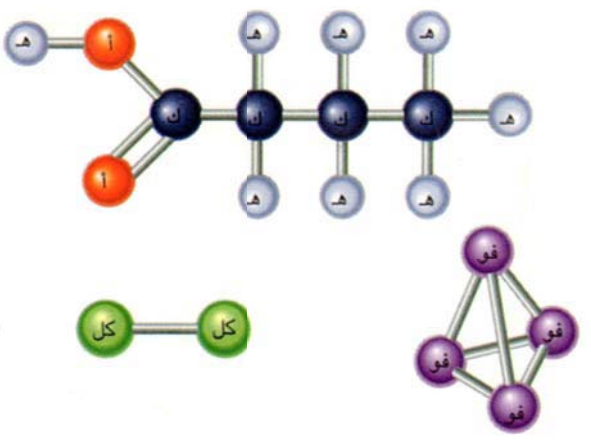
الأَيُوناتُ والتَّرابُطُ الأَيُونيّ

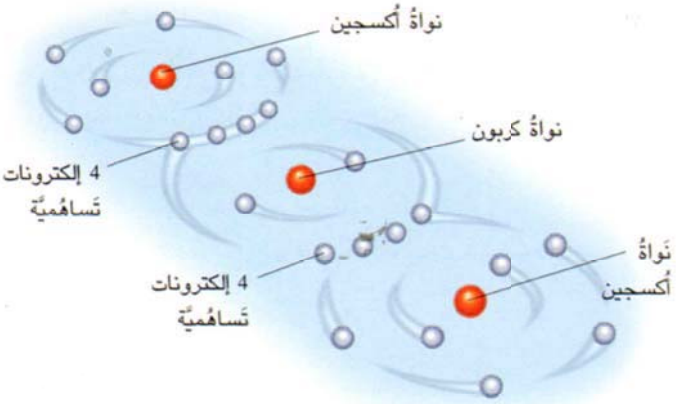
تَتكوَّنُ المُرَكَّباتُ الأَيُونيَّةُ عندما تَتبادَلُ ذرَّاتُ عُنْصرَيْن أو أكثَرَ إلكتروناتٍ لِتُكوِّنَ جُسَيْماتٍ مَشْحونةً، أو أَيُونات، من كُلِّ عُنْصُر. تشكيلاتُ الأَيونات أشْبَهُ بتشكيلاتِ الغازات النَّبيلة، فشِحْناتُها تُعادِلُ واحِدَتُها الأُخرى فلا يَحْمِلُ المُرَكَّبُ بِمُجْمِلِه أيَّ شِحْنة.

ذرَّةُ الصوديوم تَحوي 11 إلكترونًا – إثنان منها في الغلافِ الأوَّل وثمانيةٌ في الغلافِ الثاني بحيثُ إنَّ هذين الغلافَين مُكْتَمِلان. ويَبْقى الإلكترونُ الحادي عشَرَ وَحْدَه في غلافٍ بمَقْدورِه استِيعابُ ما مَجْموعه 18 إلكترونًا. الغِلافُ الخارجيُّ لِذرَّةٍ من الكلُور يَنْقصُه إلكترونٌ واحِدٌ ليَكتَمِل. تَترابَطُ ذرَّاتُ الكلُور تلقائيًّا بعضُها مع بعض أزواجًا مُكَوِّنةً جُزَيْئاتٍ من الكلور (كل$_2$، Cl_2). في هذه الجُزَيْئات الغلافُ الخارجيّ مُؤلَّفٌ من زَوجٍ إسهاميٍّ مُشتَرَكٍ من الإلكترونات. لكن بإضافة الصوديوم، فإنَّ ذرَّاتِ الكلور تتخلَّى عن هذا الترتيبِ التَّساهُميِّ لِتَتَّخِذَ كلٌّ منها إلكترونًا خاصًّا بها. وتَفْقِدُ كلُّ ذرَّةِ صوديوم إلكترونَها الحادي عَشَر لِتَغْدو أَيُونَ صوديوم (ص$^+$، Na^+) مُوجِبَ الشِّحْنة. وفي الوقت نفسِه، تَكْسِبُ كلُّ ذرَّة كلُور إلكترونًا واحِدًا لِتَغْدو أَيُونَ كلوريد (كل$^-$، CL^-). فتَتجاذَبُ الشِّحْناتُ المُضادَّةُ لهٰذين النوعين من الأَيُونات بقُوَّة. وتَترابَطُ الأَيُوناتُ معًا في نَسَقٍ مُنْتظِمٍ يُسَمَّى شَبيكةً بِلَّوريَّة.

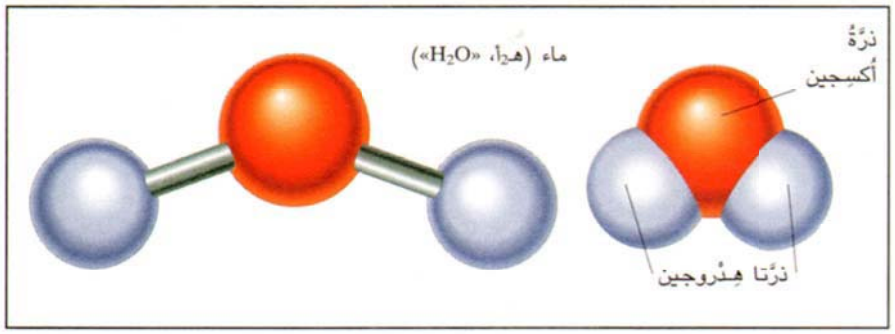
المَغْنِسيُوم يُكوِّنُ أيضًا كلوريدًا أَيونيًّا. لكِنْ بخِلاف الصوديوم، تَحوي الذرَّةُ منه إلكترونَيْن في غلافِها الخارجيّ. وتَفْقِدُ ذرَّاتُه كلا هذين الإلكترونَين إلى ضِعْفِ العددِ من ذرَّاتِ الكلُور. فتُكوِّنُ أَيُونَاتُ المغنِسيُوم (مغ$^{2+}$، Mg^{2+}) مِلْحًا، هو كلوريد المَغْنسيُوم، صِيغَتُه الكيماويَّة (مغ كل$_2$، «$MgCl_2$») – حيثُ تكافؤُ المَغْنسيُوم إثنان.

في الأمثلةِ الخَمْسةِ أدناه لِجُزَيْئاتٍ إسْهاميّة الترابُط، يُمَثِّلُ كُلُّ خَطٍّ رابطةً إسهاميَّةً مُفْردة – هي زَوجٌ من الإلكترونات التَّساهُميَّةِ بين ذرَّتَيْن. التكافؤاتُ الكيماويَّةُ للعناصر هي كما يلي:
الكربون (ك، C) = 4؛ الكلُور (كل، Cl) = 1؛ الهِدْروجين (هـ، H) = 1؛ الأُكسِجين (أ، O) = 2؛ الفُسْفور (فو، P) = 3





في جُزَيءِ ثاني أُكسيد الكربون، تَرتبِطُ كلُّ ذرَّةِ أُكسجين بذرَّةِ الكربون المَركزيَّة بِرابطةٍ تَساهُميَّةٍ مُزْدَوجةٍ تتألَّفُ من زوجَيْن مُشتَرَكَيْن من الإلكترونات.

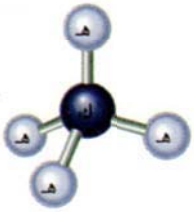


التَّرابُطُ الإسْهاميّ

تَتكوَّنُ المُرَكَّباتُ الأَيُونيَّةُ في الأغْلَبِ بين الفلِزَّاتِ على يَمين الجَدْول الدَّوريِّ واللَّافِلِزَّات على يَسارِه. والمُرَكَّباتُ التي تَحوي لافِلِزَّاتٍ فقَط، تتماسَكُ معًا عادةً في جُزَيْئاتٍ بِتَشارُكِ ذرَّاتِها أزواجًا من الإلكترونات. ويُسَمَّى هذا النمطُ من الترابُط تَرابُطًا إسْهاميًّا.

ثاني أكسيد الكربون (ك أ$_2$، «CO_2») مثالٌ على مُرَكَّبٍ إسْهاميِّ التَّرابُط. فتكافؤ الكربون والأُكسِجين هما أربعة وإثنان على التوالي، لأنَّ كلَّ ذرَّةِ كَربون تَحتاجُ إلى أربعةِ إلكترونات لِتَملأَ غِلافَها الخارجيَّ، فيما تحتاجُ كلُّ ذرَّةِ أُكسجين إلى إلكترونَين. في ثاني أُكسيد الكربون، تَشْتَرِكُ ذرَّةُ الكربونِ الواحدة في زَوجٍ واحدٍ من الإلكترونات مع كُلٍّ من ذرَّتَي الأُكسجين. وبهٰذه الطريقة، تَمْلأُ كُلٌّ من الذرَّاتِ الثلاثِ غِلافاتِها الخارِجيَّة.

▲ هناك طريقتان لِرَسْم الجُزَيْئات – الأُولى هي نَمُوذجُ الكُرات والقُضبان (إلى اليَسار)، الذي يُبيِّنُ الروابطَ بين الذرَّات. والثانيةُ هي نَمُوذجُ التَّعبئة الحَيْزِيَّة (إلى اليَمين)، الذي يُبيِّنُ شَكْلَ الحَيْز الذي تَشْغَلُه الإلكتروناتُ في الجُزَيء.



▲ يَحْترِقُ الإيثاين (ك$_2$ هـ$_2$، «C_2H_2»)، المَعروف أيضًا بالأَسيتيلين مُنْتِجًا ماءً (هـ$_2$أ، «H_2O») وثاني أكسيد الكربون (ك أ$_2$، «CO_2») وحرارةً تكفي لِصَهْرِ الفُولاذ.

أُنْظُر أيضًا

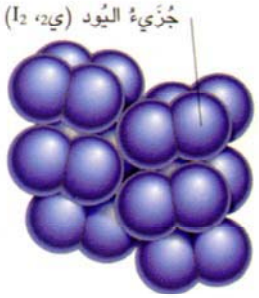
العناصِرُ الكيماويّة ص 148 – 149
الذرَّات ص 150 – 151
الجَدْولُ الدَّوْريُّ للعناصِر ص 152 – 153

بِنْيةُ الجَوامد

تتألَّفُ الجوامدُ من ذرَّاتٍ أو جُزَيئاتٍ أو أيُونات مُترابطةٍ معًا، وتعتمِدُ خصائصُ الجامدِ على قُوى الرَّوابطِ التي تَشُدُّ مُكوِّناته.

بِنْياتُ الكثيرِ من الجوامد تَقومُ على أساسِ نماذِجَ مُنتظِمةٍ تكراريَّةِ النَّمَط من الذرَّاتِ أو الجُزَيئات أو الأيُونات تُسَمَّى شَبيكات.

هُنالك أربعةُ أنماطٍ رئيسيَّة من البِنَى الشَّبيكيَّة: الجَوامدُ الأيُونيَّة، كَكلُوريد الصوديوم، تتألَّفُ من أيُوناتٍ مُوجِبةٍ وسالِبة مُتَناوبة. والجَوامدُ الجُزَيئيَّةُ، كعُنْصرِ اليُود، تتألَّفُ من جُزَيئاتٍ بَسيطةٍ مُرتَصَّةٍ معًا في شَبيكةٍ. والجَوامدُ الجُزَيئيَّةُ الكُبْريَّة، كالماسِ والغرافيت والزُّجاج، تَحوي جُزَيئاتٍ ضَخمةً يَضُمُّ الواحدُ منها مَلايينَ الذرَّات. والجَوامدُ الفلِزِّيَّةُ تتألَّفُ من ذرَّاتٍ فلِزِّيَّةٍ تَشُدُّها معًا سُحُبٌ من الإلكتروناتِ التي تتحَرَّكُ بِحُرِّيَّةٍ من ذرَّةٍ إلى أُخرى.



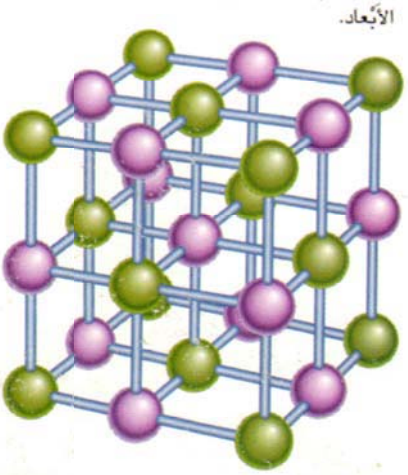
يتألَّفُ اليُودُ الجامدُ من جُزَيئاتِ يُودٍ مُتَراتِبَةٍ في شَبيكةٍ مُنْتظِمة. وكُلُّ جُزَيءٍ يَحوي ذرَّتَي يُود مُترابطتَيْن واحدتُهما بالأخرى بِقُوَّة. اليُودُ يتصَعَّدُ إلى بُخارٍ مباشرةً لأنَّ الرَّوابطَ بين جُزَيئاتِه ضعيفةٌ.

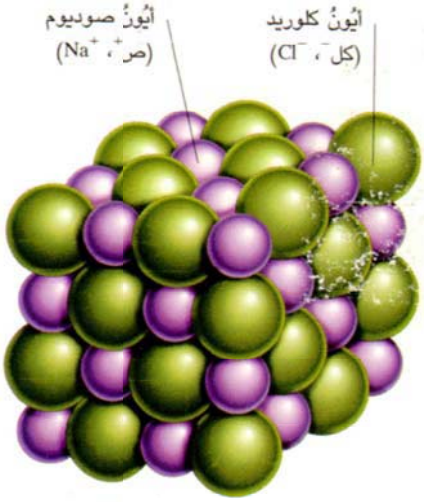
الجوامدُ الأيُونيَّة

الجَوامدُ الأيُونيَّةُ صَلْدةٌ ودَرجاتُ انْصِهارها عالية. هاتان الخاصَّتان هما نتيجةٌ لِشِدَّة قُوى التجاذُبِ بين الأيُوناتِ المُتَضادَّةِ الشِّحْنة في شَبيكةٍ أيونيَّةٍ. الجوامدُ الأيونيَّةُ قَصِفَةٌ أيضًا. فإذا سُلِّطتْ قوَّةٌ على خارجٍ بِلَّورةٍ، فإنَّها تُزَلْزِلُ طَبَقاتِ الأيُونات بحيثُ تَغدو الأيُوناتُ المَثيلةُ الشِّحْنةِ مُتَناحِمَةً - فتَتَنافرُ بِقُوَّةٍ تَفْصِمُ الطَّبَقاتِ وتَشُقُّ الشَّبيكة.

▼ تتألَّفُ بِلَّوراتُ كلوريد الصوديوم من أيُوناتِ الصوديوم والكُلوريد. هذا النَّموذجُ القَفَصيُّ الشَّكْلِ يُمثِّلُ الأيُونات ككُرات؛ والكُراتُ مُفَسَّحةٌ في الرَّسم كي تتوضَّحَ بِنْيتُها الشَّبيكيَّةُ الثلاثيَّةُ الأبْعاد.

كُلُّ أيُونٍ مُحاطٌ بستَّةِ أيُوناتٍ مُضادَّةِ الشِّحْنة. والتجاذُبُ بين الشِّحْنات يَشُدُّها معًا ضِمْنَ الشَّبيكة.





◄ هذا النَّموذجُ المالئ الحَيِّز هو نَموذجٌ مُقَيَّسٌ لِشَبيكةِ كلوريد الصوديوم التكعيبيَّة. وهو يُبيِّن الحُجومَ النسبيَّةَ لِنَوعَي الأيونات وكيفيَّةَ تَراتُبِها في الحَيِّز.

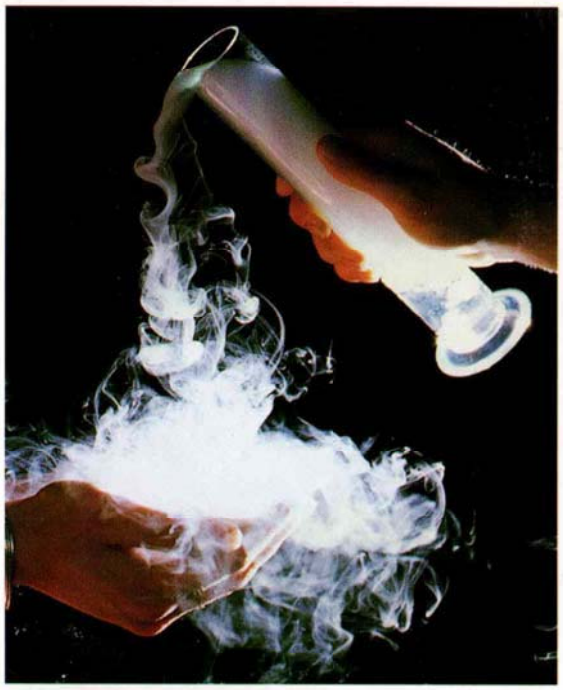
يُستَخْدمُ الغرافيتُ في صُنْعِ عَبُوات أقلام الرَّصاص. الرَّوابطُ الضعيفةُ بين صُفَيحاتِ ذرَّاتِ الكربون تُتيحُ لها الانزلاقَ بعضُها فوق بعض وتركَ علاماتٍ على الوَرَق.

الجوامدُ الجُزَيئيَّة

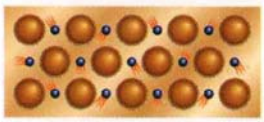
تتألَّفُ الجُزَيئاتُ من ذرَّاتٍ تَشُدُّها معًا روابطُ إسهاميَّةٌ قويَّة. فجُزَيءُ اليُود، مثلًا، يَحوي ذرَّتَي يُودٍ فقط مُتَّصلتَيْن برابطةٍ إسهاميَّةٍ مُفْردة. في الجامدِ الجُزَيئيِّ تُشَدُّ الجُزَيئاتُ معًا بقُوى تجاذُبٍ ضَعيفة. لذلك تَنْصهِرُ الجوامدُ الجزيئيَّةُ على درجاتِ حرارةٍ خَفيضة. هذا الانصِهارُ لا يُفكِّكُ الروابطَ الإسْهاميَّةَ بين الذرَّات - بل هو يَفْصِمُ قوى التجاذُبِ الضعيفةِ بين الجُزَيئات.

الجوامدُ الجُزَيئيَّةُ الكُبْريَّة

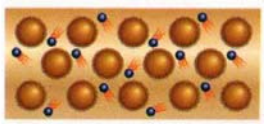
يتواجَدُ عُنْصرُ الكربون في شكلَيْن هما الماسُ والغرافيت. وكلاهما جامِدٌ جُزَيئيٌّ كُبْريٌّ يتألَّفُ من ذرَّاتِ الكربون فقَط، لكِنَّهما مُختلفانِ جدًّا في شَكلِ البِنْية. ففي الغرافيت ترتبِطُ كُلُّ ذرَّةِ كربونٍ بثلاثِ ذرَّاتٍ أُخرى بِروابطَ إسْهاميَّةٍ قَصيرةٍ وقويَّة. وتتضامُ حَلَقاتٌ سُداسيَّةٌ من سِتِّ ذرَّاتٍ معًا لِتُكوِّنَ صُفَيْحاتٍ مُسَطَّحة. إنَّ قُوى التجاذُبِ بين هذه الصُّفَيْحاتِ ضَعيفةٌ بحيثُ تَسْتطيعُ الصُّفَيْحاتُ الانزلاقَ بيُسْرٍ واحدتُها فوق الأُخرى. وهذا يُكسِبُ الغرافيتَ مَلْمَسه الدُّهنيَّ بحيثُ يُستَخْدمُ كمُزَلِّقٍ جامِد. أمَّا في الماس فتتَّصِلُ كُلُّ ذرَّة كربون بأربَعِ ذرَّاتٍ أُخرى بروابطَ إسْهاميَّةٍ قويَّة. وتتضامُّ بلايينُ ذرَّات الكربون معًا لِتكوِّنَ شَبيكةً مُجَسَّمةً ثُلاثيَّةَ الأبْعاد هائلةَ القوَّة. وهذا يجعَلُ الماسَ أصْلَدَ الجوامد المَعْروفة. الزُّجاجُ ذو بِنْيةٍ مَثيلةٍ لِبِنْيةِ الماس - تتألَّفُ من ذرَّاتِ السِّليكون والأكسجين بدَلَ ذرَّاتِ الكربون. وهو أقلُّ صلادةً من الماس وفَصْمُ روابطِه أيْسَرُ.



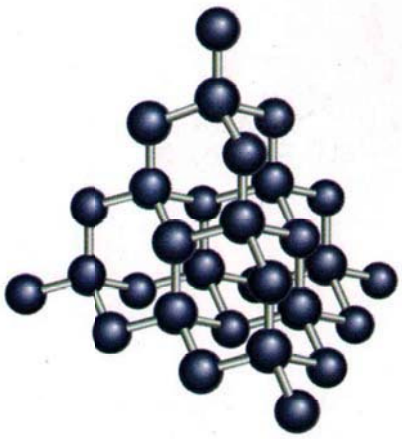
▲ على درجةِ – 78,5°س، يتصَعَّدُ ثاني أكسيد الكربون الجليديّ (الجليد الجافّ) إلى غازٍ مُباشَرةً دُونَ أنْ يَنْصهر؛ وإذا ما أُسقِط في الماء، فإنَّه يَتبَخَّر مُخلِّفًا سَحابةً من البلّوراتِ الجليديّة. ويُستَخْدمُ هذا المَزيجُ لِتوليدِ ضَبابٍ كثيفٍ للظَّواهِرِ المَسْرَحيَّة.



في الحالةِ الجامدة، تكونُ ذرَّاتُ الفلزِّ مُتَراصَّةً معًا بتَقارُبٍ وَثيق. وتتحَرَّكُ الإلكتروناتُ الخارجيَّةُ بِحُرِّيَّةٍ وعَشْوائيًّا بين الذرَّات. هذا «البَحْرُ» من الإلكترونات يُكسِبُ الفلزَّ تماسُكًا ومَتانة.



عندما يَسْري تيَّارٌ كهربائيٌّ عَبْرَ الفلزِّ، تَسْتمِرُّ الإلكتروناتُ الطَّليقةُ بالتحَرُّكِ عَشْوائيًّا. لكنْ هنالك مُعَدَّلُ انسِيابٍ مُحَدَّدٍ يَسْري من الجُزْءِ السَّالِبِ للفلزِّ إلى جُزْئه المُوجِب.



► الماسُ أندرُ وأنفسُ قيمةً من الغرافيت. لكِنَّه مِثْلُه يتألَّفُ بالكامل من ذرَّاتِ الكربون. بِنْيةُ الماسِ (أدناه) مُختلِفةٌ تمامًا عن بِنْيةِ الغرافيت. وهذا يجعلُ هذين الجامدَيْن مُختلِفَيْنِ إلى حدٍّ بَعيد.

الجوامِدُ الفلِزِّيَّة

تتألَّفُ الجوامدُ الفلِزِّيَّةُ من ذرَّاتٍ مُنْفصلةٍ في بِنْيةٍ شَبيكيَّة. وهذه الذرَّاتُ تَتراصُّ معًا في طَبَقاتٍ مُراكِمٍ بعضُها فوق بعض. مُعْظمُ الفلِزَّات ذاتُ دَرجاتِ انصِهارٍ عاليةٍ بِسَبب قوَّةِ الروابِطِ التي تَشُدُّ ذرَّاتِها في شَبيكات.

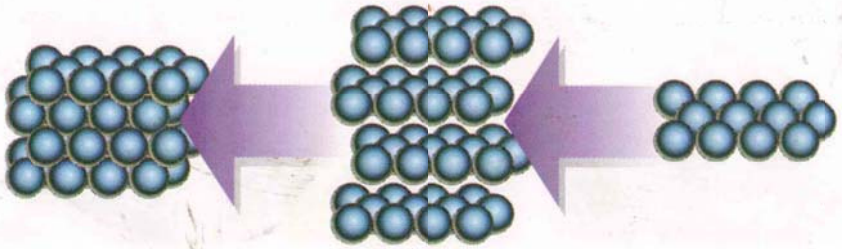
الروابِطُ الفلِزِّيَّةُ تَختلِفُ عن الروابطِ الأيُونيَّةِ والإسْهاميَّةِ كليهما. فبعضُ الإلكتروناتِ، من كُلِّ ذرَّةٍ فلِزِّيَّةٍ، حُرَّةُ التنقُّل من ذرَّةٍ إلى التالية. وهذا يجعَلُ ذرَّاتِ الفلِزِّ، عندما تَتخَلَّى عن إلكتروناتِها، أيُوناتٍ مُوجِبةً، يَشُدُّها في شَبيكةٍ معًا بَحْرٌ من الإلكترونات الطليقة.

إذا سُلِّطتْ قُلطيَّةٌ على عَيِّنةٍ من فلِزّ، فإنَّ الإلكتروناتِ الطليقةَ تأخذُ بالانسِياق بعيدًا عن الطَّرف السَّالِب إلى الطَّرَف المُوجِب. وهكذا يَسْري التيَّارُ الكَهْربائيُّ عَبْرَ المُوَصِّلاتِ الفلِزِّيَّة.

والفلِزَّاتُ، بخلافِ الجوامدِ الأيُونيَّة، قابلةٌ للانثِناءِ والمَطِّ لأنَّ طَبَقاتِ الأيُوناتِ الفلِزِّيَّةِ يُمكِنُها الانزِلاقُ بعضُها فوق بعضٍ دُونَ انْفِصامِ طَبَقاتِ الشَّبيكة.

مُوَصِّلاتٌ كهربائيَّةٌ أُخرى

التيَّارُ الكهربائيُّ هو دَفْقٌ من الشِّحْناتِ الكَهْربائيَّة؛ وهذه الشِّحْناتُ يُمكِنُ حَمْلُها إمَّا بواسِطةِ الإلكترونات أو بِواسِطةِ الأيُوناتِ الطليقةِ الحُرَّةِ الحَرَكة. في بعضِ الحالات، تَنِمُّ قُدْرةُ المادَّة الجامدة على تَوصيلِ الكهرباء عن مَعْلوماتٍ حولَ بِنْيتِها. فالغرافيتُ، مثلًا، هو مِثْلٌ نادِرٌ على مُوَصِّلٍ لافلِزِّيّ. ذلك لأنَّ كُلَّ ذرَّةِ كربون، في الغرافيت، تَحوي ثلاثةً فقط من إلكتروناتِها الخارجيَّة في روابِطَ ثابتةٍ بين أزواجٍ من ذرَّاتِ الكربون. أمَّا إلكترونُ التَّرابُطِ الرابعُ، لكُلِّ ذرَّة، فيُسْهِمُ في رابطةٍ ضَخْمةٍ تَنْتَشِرُ عَبْرَ كامل صُفَيْحةِ ذرَّات الكربون. هذا النَّمطُ من الترابُطِ، المُسَمَّى ترابُطًا مُزاحًا، يؤلِّفُ جَمْهَرةً من الإلكترونات يُمكِنُها التَّحَرُّكُ بِحُرِّيَّةٍ عَبْرَ الصُّفَيْحةِ وتَوصيلُ الكَهْرباء. كذلك عندما يَنْصَهِرُ مِلْحٌ أيُونيٌّ أو يَنْحَلُّ في الماء، تَتفكَّكُ شَبيكتُه وتَغدو الأيُوناتُ طليقةً لِتوصيل الكهرباء. هٰذه الظاهِرةُ ساعَدت العُلماءَ على اكتِشافِ أنَّ الجوامدَ الأيُونيَّةَ تتألَّفُ من جُسَيْماتٍ مَشْحونة.

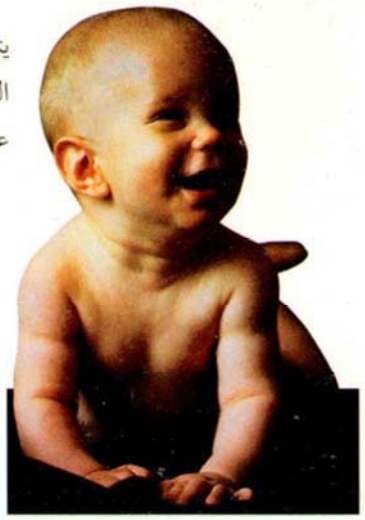


الفلِزَّاتُ والجوامدُ الأيُونيَّةُ ذاتُ بِنًى مَثيلة. فذرَّاتُ الفلِزِّ، أو أيُوناتُ الجامِد، تَتراصُّ معًا لِتُكَوِّنَ طَبَقاتٍ من الأشكالِ السُّداسيَّةِ المُتَرابطة. وهذه الطَّبَقاتُ تَتلاقَقُ معًا لِتُكَوِّنَ شَبيكةً ثُلاثيَّةَ الأبْعاد.

أُنْظُر أيضًا
الذرَّات ص 150 – 151
خصائصُ الجوامد ص 194 – 195
خصائصُ الفلِزَّات ص 196 – 197

الكَرْبون

الكربونُ عنصرٌ لا فلِزِّيٌّ، وهو أساسُ جميع الأَشكالِ الحياتيَّةِ على الأرض. يُكَوِّنُ الكربونُ مُرَكَّباتٍ أكثرَ بِكثيرٍ من أيِّ عُنْصرٍ آخرَ، لكِنَّه لا يتواجَدُ بوَفْرةٍ لافِتةٍ في قِشْرةِ الأرض.



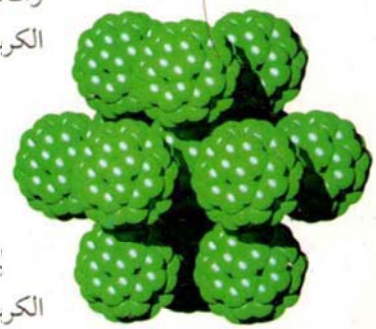
هذا الطِّفْلُ، كجميعِ البَشَر، يتألَّفُ جِسْمُه من حوالى 20 بالمئة من الكربون. كذلك فإنَّ حوالى 4 بالمئة من الأعشاب وَ 40 بالمئة من قُشورِ الحَشَرات وأصدافِ المَحار هي من الكربون.

يتواجَدُ الكربونُ طبيعيًّا في شكلَيْن تآصُليَّيْن هما الغرافيتُ والمَاس. وهو يُكَوِّنُ الكثيرَ من المُرَكَّبات مع عناصرَ أُخرى كما يتواجَدُ في كثيرٍ من المَعادِن. فالصُّخورُ الكلسيَّةُ والطباشيرُ والرُّخامُ كُلُّها أشكالٌ مُختلِفةٌ من كربونات الكالسيُوم (كاك أ، $Ca\ Co_3$)، التي تكوَّنتْ من كائناتٍ بَحْريَّةٍ دقيقة قضَت منذُ مَلايينِ السِّنين.

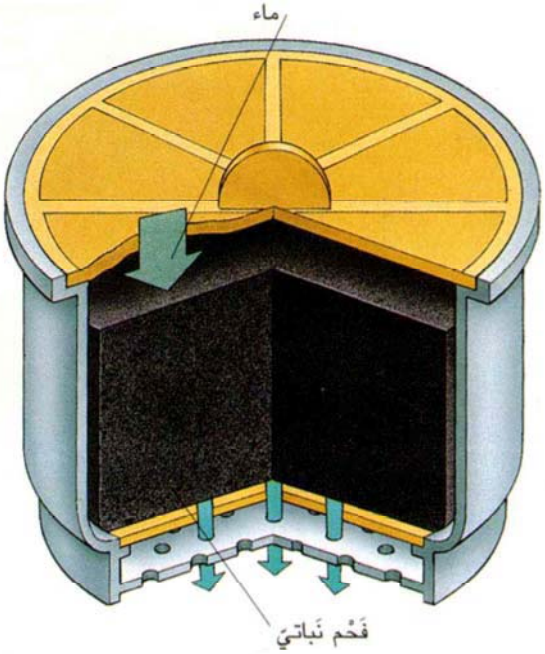
والخاصَّةُ الأهَمُّ هي أنَّ الكربونَ هو العُنْصرُ الوَحيدُ الذي تَسْتطيعُ ذرَّاتُه الترابُطَ بعضُها مع بعض لِتُكوِّنَ حَلَقاتٍ وسلاسِلَ لا حَدَّ حَجْميًّا لها تقريبًا. ويُكَوِّنُ الكربونُ من المُرَكَّباتِ أكثرَ من المُرَكَّباتِ التي تكَوِّنُها جميعُ العناصرِ الأُخرى مُجتَمِعةً. فهو أساسُ الكيماويَّاتِ المَوجودةِ في الكائناتِ الحَيَّةِ والوُقُودِ الأُحفوريَّةِ والبِتْروكيماويَّات. ويَجْري تبادُلُ الكربون باستِمْرارٍ بين ثاني أُكسيد الكربون في الجَوِّ وبين المُرَكَّباتِ في النَّباتاتِ والحيوانات. كما إنّ حَرْقَ الوُقُودِ الأُحفوريَّة يُنْتِجُ ثاني أُكسيد الكربون.

شَكْلٌ جديدٌ من الكربون

البَكْمِنسْتَر فُولَرين هو شَكْلٌ من الكربون يُمكِنُ تَحْضيرُه بإحماءِ الغرافيت بقَوْسٍ كهربائيٍّ أو حُزْمةٍ بيزَريَّة؛ وهو يتواجَدُ أيضًا في السِّناج. هذا الشَّكْلُ من الكربون يتألَّفُ جُزَيئُه من 60 ذرَّةَ كربون مُنْتظِمةً على شَكْل كُرَة؛ وذرَّاتُ الكربون تُشَكِّلُ 12 مُخَمَّسًا وَ 20 مُسَدَّسًا (شَكْلًا سُداسيًّا) على سَطْح الكُرَة. وقد سُمِّيَ هذا المُرَكَّب باسم المُهَنْدس الأمريكيّ ريتْشارد بَكْمِنسْتَر فُولَر



اكتُشِفَ البَكْمِنسْتَر فُولَرين عام 1990. وجُزَيئاتُه على شَكْلِ كُرَاتٍ – كُلُّ كُرَةٍ منها تضُمُّ 60 ذرَّةَ كربون.



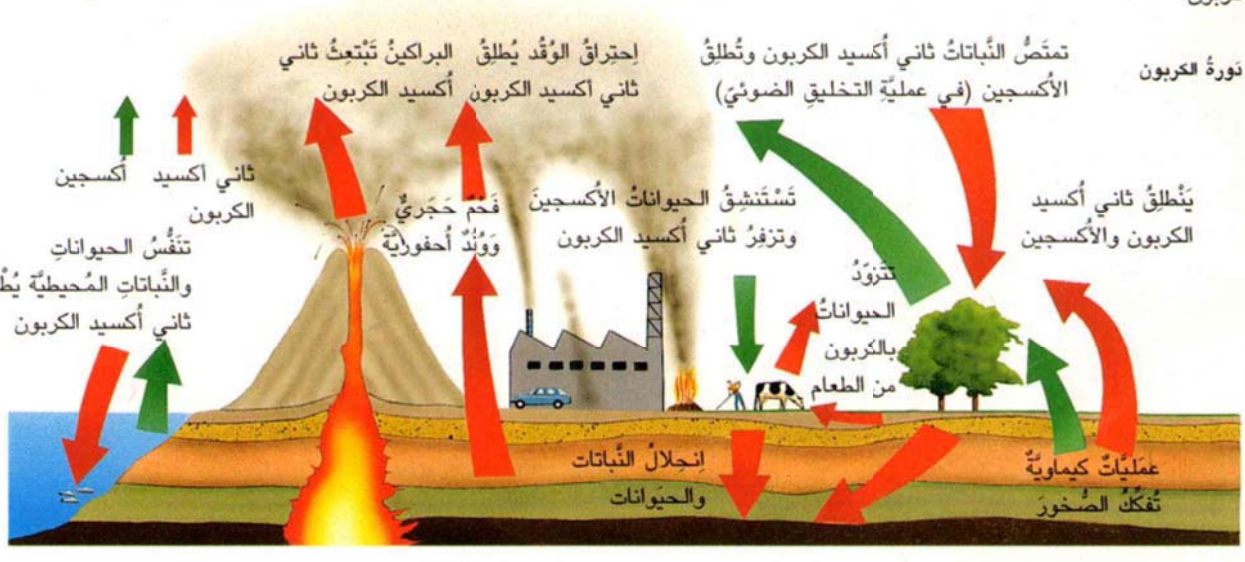
كثيرٌ من مُرَشِّحاتِ الماء المَنْزليَّةِ تَحوي فَحْمًا نباتيًّا. وأثناءَ انسِيابِ الماءِ عبْرَ المُرشِّح، يَمْتَزُّ الفَحْمُ، من الماءِ، الموادَّ المُذابَةَ فيه كالكلور.

(1895 – 1983)، لأنَّ جُزَيئاتِه تُشْبِهُ المَباني المُقَبَّبةَ السُّقوف التي صَمَّمها ذلك المُهَنْدس.

الفَحْمُ النباتيّ

تَتَراتبُ ذرَّاتُ الكربون في الفَحْم النباتيِّ عَشْوائيًّا. هذا الفَحْمُ يُصْنَعُ بحَرْقِ الخَشَب (الحَطَب) في فُرْنٍ مع قليلٍ من الهواء. ويُمكِنُ استِخْدامُه كوَقُودٍ لا دُخانيٍّ، فيتَوَهَّجُ بالحرارةِ الحمراءِ أثناءَ تفاعُلِه مع أُكسجين الهواء مُنْتِجًا ثاني أُكسيد الكربون.

الفَحْمُ النباتيُّ وافِرُ المَساميَّةِ؛ وهو يَمْتَزُّ أنواعًا كثيرةً من الجُزَيئاتِ مُشَكِّلًا معها روابطَ كيماويَّةً ضَعيفة. تُستَخْدمُ مُرشِّحاتُ الفَحْم النباتيِّ لِتَنْقِيَةِ الغازات وإنْصالِ (إزالةِ ألوان) السَّوائل. فهي تُستَخْدمُ، مثلًا، في أَقْنِعَةِ الغاز ومُرَشِّحات الماء. كذلك يُستَخْدمُ الفَحْمُ النباتيُّ في صِناعةِ تكرير السُّكَّر لإزالةِ اللَّونِ البُنِّيِّ من مَحْلولِ السُّكَّر الذي يتبَلْوَرُ حينئذٍ كسُكَّرٍ أبيضَ نَقِيٍّ.



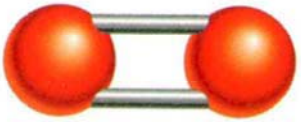
تَمْتَصُّ النباتاتُ ثاني أكسيد الكربون وتُطْلِقُ الأُكسجينَ أثناءَ عمليَّةِ التَّخليقِ الضوئيّ (التمثيل الكلوروفيليّ). الحيواناتُ تَلْتَهِمُ النَّباتاتِ؛ وتَتَنَشَّقُ الأُكسجينَ وتُطْلِقُ ثاني أُكسيد الكربون في عمليَّةِ التنفُّس. إحتِراقُ الوُقُودِ الأُحفوريَّة يَسْتَهلِكُ الأُكسجينَ ويُطْلِقُ ثاني أُكسيد الكربون.

اُنْظُر أيضًا

النَّبات – عرضٌ تشريحيّ ص 56 – 57، الذرَّات ص 150 – 151
التفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 – 163
التوازُنُ الطبيعيّ ص 434 – 435

النِّتْروجين والأُكسِجين

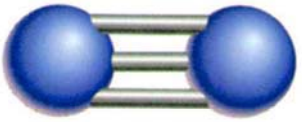
الهواءُ مَزيجٌ من الغازات يُحيطُ بالأرض ويُؤلِّفُ جَوَّها. غازا الأُكسجين والنِّتروجين يؤلِّفان 99 بالمئة من هذا الهواء.



يتألَّفُ جُزَيءُ الأُكسجين (O_2، أ$_2$) من ذرَّتَي أُكسجين مُتَرابطتين معًا برابطةٍ إسْهاميَّةٍ ثُنائيَّة.

الأُكسجينُ والنِّتروجينُ كلاهما عُنْصُرٌ غازيٌّ تتألَّفُ الجُزَيئاتُ فيه من ذرَّتين مُتَرابطتَيْن بروابِطَ إسْهاميَّة. ففي جُزَيئات النِّتروجين (N_2، ن$_2$) تَشُدُّ ذَرَّتَي الجُزَيءِ معًا ثَلاثُ روابط؛ وفي الأُكسجين (O_2، أ$_2$)، رابطتان فقط. الأُكسجينُ عُنْصرٌ شَديدُ التفاعليَّة – يُطْلِقُ غالِبًا كمِّيَّاتٍ كبيرةً من الحرارة عندما يَتفاعَل. النِّتروجين ذو تَفاعليَّةٍ أخفضَ بكثير.

التفاعُلاتُ الكيماويَّة

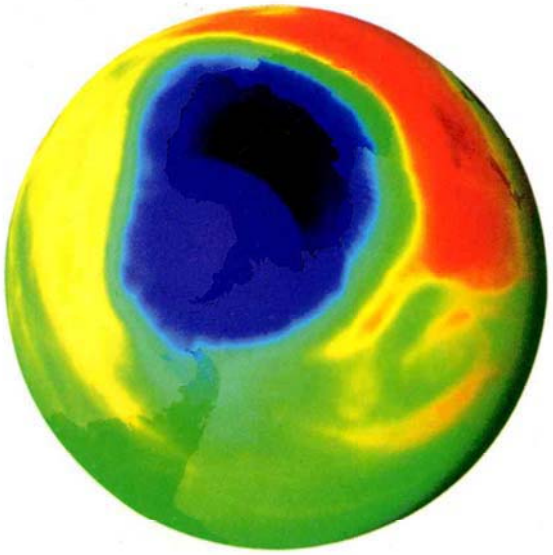


جُزَيئاتُ النِّتروجين (N_2، ن$_2$) يتألَّفُ واحِدُها من ذرَّتَي نِتْروجين مُتَرابطتَيْن معًا برابطةٍ إسْهاميَّةٍ ثُلاثيَّة.

يتفاعَلُ الأُكسجينُ مع مُعْظَمِ العناصِرِ الأُخرى مُنْتِجًا مُرَكَّباتٍ تُسَمَّى أكاسِيد. والأُكسيد الأشهَرُ والأعَمُّ من هذه الأكاسيد هو أُكسيدُ الهِدْروجين المَعْروفُ بالماء (هـ$_2$أ، «H_2O»). يَتفاعَلُ الحَديدُ ببُطءٍ مع أُكسجينِ الهواء مُكَوِّنًا الصَّدأ، أو أكسيد الحديد (ح$_2$ أ$_3$، «Fe_2O_3»).

عندما تَحْتَرِقُ الوُقُود وعندما تَتَنَفَّسُ الكائناتُ الحَيَّة، تَستَخْدِمُ الأُكسجين مُكوِّنةً ثاني أُكسيد الكربون (ك أ$_2$، Co_2). والنَّباتاتُ تَستَخْدِمُ ثاني أُكسيد الكربون والماء لِتكوِّنَ أنسِجَتَها وتُطْلِق الأُكسجين. هذه العمليَّةُ تُسَمَّى التَّخليقَ الضَّوئيَّ. النِّتروجينُ جُزْءٌ رئيسيٌّ من البروتينات في الكائناتِ الحيَّة. ويُتَبَدَّلُ هذا العُنْصرُ باستِمْرار بين جُزَيئاتِ نِتْروجينِ الجَوّ (الهواء) وبين نِتروجين المُرَكَّباتِ النِّتروجينيَّةِ في التُّربة ونِتْرجين البروتينات النباتيَّةِ والحيوانيَّة. ويُسَمَّى هذا التبدُّل دَورةَ النِّتروجين في الطبيعة.

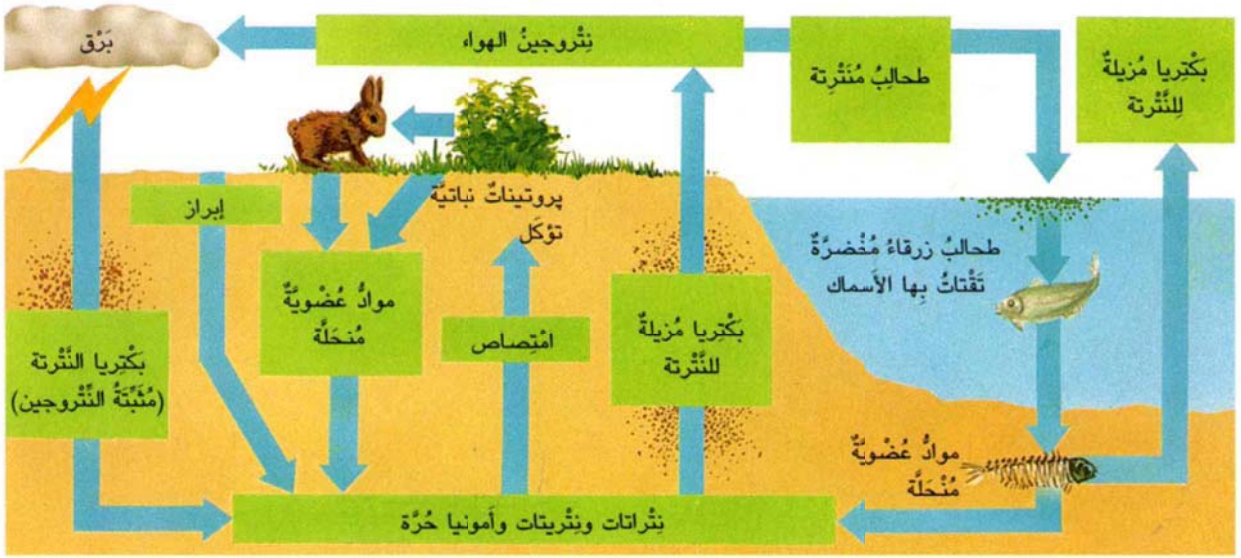
► صوفُ الفُولاذ يَحترِقُ بسُطوعٍ في الأُكسجين النَّقيّ. وسُرْعةُ هذا التفاعُل أشَدُّ مِمّا لو كان الفولاذُ كُتْلةً جامدةً. وذلك لأنَّ خيُوطَ الفولاذ الرَّفيعةَ أفضلُ وأشَدُّ تماسًّا مع الأُكسجين.



هذه الصورةُ المُعَزَّزةُ حاسُوبيًّا التُّقِطَتْ من ساتلٍ فوق القارَّةِ القُطْبيَّةِ الجنوبيَّة. وهي تُبَيِّنُ ثَقْبًا في طَبَقةِ الأوزون تَبْلُغُ مِساحتُه 27 مليون كيلومتر مُربَّع.

الأُكسجين والأُوزون

الأُوزونُ شكلٌ آخَرُ تآصليٌّ من الأكسجين، صِيغتُه الكيماويَّةُ (O_3، أ$_3$) يتألَّفُ جُزَيئه من ثلاثِ ذرَّات أُكسجين مُتَرابطةً على هيئةٍ مثلَّث. يُشَكِّلُ الأوزون طَبَقةً فوق سطحِ الأرض على ارتفاع حوالى 25 كيلومترًا. الأشِعَّةُ فوق البَنَفْسجيَّة في ضَوءِ الشَّمْس تَفْلِقُ جُزَيئاتِ الأُكسجين إلى ذرَّاتٍ مُنْفصِلَة، ثُمَّ تَتَّحِدُ هذه الذرَّات مع جُزَيئاتِ الأُكسجين (O_2، أ$_2$) مُكَوِّنةً الأُوزون. تعمَلُ طَبَقةُ الأوزون كَساتِرٍ شَمْسيٍّ يَصُدُّ معظمَ الأشِعَّةِ فوق البَنَفْسجيَّة المُؤذِية ويَمْنَعُها من بُلوغِ سطحِ الأرض. لكِنَّ غازاتِ العَوادِمِ من الطائرات، وبعضَ المِرَذَّات، والكيماويَّاتِ المُسْتَخْدَمةَ في الثلَّاجات القديمة تُدَمِّرُ الأُوزون. فتَظْهَرُ ثُقوبٌ في طَبَقةِ الأوزون يَمُرُّ عَبْرَها مَزيد من الأشِعَّة فوق البَنَفْسجيَّة التي تُلْحِقُ الضررَ بالنَّباتات وتسبِّبُ تَزايُدًا في إصاباتِ السَّرطان الجِلْديِّ في البَشَر.



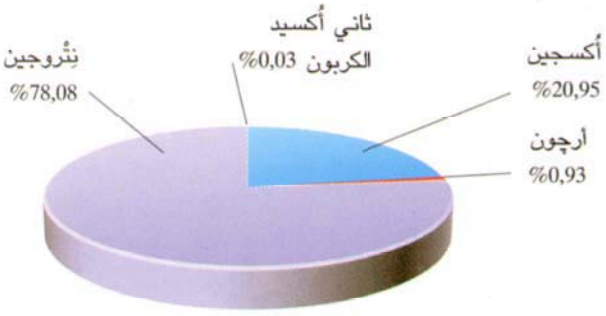
► دَورةُ النِّتْروجين تُبادِلُ النِّتْروجين باستِمْرار بين الهواءِ وبين الكائناتِ الحيَّة. والبَرْقُ والبَكْتِريا تُحَوِّلُ غازَ النِّتْروجين إلى نِتْراتات في التُّربة. والنَّباتاتُ تَستَخْدِمُ هذه الأملاحَ لِتُكوِّنَ بروتيناتٍ هي قُوتٌ للحيوانات. الإنحِلالُ والإبرازُ يُعيدان الأملاحَ إلى التُّربة، حيثُ تُحَلِّلُها بعضُ البكتِريا وتُطلِقُ منها غازَ النِّتْروجين.

انْظُر أيضًا

النَّبات – عرضٌ تشريحيّ ص 56 – 57
التفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 – 163
الهواء ص 172

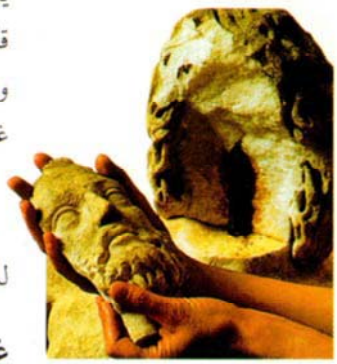
الهواء

الغازاتُ التي يتألَّفُ منها جَوُّ الأرض (الهواء) ضَروريَّةٌ وحيَويَّةٌ لِبَقاءِ الحياةِ على الأرض. وهي تتفاعَلُ باستِمْرارٍ مع الكائناتِ الحيَّة وتَتأثَّرُ بها.



التركيبُ الأساسيُّ للجَوّ يَبْقى ثابتًا تَقْريبًا من يوم لآخر. أمَّا كمِّيَّةُ التلَوُّثِ في الهواء فتَتَغيَّرُ حسَبَ الوَقت والمَوقع الجُغرافيّ.

يتألَّفُ الهواءُ تقريبًا من حوالى 78 بالمئة نِتْروجين، وأكثرَ قليلًا من 20 بالمئة أُكسجين، وَ واحد بالمئة أرجون، وكمِّيَّاتٍ ضئيلة من ثاني أُكسيد الكربون ومنَ الغازاتِ النبيلةِ غير الأرجون. طَبَقَةُ الهواء حول الأرض كافِيَةٌ للتنَفُّس حتَّى ارتفاع 10 كيلومترات فوق سطح البَحْر – أي إنّه لو مُثِّلَت الأرضُ بِحَجْم كُرَةِ القَدَم، لكان سمكُ الهواء الكافي للتنَفُّس أقلَّ من مليمترٍ واحد.



بَنَّاءٌ يُحَضِّرُ وَجْهًا بَديلًا لِتِمثالٍ تضرَّرَ كثيرًا بالمَطَر الحامضيّ. المطَرُ الحامضيُّ هو مَزيجٌ مُخَفَّفٌ من حامضَي النِّتريك والكِبْريتيك يتكوَّنُ باختِلاط غازاتِ احتراقِ الوُقُود الأُحفوريَّة مع ماءِ المَطَر.

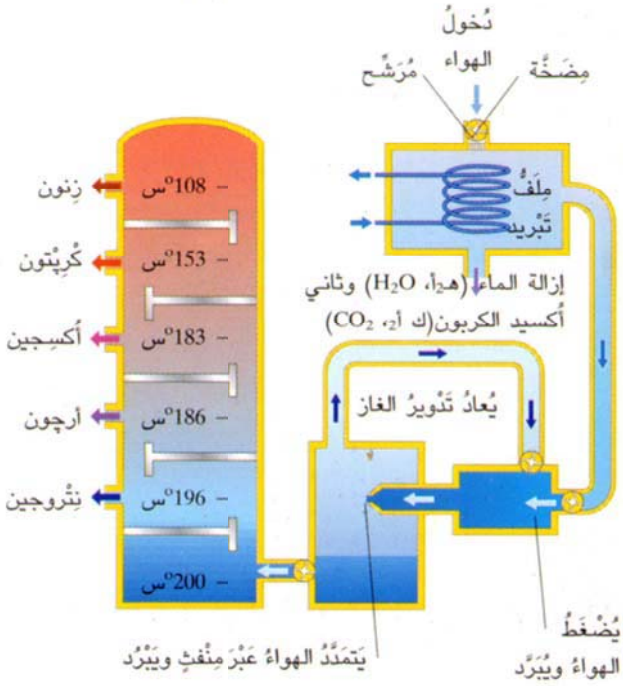
غازاتٌ من الهواء

كثيرٌ من العمليَّاتِ الصِّناعيَّةِ تَسْتَخْدِمُ غازاتٍ من الهواء. فالأُكسجينُ يُسْتَخْدمُ في إنتاجِ الفولاذ وفي التَّلْحيم. ويُسْتَخدَمُ النِّتروجينُ في صُنْعِ الأمونيا، التي تُستَخْدمُ بِدَوْرِها في صُنْعِ الأَصْباغِ والأَسْمِدةِ والمُتَفجِّرات والعَقاقيرِ واللَّدائن. ويُكْسِبُ ثاني أُكسيد الكربون الأشربةَ الآزَّةَ فقاقيعَها. والأرجون كما النِّيون – وكلاهما غازٌ نبيلٌ عَديمُ التفاعُليَّةِ الكيماويَّةِ تقريبًا، يُسْتَخْدمُ في تعبئةِ صَمَجاتِ الإنارة. وجميعُ هذه الغازات يُمكِنُ الحصولُ عليها من الهواءِ بِطريقةِ التَّقْطير التَّجْزيئيّ.

تَلَوُّثُ الهواء

جميعُ الصِّناعاتِ تقريبًا تَعْتَمِدُ على الوُقُودِ الأُحفوريَّةِ كمَصْدرٍ للطاقة. واحتِراقُ هذه الوُقُودِ يُنْتِجُ أكاسِيدَ من الكِبْريت والنِّتْروجين تُسَبِّبُ مَطرًا حامِضيًّا وأمراضًا رِئويَّةً. المَطَرُ الحامضيُّ يُذيبُ بعضَ أنواعِ الصُّخور تَدريجيًّا ويُمكِنُه قَتْلُ الأشجارِ والأَسْماك. ويَحْتَبِسُ ثاني أكسيد الكربون، في الهواء، الحرارةَ من الشَّمْس ويمنَعُ الأرضَ من أن تَبْرُدَ إلى مُستوًى أبْرَدَ من أنْ يَصْلُحَ للعيش. ويُعْرَفُ هذا بِظاهرةِ الدَّفيئات. لكِنَّ تزايُدَ ثاني أُكسيد الكربون في الجَوِّ الناتِج عن تزايُد حَرْقِ الوُقُودِ الأُحفوريَّة آخِذٌ في زيادةِ مُعدَّلِ درجةِ حرارة جَوِّ الأرض. هذه الظاهِرةُ، المعروفةُ بالحُمُوِّ العالميِّ، يُمكِنُها إحداثُ أضرارٍ بيئيَّةٍ طويلةِ المَدى والأمَد.

◄ سطحُ الأرض يُسَخَّنُ بأشِعَّةِ الشَّمْس. والأرضُ تفقِدُ حرارةً على شَكْلِ إشعاعاتٍ دونَ الحمراء. ثاني أُكسيد الكربون في الجَوِّ يَحْتَبِسُ بعضَ هذه الإشعاعات مُسبِّبًا ما يُسَمَّى ظاهرةَ الدَّفيئات.



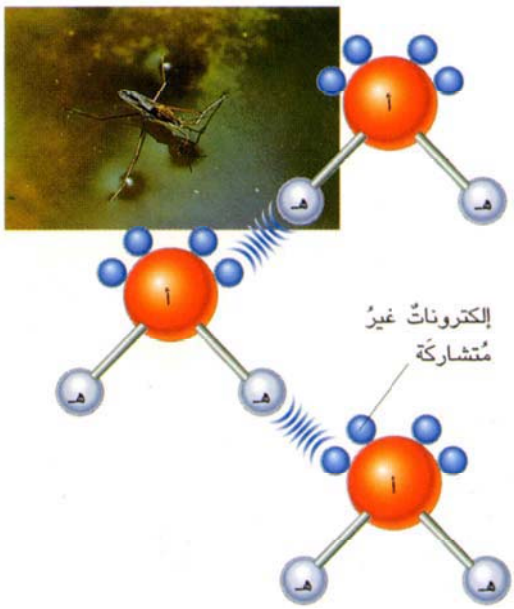
▲ في درجة – 200°س، يُمكِنُ فَصْلُ الهواءِ السائلِ إلى غازاتِه المُكَوِّنة بعمليَّةِ التَّقْطير. التبريدُ الناشِطُ يُزيلُ ثاني أكسيد الكربون (ك أ٢، CO_2) والماءَ (هـ٢أ، H_2O) من الهواء. ثُمَّ بعمليَّاتِ الضَّغْطِ والتبريدِ والتمَدُّدِ المُتكرِّر يُبَرَّدُ الهواءُ حتَّى يصيرَ سائلًا.

أُنْظُر أيضًا

جَوُّ الأرض (الغِلافُ الجَوِّيّ للأرض) ص 10
تلَوُّثُ الهواء ص 453
تَغيُّرُ المُناخ ص 460

المَاء

الماءُ سائلٌ عديمُ اللَّونِ والرَّائحة، وصِيغَتُه الكيماويَّة هي (H_2O، هـ٢أ). على ضَغْطٍ جَوِّيٍّ عياريٍّ، يَتجَمَّدُ الماءُ على درجةِ صِفْرٍ°س، ويَغلي على درجة 100°س.



قُوى التجاذُب بين جُزَيئات الماءِ تُكْسِبُه تَوَتُّرًا سَطْحيًّا يُمَكِّنُ بعضَ الحَشَرات من التنَقُّلِ على سَطْحِه دُونَ أنْ تَغوص.

رُغْمَ أنَّ الماء هو أحَدُ الموادِّ الكيماويَّة المألوفةِ جِدًّا، فإنَّه يَتمَيَّزُ ببعضِ الخصائصِ غَيْرِ العاديَّة. فمثلًا مُرَكَّبا الأمونيا (نهـ٣، NH_3) وكبريتيدُ الهِدْروجين (هـ٢كب، H_2S) شَبيهانِ بالماءِ من حيثُ أنَّ كلَيهما مُرَكَّبٌ من لا فلِزٍّ مُتَّحِدٍ مع الهِدْروجين. وكلاهما ذو جُزَيئاتٍ أثقَلَ من جُزَيئاتِ الماء، مِمَّا يُفتَرَضُ أن يجعَلَ دَرَجاتِ غلَيانِهما أعلى من درجةِ غلَيانه. لكِنَّ الواقِعَ هو أنَّ الأمونيا وكِبْريتيدَ الهِدْروجين كليهما غازٌ في درجةِ حرارة الغُرفة، بينما الماءُ سائلٌ. فالتجاذُبُ القَوِيُّ غَيْرُ العاديِّ بين جُزَيئاتِ الماء يجعَلُه سائلًا في درجةِ حرارةِ الغُرفة.

يتألَّفُ جُزَيءُ الماءِ من ذَرَّةِ أُكسجين مُترابِطةٍ مع ذرَّتَي هِدْروجين. ذرَّةُ الأُكسجين تَشُدُّ الإلكتروناتِ بعيدًا عن ذرَّتَي الهِدْروجين؛ مِمَّا يُكْسِبُها شِحْنةً سالِبةً ضئيلة، بينما ذرَّتا الهدروجين ذاتا شِحْنتَيْن مُوجِبتَيْن. هذه الشِّحْناتُ تَجْذِبُ جُزَيْئاتِ الماء بعضَها إلى بعض؛ وهذا يجعلُ الماءَ مُذيبًا ممتازًا للجُسَيْماتِ المَشْحونةِ كالأَيونات التي تؤلِّفُ الأملاح.

معظَمُ الموادِّ تَغدو أكثفَ عندما تَتجَمَّد؛ لكِنَّ الجليدَ أقلُّ كثافةً بقليلٍ من الماء. لذا، تَطْفو جبالُ الجليدِ في البَحْر كما تَطْفو مُكَعَّباتُ الجليدِ في كؤوس الشَّراب.

الماءُ في كُلِّ مَكان

يُغَطِّي الماءُ 70 بالمئة من سَطْح الأرض. ويَتواجَدُ حوالى 97 بالمئة من ماءِ الأرضِ في المُحيطاتِ والبِحار؛ وأقلُّ من واحد بالمئة في البُحَيْراتِ والأَنهار؛ والباقي هو في الغالب جَليدٌ أو ثَلْج.

الماءُ ضَروريٌّ للحياة؛ فهو يُؤلِّفُ حوالى 70 بالمئة من الجِسْم البَشريّ، في حين تتألَّفُ الخَسَّةُ من حوالى 98 بالمئة ماء. الحيَواناتُ والنَّباتاتُ تَسْتَخْدِمُ الماءَ في دَواخِلِها لِنَقْلِ المُغَذِّياتِ والمُنْتَجاتِ الفَضَلاتيَّة. فالدَّمُ البَشريُّ يتألَّفُ من حوالى 90 بالمئة ماء؛ والنُّسْغُ، الذي يَدورُ في النَّباتات، هو أيضًا في مُعظَمِه ماء.

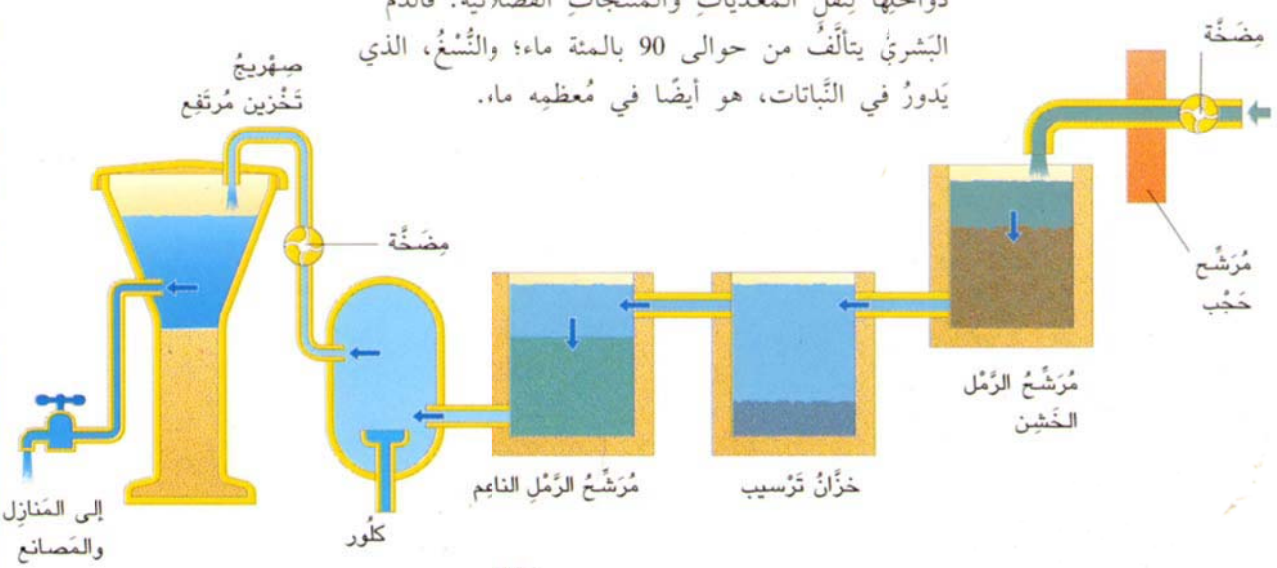
شَجَرةُ البلُّوط البالِغةُ تَفْقِدُ بالنَّتْح، خِلالَ فَصْلِ الصَّيْف، حوالى 250 لِتْرًا من بُخارِ الماءِ يوميًّا.

مَوارِدُ الماء

يؤخَذُ الماءُ من الخَزَّانات أو الأَنْهارِ أو الآبارِ الجَوفيَّة لإمدادِ المنازل بِحاجاتها منه. والماءُ من هذه المَصادرِ يَحوي موادَّ مُذابَةً من صُخورِ الأرض؛ وقد يَحوي كيماويَّاتٍ استَخْدَمَها المُزارعون في تَسْميدِ أو رشِّ مَزْروعاتِهم. الماءُ العَسِرُ، الذي يُشَكِّلُ غُثاءً، ولَيْسَ رَغوةً، مع الصابون، يَحوي أملاحًا من الكالسيُوم والمَغْنسيُوم مُذابةً فيه. وقد يَحوي الماءُ غيرُ المُعالَجِ أيضًا موادَّ جامدةً كالرَّمْل وجُسَيْماتِ التُّرْبة، وغالِبًا جراثيمَ مُؤذية.

مَحَطَّاتُ تكريرِ المياه تجعَلُ الماءَ صالِحًا للشُّرْب بإزالةِ الموادِّ الجامدة منه وإبادةِ المُتعَضِّيات المُؤذية فيه. أمَّا الأملاحُ المُذابةُ غيرُ المُؤذيةِ فإنَّها تُتْرَكُ فيه عادةً.

تتلَقَّى مَحطَّةُ التكرير المياهَ من بُحَيْرةٍ أو نَهْرٍ أو جَدْولٍ. المَصافي تُزيلُ الأجسامَ الكبيرةَ، والمُرَشِّحاتُ المُتزايِدةُ الدِّقَّة تُزيلُ كافَّةَ الجُسَيْماتِ الجامدة المُسْتَعْلَقة. ويُسْتَخْدَمُ الكلُور (Cl_2، كل٢) لإبادةِ الجراثيم؛ وفي بعضِ البُلْدان يُسْتَخْدَمُ الأوزونُ لهذا الغَرَض لأنَّ تأثيرَه في طَعْمِ الماءِ أقَلُّ كثيرًا من تأثيرِ الكلُور.



أُنْظُر أيضًا

المُحيطات ص 12
المَطَرُ والثَّلْج ص 38
تلَوُّثُ الماء ص 452
الطَّاقةُ المُتَجَدِّدة ص 458

الكيمياءُ العُضْويَّة

الكيمياءُ العُضْويَّةُ هي دِراسةُ مُرَكَّباتِ الكربون. والكثيرُ من هذه المواد هو من تَخْليقِ الكائناتِ الحيَّة؛ فيما تُحَضَّر الأُخَرُ اصْطِناعيًّا.

هنالك حوالَى 3 ملايينَ مُرَكَّبٍ عُضْويٍّ يَحوي مُعْظمها ذرَّاتِ الكربون مُتَرابِطةً معًا في حَلَقاتٍ أو سَلاسِل.

البروبان (ك$_3$هـ$_8$، «C_3H_8») هو أحد الألْكانات؛ ويُمكِنُ تَخْزينُه في أُسْطواناتٍ فولاذيَّةٍ تحت الضَّغْط. غازُ البروبان المُسَيَّلُ يَتبَخَّرُ في الحاروق (المَوقِد) ويَحْتَرِقُ بِلَهَبٍ حارٍّ نَظيفٍ.

الهِدْروكَرْبونات

الهِدْروكَرْبوناتُ مُرَكَّباتٌ عُضْويَّةٌ تتألَّفُ من ذرَّاتِ الكربون والهِدْروجين فقَط. النِّفْطُ الخامُ مَزيجٌ مؤلَّفٌ من حوالى 300 هِدْروكربون تختلِفُ تَبَعًا لِنَوعِ النِّفْط. والغازُ الطبيعيُّ يتألَّفُ من حوالى 99 بالمئة مِيثان (ك هـ$_4$، «CH_4»). الهِدْروكربوناتُ تُسْتَخْدمُ كوُقُودٍ، وهي تَشْمَلُ الغازَ الطبيعيَّ، والغازَ المُعبَّأَ في قَوارير، والبِنْزينَ، وزَيْتَ الدِّيزِل والكِيروسين (الكاز).

الأَلْكانات (البرافينات)

الميثان (ك هـ$_4$، «CH_4») هو العُضْو الأوَّلُ في أُسْرةٍ (أو سلسلة) من الهِدْروكربونات تُسَمَّى الأَلْكانات (البرافينات) صيغتُها الكيماويَّة العامَّة هي Cn H_{2n+2} «ك ن هـ$_{2ن+2}$». الأعضاءُ أو المُرَكَّباتُ الأُخرى في هذه السِّلسلة هي الإيثان (ك$_2$ هـ$_6$، «C_2H_6») والبروبان (ك$_3$ هـ$_8$، «C_3H_8») والبيُوتان (ك$_4$هـ$_{10}$) إلخ - ويَحوي العُضْوُ في السِّلسلة مجموعة CH_2 (أي ذَرَّة كربونٍ واحدة وذرَّتَي هِدْروجين) أكثرَ من العُضْوِ الذي يَسْبِقُه. اللَّاحقةُ (-ان، ane-) تُبَيِّنُ أنَّ المُرَكَّبَ هو عُضْوٌ في هذه الفئة.

أُسْطُوانةٌ من غاز الإيثان المَضْغوط.

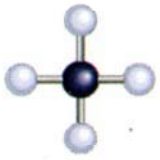
قارورةٌ تَحوي بعضَ البروم (البرومين) مُذابًا في الماء.

البروم عُنْصرٌ هالوجينيٌّ سائل، عالي التفاعُليَّة، ذو لَونٍ أحمرَ بُنِّيٍّ. هذا اللَّونُ يَبْهَتُ بِبُطءٍ عندما تَحُلُّ ذرَّاتُ البروم محَلَّ ذرَّات الهِدْروجين في الإيثان واحدةً بواحدة. هذا النَّمَطُ من التفاعُل يُسَمَّى تفاعُلًا استِبْداليًّا.

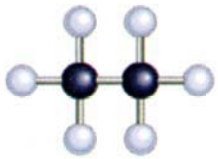
أُسْطُوانةٌ من غاز الإيثين المَضْغوط.

قارورةٌ تَحوي البروم مُذابًا في الماء.

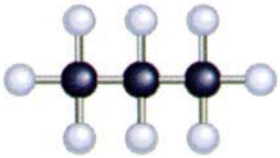
يَتلاشَى لونُ البروم بِسُرعة عندما يُمْزَجُ مع أحدِ الأَلْكينات. إذ تتفَتَّحُ رابِطةُ الكربون - كربون الثُّنائيَّة وتَنْضافُ ذرَّاتُ البروم إلى الهِدْروكربون. هذا النَّمَطُ من التفاعُل يُسَمَّى تفاعُلَ إضافة.



الصِّيغةُ الجُزَيئيَّة للميثان (ك هـ$_4$، «CH_4») تُبَيِّنُ أنواعَ الذرَّات المَوْجودة فيه وأعدادَها. أمَّا الصِّيغةُ البِنْيويَّةُ فتُبَيِّنُ كيفيَّةَ تراتُب تلك الذرَّات معًا.



صِيغَةُ الإيثان الجُزَيئيَّة هي (ك$_2$هـ$_6$، «C_2H_6»). وتُبَيِّنُ صِيغتُه البِنْيويَّةُ (ك هـ$_3$ - ك هـ$_3$، «$CH_3 - CH_3$») أنَّ كُلَّ ذرَّةِ كربون مُتَرابطةٌ مع ثلاثِ ذرَّات هِدْروجين.



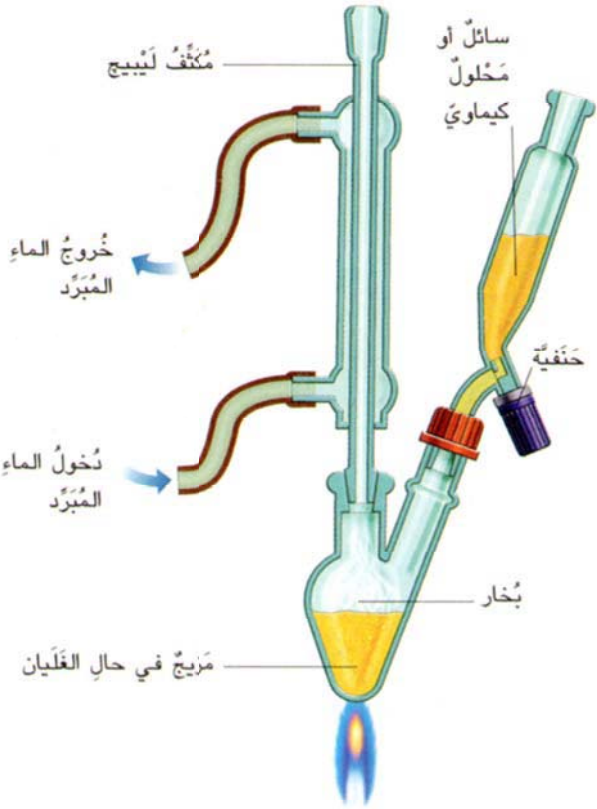
صِيغَةُ البروبان هي (ك$_3$هـ$_8$، C_3H_8). وتُبَيِّنُ البادِئةُ (بروب-) في اسم المُرَكَّب أنَّه يَحوي ثلاثَ ذرَّاتِ كربون. فيما تُشيرُ البوادئُ (بِنْت-) وَ (هِكْس-) وَ (هيبت-) وَ(أوكت-) إلى وُجودِ خَمْس، وسِتّ، وسَبْع، وثماني ذرَّات على التوالي.

الأَلْكينات

الأَلْكيناتُ تحتوي على رابطةٍ ثُنائيَّةٍ (مُزدوِجة) واحدةٍ على الأقَلّ بين ذرَّتين من الكربون؛ وهي تُسَمَّى مُرَكَّباتٍ غير مُشْبَعةٍ بسبَبِ هذه الروابط الثُّنائيَّة - فيما الأَلْكاناتُ تحوي روابطَ أُحاديَّةً فقط وهي مُرَكَّباتٌ مُشْبَعة. الصِّيغَةُ الكيماويَّةُ العامّة للأَلْكينات هي C_nH_{2n}. العُضْوان الأوَّلان في أُسْرةِ الأَلْكينات (الأولفينات) هما الإيثين (ك$_2$هـ$_4$، «C_2H_4») والبروبين (ك$_3$ هـ$_6$، «C_3H_6»). الصِّيغتان البِنْيويَّتان للإيثين والبروبين هما (ك هـ$_2$ = ك هـ$_2$، $CH_2 = CH_2$) وَ (ك$_3$هـ$_6$ - ك هـ = ك هـ$_2$، $CH_2 = CH - CH_3$) على التوالي وهما تُبَيِّنان روابطهما الثُّنائيَّة (المُزْدوجة).

الروابطُ الثُّنائيَّةُ تُكْسِبُ الأَلْكينات مَزيدًا من التفاعُليَّة بالمُقارنة مع الأَلْكانات. فيُمكِنُ أن تتفكَّكَ إحدى الروابط الثنائيَّة وتُكَوِّنَ روابطَ مع ذرَّاتٍ أُخرى. الزُّيوتُ النباتيَّةُ المُتَعدِّدةُ اللَّاإشباع التي تَحوي عِدَّةَ روابطَ ثُنائيَّةٍ (مُزدوجة) تَتفاعَلُ مع الهِدْروجين فَتُكَوِّنُ دُهونًا مُشْبَعةً جامدة - وذلك بتَفَتُّح روابط الكربون - كربون الثنائيَّة لتصيرَ روابطَ كربون - هِدْروجين، تاركةً روابطَ أُحاديَّةً حيث كانت الروابطُ ثُنائيَّة.

ويُمكِنُ للأَلْكيناتِ البَسيطةِ الترابُطُ معًا لِتُكَوِّن جُزَيئاتٍ طويلةً جِدًّا تُسَمَّى مَكْثُورات (پُوليمرات). فتفاعُلُ الكَوْثَرة (البَلْمَرة) للإيثين يُنْتِجُ البُولِيثين بتَفَتُّح رابطةٍ ثُنائيَّةٍ في كُلِّ جُزَيءٍ ووَصْلِه بِجُزيئَي إيثين أو أكثر مع تَنامي سِلْسلةِ المَكْثُور.



التفاعُلاتُ الكيماويَّةُ البَطيئةُ يُمكِنُ تَسريعُها براسِطةِ الحرارة. الجهازُ المُبَيَّنُ اعلاه يتألَّفُ من ثلاثةِ اجزاءٍ رئيسيَّة. فالتفاعُلُ يَجْري في القارورة المُحْماةِ في اسفَلِ الجهاز؛ والحَنَفيَّةُ تتَحكَّم في إضافةِ السوائل إلى القارورة؛ والمُكَثِّفُ العَموديُّ يُبَرِّدُ الأبْخرةَ الصاعِدةَ من القارورة ويُحَوِّلُها إلى سائلٍ يَنْسابُ عائدًا إلى القارورة.

المَجْموعاتُ الوَظيفيَّة

الرَّابطةُ الثنائيَّةُ في جُزَيئاتِ الأَلْكينات تُكْسِبُها خصائصَها المُمَيِّزة؛ وهي مَثَلٌ على مَجْموعةٍ وَظيفيَّة. فعندما تَحُلُّ عناصِرُ أو مجموعاتُ ذرَّاتٍ مُختلِفةٌ مَحَلَّ ذرَّاتِ الهِدْروجين في الأَلْكانات، وفي هِدْروكَرْبوناتٍ أُخرى، تَنْتُجُ أُسَرٌ (أو سلاسلُ) جديدةٌ من المُرَكَّبات.

الكحُولاتُ كُلُّها تَحوي مَجْموعةَ الهِدْروكسيل (-أه، «OH-») مُتَرابطةً مع ذرَّةِ كَرْبون. فالإيثانول (ك٢ هـ٥ أه، «C_2H_5OH») هو سائلٌ حادُّ الرائحةِ يتواجَدُ في الأَشْربةِ الكُحوليَّة، فيما الإيثان (ك٢هـ٦، «C_2H_6») هو من الأَلْكانات السَّائلة. والمُنظِّفُ البروپانُوليُّ (ك٣هـ٧أه، «C_3H_7OH») هو مانِعٌ مُفيدٌ لِتَنْظيفِ المُسَجِّلاتِ الڤيديويَّة والأجهزةِ الدقيقة الأُخرى.

الخَلُّ يَحوي حامِضَ الخَلِّ المُسَمَّى كيماويًّا حامِضَ الإيثانويك (هـ٤ ك٢أه، «CH_3COOH»). والمَجْموعةُ الوَظيفيَّةُ في هذه الحال هي المَجْموعةُ الكَرْبوكسيليَّة (-ك أه، «COOH -»). رائحةُ الزُّبْدِ الفاسِد والعَرَقِ (عرقِ الجسَد) سببُها حامِض البيُوتانويك (ك٤هـ٧ ك أه، «C_3H_7COOH»).

المَجْموعاتُ الوَظيفيَّةُ المَعْروفة لا تَزيد على العِشْرين، لكِنَّها تنتجُ ملايينَ الجُزَيئاتِ العُضْويَّةِ المُختلِفةِ بإضافةِ

جُزَيئاتُ د ن أ مُلَفَّفةٌ داخِلَ نَوى الخلايا. وهي مُشَكَّلةٌ على هيئةِ سُلَّمٍ مُلَولَبٍ تَحْمِلُ «الدَّرَجاتُ» في قَلْبِهِ شَفْرةً تتضمَّنُ تَعْليماتٍ لِكُلِّ خليَّةٍ حولَ كيفيَّةِ تَصْنيعِها للپروتينات. جُزَيءُ د ن أ المُنْحَلُّ التَّلَفُّف قد يَبْلُغُ لمِتْرٍ طولًا.

تَوليفاتٍ أو جميعاتٍ كيماويَّةٍ مُختلِفةٍ في مواقعَ مُخْتلِفةٍ من جُزَيئاتِ الهِدْروكَرْبونات ذاتِ الأطوالِ والأَشْكالِ المُختلِفة.

جُزَيئاتٌ عُضْويَّةٌ حياتيَّة

كيمياءُ الكائنات الحيَّة تُسَمَّى الكيمياءَ الحيَويَّة. نحنُ، في أَطعِمتِنا، نأكُلُ جُزَيئاتٍ عُضْويَّةً مُعَقَّدةً يجري تَفْكيكُها في عمليَّةِ الهَضْم. فالكربوهِدْراتاتُ، من المأكولاتِ النَّشَويَّة، تعطينا الغلوكوز؛ والپروتيناتُ، من اللُّحومِ والحُبوب، تُزَوِّدُنا بالأَحماض الأَمينيَّة. ويَقومُ الدَّمُ بِنَقْلِ هذه الجُزَيئاتِ الصغيرة إلى الخلايا في أجسامنا. الغلوكوز يَتفكَّكُ تاليًا إلى ماء وثاني أُكسيد الكربون، ويُطلِقُ طاقةً نَسْتَخْدِمُها في تَنَقُّلاتِنا وأنشِطَتِنا وفي تَزْويدِ التفاعُلاتِ الكيماويَّة الأُخرى بالطاقة. الأَحماضُ الأَمينيَّةُ تَترابَطُ معًا لِتكوينِ الپروتينات في أنسِجَةِ العَضَلاتِ والجِلْدِ وبِنَى الجِسْمِ الأُخرى. وبعضُ الپروتينات هي أَنْزيماتٌ تُساعِدُ في إحداثِ هذه التفاعُلاتِ المُعَقَّدةِ كُلِّها. والپروتيناتُ أساسيَّةٌ في بناءِ وحِفظِ وتجديدِ وعَملِ الخلايا في أجسامنا. والتفاعُلاتُ التي تَقومُ بتَخْليق هذه الپروتينات في أَجْسامنا يَحْكُمُها د ن أ (الحامِضُ النوويُّ الرِّيبيُّ المَنْقوصُ الأُكسِجين) المُلَفَّفُ داخِلَ خليَّة، والذي نَرِثُ بِنْيَتَه من والدينا.

اليَحْمورُ (الهيموغلوبين) يحمِلُ الأُكسجينَ في كُرَيَّاتِ الدَّمِ الحمراء. وهو جُزَيءٌ پروتينيٌّ يتألَّفُ من أربَعِ سَلاسِلَ تَضُمُّ الواحدةُ منها 145 حامضًا أَمينيًّا مُلْتَفَّةً حولَ ذرَّة حديد. الكيميائيُّ الحيَويُّ البريطانيُّ النَّمْساويُّ المَولد، ماكْس ف. پروتْز (1914 -)، اكتشفَ بِنْيةَ اليَحْمور، عام 1959، بعدَ عُقودٍ طويلةٍ من البَحْث. وأهَّله هذا الإنجاز إلى نَيْلِ جائزةِ نُوبِل للكيمياء عام 1962 بالمشاركة مع الفيزيائيِّ البريطانيِّ السِّير جون كيندرو.

اُنْظُر أيضًا

الهَضْم ص 128 – 129
الجينَاتُ والكروموسُومات ص 135
التفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 – 163
الرَّابطُ والتَّكافُؤ ص 166 – 167
النَّقْطُ والتكرير ص 210 – 211

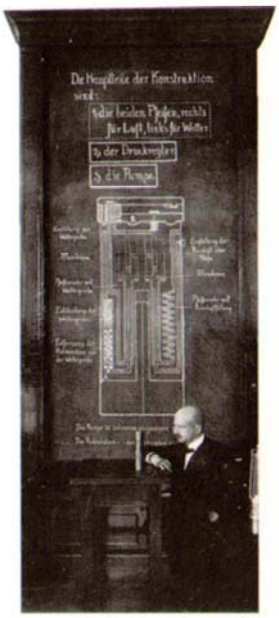
الحفَّازات

الحفَّازاتُ موادُّ تُسَرِّعُ التَّفاعلاتِ الكيماويَّةَ دُونَ أنْ تُستَهْلَكَ هي بذاتِها. وتُستَخْدمُ الحفَّازاتُ في كثيرٍ من العمليَّاتِ الصِّناعيَّة.

تتفاعَلُ الجُزَيئاتُ فقَط عندما تَتصادَمُ بقُوَّةٍ كافية. بعضُ التفاعُلاتِ بَطيءٌ لأنَّ قِلَّةً قليلةً من الجُسَيْماتِ فيها تَتصادَمُ بقُوَّةٍ كافِيَةٍ لجَعْلِها تتفاعَل. الحفَّازُ يَقومُ بتَفكيكِ خُطوةٍ عَسيرةٍ من التفاعُلِ إلى خُطوتَيْن أو أكثَرَ أسهَلَ وأيْسَر.

في الخُطْوةِ الأُولى، يتَّحِدُ الحفَّازُ مع أحدِ الجُزَيئات المُتَفاعلة فيُنتِجُ مادَّةً وَسيطةً تتفاعَلُ في خُطوةٍ ثانية مع جُزَيءٍ متفاعلٍ آخَرَ لِتكوِّنَ المُنتَجَ والحفَّاز. في هذه الخُطْوةِ يتحرَّرُ الحفَّازُ من المادَّةِ الوَسيطة ويَغْدو طليقًا جاهِزًا لتفاعُلٍ جديد. في التفاعُلِ الجيِّدِ التَّحفيز، تَتطَلَّبُ كلا هاتَيْن الخُطْوتَيْن طاقةً أقَلَّ بكثيرٍ من التفاعُلِ المباشَرِ غيرِ المُحَفَّز.

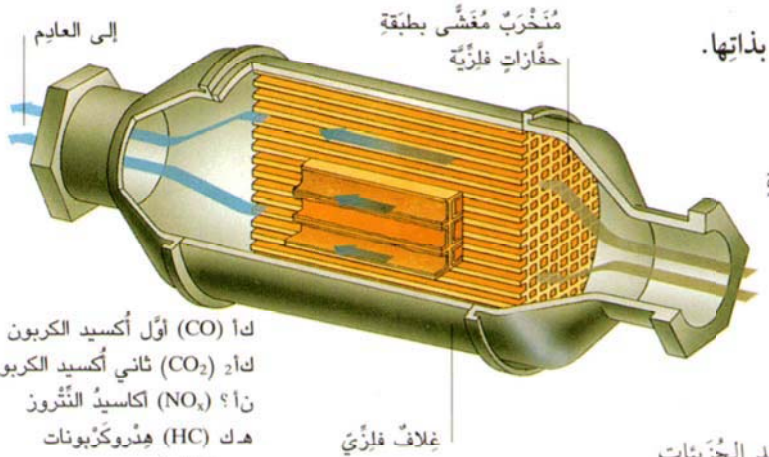
كثيرٌ من الحفَّازاتِ هي عناصِرُ انْتِقاليَّةٌ (في الجدول الدوريّ) كالحديد والبلاتين. فهذه الفلِزَّاتُ تُكَوِّنُ روابطَ مع الذرَّاتِ والجُزَيئاتِ والأيوناتِ المتفاعِلَة وتُفَكِّكُها بيُسْرٍ وسُهولةٍ. كما إنَّ هذه الفلِزَّاتِ الجامدةَ هي أيضًا سَهْلةُ الفَصْل عن السوائل والغازات الناتجة بعدَ التفاعُل.



في العام 1908، اكتشفَ الكيميائيُّ الألمانيُّ فرِتْز هابِر (1868 – 1934) أنَّ حفَّازًا من الحديد يُساعِدُ الهِدْروجين والنِّتْروجينَ على التفاعُلِ معًا. وناتِجُ التفاعُل، وهو الأمونيا، مادَّةٌ أوّليَّةٌ مُهِمَّةٌ في صُنْعِ مدًى واسِعٍ من الكيماويَّات، تَشْمَلُ أسمِدَةَ النَّبات والأَصْباغ والمُتفَجِّرات.

الحفَّازاتُ في مَجالاتِ العَمَل

تُساعِدُ الحَفَّازاتُ في تَصْنيعِ مدًى واسِعٍ من المُنْتَجات.



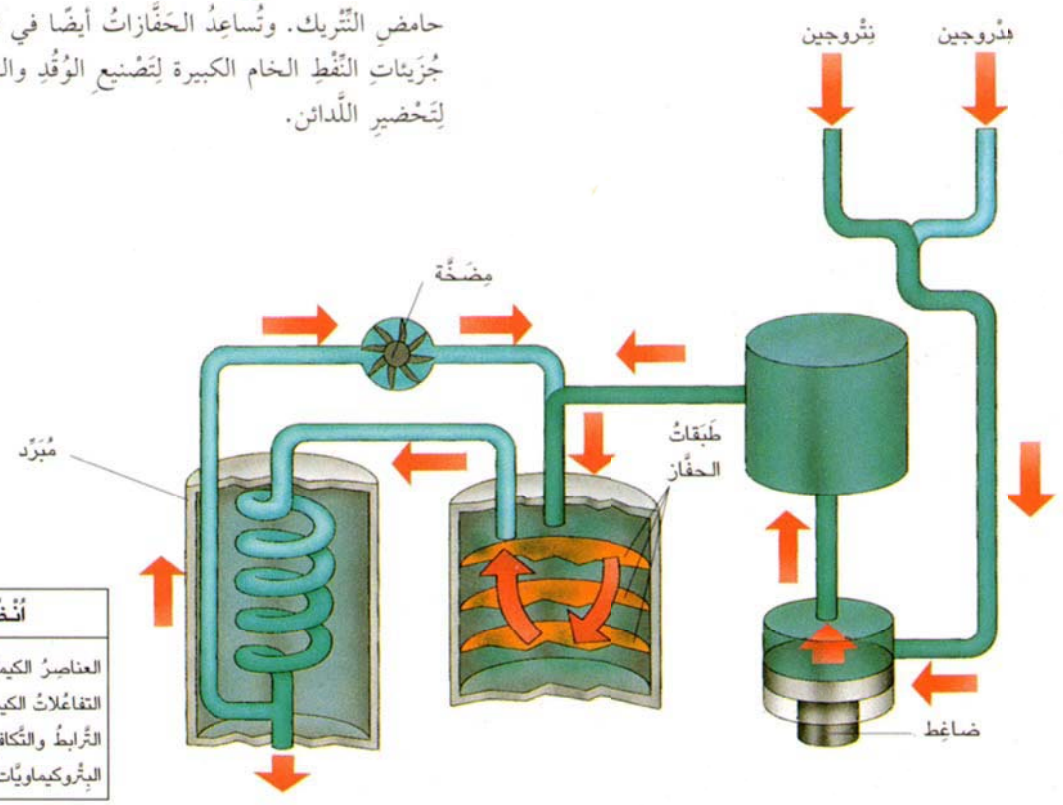
ك أ (CO) أوَّل أُكسيد الكربون
ك أ$_2$ (CO_2) ثاني أُكسيد الكربون
ن أ ؟ (NO_x) أكاسيدُ النِّتْروز
هـ ك (HC) هِدْروكَرْبونات
ن$_2$ (N_2) نِتْروجين
هـ$_2$أ (H_2O) ماء

مُلَوِّثاتُ عوادم المَرْكَباتِ تَشْمَلُ هِدْروكَرْبوناتٍ غيرَ مُحْتَرقةٍ وأكاسيدَ نِتْروجينيَّة وأوَّلَ أُكسيدِ الكَرْبون. الحفَّازُ البِلاتينيُّ يُحَوِّلها إلى ك أ$_2$ (CO_2) وَهـ$_2$أ (H_2O) وَ ن$_2$ (N_2)، وهي غَيْرُ مُؤْذِية.

فالنيكل، مثلًا، يَحْفِزُ التفاعُلَ بين الهِدْروجين والزُّيوتِ النباتيَّةِ لإنتاجِ المَرْغَرين.

وصُنِعَ البولِيثينُ لِلمَرَّةِ الأُولى قَبْلَ أكثَرَ من 60 سنةً بتَعريضِ غازِ الإيثين إلى ضُغوطٍ عاليَةٍ خَطِرة. ثُمَّ، باستِخْدامِ حفَّازٍ من مزيجٍ مُرَكَّباتِ التِّيتانيوم والألومنيُوم، صارَ التفاعُلُ يَجْري على ضَغْطٍ جَوِّيٍّ عِياريٍّ وَدَرجة 60°س.

البِلاتينُ حفَّازٌ مُهِمٌّ للتفاعُلاتِ بين الغازات. فالأمونيا تتفاعَلُ مع الأُكسجين خِلالَ عُبورِهِما شَبَكةً سلكيَّةً مُحماةً من البِلاتين. والمُنْتَجُ، أُكسيد النِّتْروجين، يُسْتَخْدمُ في صُنْعِ حامضِ النِّتْريك. وتُساعِدُ الحَفَّازاتُ أيضًا في تكسيرِ جُزَيئاتِ النِّفْطِ الخام الكبيرة لِتَصْنيعِ الوُقُودِ والمَوادِّ الأوَّليَّةِ لِتَحْضيرِ اللَّدائن.



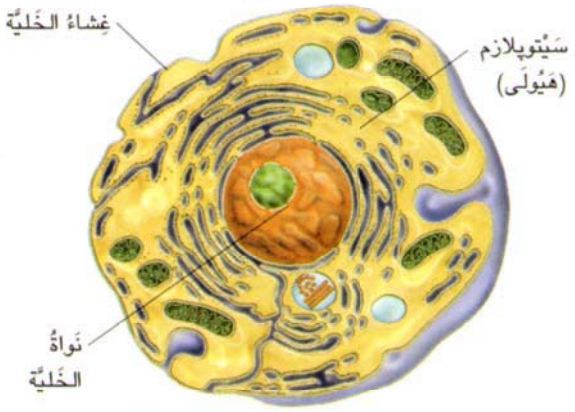
◄ في طريقةِ هابِر لِصُنْعِ الأمونيا، يَكْبِسُ الضاغِطُ مَزيجًا من غازَي الهِدْروجين والنِّتْروجين إلى ما يُعادِلُ 250 ضغطًا جوِّيًّا عِياريًّا – فيَتَحَوَّلُ حوالى 20 بالمئة من المَزيج إلى أمونيا أثناءَ مُرورِه عَبْرَ حفَّازٍ حديديٍّ على درجة 450°س. ثُمَّ يَمُرُّ المَزيجُ عَبْرَ مُبَرِّدٍ يُسَيِّلُ الأمونيا. ويُعادُ الهِدْروجين والنِّتْروجين، غير المُتَحَوِّلَيْن، إلى الحَفَّازِ ثانيةً لِمَزيدٍ من التفاعُل.

اُنْظُر أيضًا

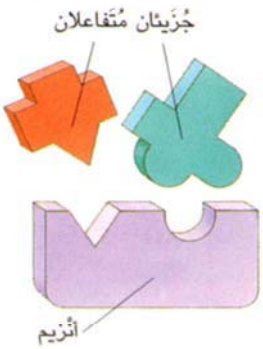
العناصِرُ الكيماويَّة ص 148
التفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 – 163
الرَّابِطُ والتَّكافؤ ص 166 – 167
البِتْروكيماويَّات ص 190 – 191

الأَنْزيمات (الخَمائرُ الكيماويَّة)

داخِلَ كُلِّ خليَّةٍ حيَّةٍ هنالكَ حَفَّازاتٌ بَيُولوجيَّةٌ، تُسَمَّى أَنْزيمات، تُمَكِّنُ من إحداثِ التفاعُلاتِ الكيميائيَّةِ الحيَويَّةِ الضَّروريَّةِ للحياة.

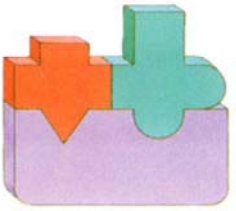


تَحوي الخليَّةُ الحيوانيَّةُ النموذَجيَّةُ قُرابةَ 000 100 أَنْزيم مُختلِفٍ تَحْفِزُ حوالى 1500 تفاعُلٍ كيماويّ مُخْتلِفٍ ضروريَّةٍ للحياة.



الأَنْزيماتُ هي جُزَيئاتٌ بروتينيَّةٌ مُلَفَّفةٌ تَحْفِزُ التفاعُلاتِ الكيماويَّةَ الحيَويَّة. وبالإمكان حُدوثُ هذه التفاعُلات، بتَواجُدِ الأَنْزيمات، بلايينَ المرَّات أسرعَ منه في غيابِها. معظمُ الأَنْزيماتِ يَحْفِزُ الواحِدُ منها تفاعُلًا مُعيَّنًا واحدًا فقَط. فالپِپْسين (الهَضْمين)، مثلًا، وهو أَنْزيمٌ في العُصارات المَعِديَّة، يَبْدأُ هَضْمَ البروتينات - فيُحَلِّلُها إلى قِطَعٍ أصغرَ. لكِنَّه لا يُحَلِّلُ النَّشا في الأَطعمة؛ فتِلكَ هي مُهِمَّةُ أَنْزيماتٍ أُخرى تُسَمَّى النَّشْوازات (الأميلازات).

تعمَلُ الأَنْزيماتُ على النَّحْوِ الأفضلِ في مدًى ضيِّقٍ مَحْدودٍ من درجات الحرارة. فهي تعمَلُ ببُطءٍ تحت درجة 30°س، وتَتفكَّكُ وتَنْحَلُّ فوقَ درجة 40°س. ونَذْكُرُ أنَّ كثيرًا من الأمراضِ المَوروثةِ سببُها وُجودُ أَنْزيماتٍ مَعِيبةٍ أو مُخْتَلَّة.



الأَنْزيماتُ وطرائقُ عملِها

الجُزْءُ من جُزَيءِ الأَنْزيم الذي يَحْفِزُ التفاعُلاتِ يُسَمَّى المَوقِعَ النَّشِط. فعندما تَتلاقَى الجُزَيئاتُ المُتفاعِلَةُ في هذا المَوقِع تكونُ قد اتَّخذَتِ الوَضْعَ الصَّحيحَ لِحُدوثِ التفاعُل. المَوقِعُ النَّشِطُ في كثيرٍ من الأَنْزيمات يَحْوي ذرَّةً فلزِّيَّةً - فيما تَحوي أَنْزيماتٌ أُخرى جُزَيئًا صَغيرًا يُسَمَّى تَميمَ الأَنْزيم؛ وهو عادةً من أحَدِ الڤيتامينات. وتَحوي الوَجباتُ المُتوازنةُ عادةً نَزْرًا من الذرَّاتِ الفلزِّيَّةِ والڤيتامينات. وانعِدامُ هذا النَّزْرِ من الڤيتامينات والفلزَّاتِ يُمكِنُ أنْ يَشُلَّ عمَلَ الأَنْزيمات؛ وقد يُؤدِّي إلى أمراضٍ كالحَفَرِ (الإسقَرْبوط).

وتُصَنَّعُ حاليًا أَنْزيماتٌ يُمكِنُ استِخْدامُها خارجَ الخلايا الحيَّة. فمَساحيقُ الغسيلِ البيُولوجيَّةُ تَحوي أَنْزيماتٍ مُسْتَخْلَصةً من النَّباتات يُمكِنُها تحليلُ الشُّحُوم. والأَنْزيماتُ التي تُحْدِثُ تغَيُّراتٍ لونيَّةً يُمكِنُ استِخْدامُها في الكَشْفِ عن تواجُد كمِّيَّاتٍ ضئيلةٍ من الموادّ. ويُستَخْدَمُ أحَدُ هذه الأَنْزيماتِ في جُعَبِ اختِباراتِ التَّحَقُّقِ من الحَمْل.

▲ في النموذجِ التمثيليّ أعلاه يَنْزَلِقُ الجُزَيئانِ المُتفاعلانِ في جُزْءٍ من جُزَيءِ الأَنْزيم يُسَمَّى المَوقِعَ النَّشِط. وعندَ انتِهاءِ التفاعُل، يَنْفَصِلُ المُنْتَجُ عن ذلك المَوقِع.

▲ التمارينُ والتدريباتُ الرياضيَّةُ تَستَخْدِمُ طاقةً لِتَشْغيلِ العَضَلات. أيسُومِراز فوسفات الترايوز هو أحدُ الأَنْزيماتِ المُحَفِّزةِ لإطلاقِ الطاقةِ من الغلوكوز في الدَّم.

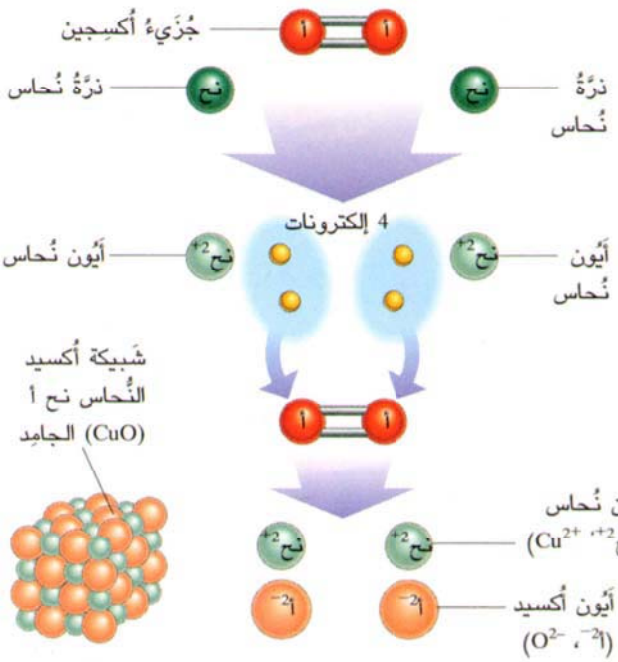
► عَنْكَبٌ يَحْقِنُ فَريسَتَهُ بأَنْزيماتٍ هاضِمة. وهو، بعدَ بِضْعِ ساعاتٍ، سيَمْتَصُّ دَواخِلَ الحَشَرةِ المُنْهَضِمة.

أُنْظُر أيضًا

العَناكِبُ والحُرُش (كثيرات الأَرْجُل) والعقارب ص 74
تركيبُ الجِسْم ومَنْظوماتُه ص 98 - 99
العَضَلاتُ والحَرَكة ص 106 - 107

الأَكْسَدةُ والاِخْتِزال (الأَخْسَدة)

تَنْطوي تفاعُلاتُ الأَكْسَدةِ والاِختِزال على كَسْبِ الأُكسجين أو فَقْدِه، أو على انتِقالِ الإلكترونات بين الموادِّ في تفاعُلٍ كيماويّ.



في التفاعُل بين النُّحاس والأُكسجين، يَفْقِدُ النُّحاسُ إلكتروناتٍ فيتأكسَدُ؛ ويكسِبُ الأُكسجينُ إلكتروناتٍ فيُخْتَزَل. أُكسيدُ النُّحاس هو شَبيكةٌ من أَيونات النُّحاس والأُكسيد.

الأُكسِجينُ عُنْصُرٌ شائعٌ فَعّال يتَّحِدُ مع مُعظمِ العناصِرِ الأُخرى. فإحماءُ النُّحاسِ في الهواءِ، مثلًا، يُكَوِّنُ طبَقَةً سَطحيَّةً من أُكسيد النُّحاسِ الأَسْود. وغاز الهِدْروجين يَحْتَرِقُ في الهواء مُكَوِّنًا الماءَ؛ ومُنْتَجا التفاعُل في الحالَيْن هما أُكسيدان. الكيميائيُّون يُصَنِّفون هذا النَّمَطَ من التفاعُلات كتفاعُلاتِ أَكْسَدَة.

تفاعُلاتُ الأَخْسَدَة (الأَكْسَدَة والاِختِزال)

عندما يُمَرَّرُ غازُ الهِدْروجين فوق أُكسيد النُّحاسِ السَّاخِن، فإنَّ الهِدْروجين ينْزِعُ الأُكسِجينَ من أُكسيد النُّحاس مُكَوِّنًا ماءً وفلِزَّ النُّحاس. وتُبَيِّنُ المُعادلَةُ الكيماويَّةُ التاليةُ هذا التفاعُل بين الهِدْروجين وأُكسيد النُّحاس:

نح أ + هِ٢ ← نح + هِ٢أ

$$H_2O + Cu \leftarrow H_2 + CuO$$

الهِدْروجين يتَّحِدُ مع الأُكسجين من أُكسيد النُّحاسَ ويُكَوِّن ماءً؛ وهكذا فإنَّ الهِدْروجينَ يتأكْسَدُ في هذا التفاعُل. وفي الوقتِ نَفْسِه، يُخْتَزَلُ أُكسيدُ النُّحاس إلى فلِزِّ النُّحاسِ بإزالةِ الأُكسِجين منه.

التفاعُلاتُ من هذا النَّمَط تُسَمَّى تفاعُلاتِ أَخْسَدَة لأنَّها تَضُمُّ تفاعُلاتِ أكسَدةٍ واختِزال معًا. فالمادَّةُ التي تُسَبِّبُ الأكسَدَةَ – في هذه الحال أُكسيدُ النُّحاس – تُسَمَّى المُؤَكسِد. والمادَّةُ التي تُسَبِّبُ الاِختزالَ، وهي الهِدْروجين في هذا التفاعُل، تُسَمَّى المُخْتَزِل.

اِنْتِقالُ الإلكترونات

يَصِفُ الكيميائيُّون تفاعُلاتِ الأَخْسَدة على أنَّها انْتِقالُ الإلكترونات بين الموادّ. فالتفاعُلُ بين النُّحاس والأُكسجين يُكَوِّنُ أُكسيدَ النُّحاس (نح أ، CuO) الذي يضُمُّ أَيُوناتِ النُّحاس (نح$^{+2}$، Cu^{2+}) وأَيُونات الأُكسيد (أ$^{-2}$، O^{2-}). في هذا التفاعُل، كُلُّ ذرَّةِ نُحاس تفقِدُ إلكترونَيْن عند تحَوُّلِها إلى أَيُون نُحاس. هذان الإلكترونان تتَقبَّلُهما جُزَيئاتُ الأُكسجين، التي تُكَوِّنُ كُلٌّ منها أَيُونَي أُكسيد. وهكذا يُمكِنُ القَولُ، بوَجهٍ عامّ، إنَّ الأكسَدةَ هي إزالةُ الإلكترونات من مادَّة، والاِخْتِزالُ هو إضافةُ الإلكترونات إلى مادَّة.

عندما تُوصَفُ تفاعلاتُ الأَخْسَدة بأنَّها انْتِقالُ إلكترونات، يُمكِنُ حينئذٍ تَصْنيفُ تفاعُلاتٍ كثيرةٍ، لا تَتَضَمَّنُ الأُكسجين، كتفاعُلاتِ أَكْسَدةٍ واخْتِزال. مثلًا، التفاعُل بين فلِزِّ الصوديُوم وغاز الكلُور هو تفاعُلُ أَخْسَدة. فكُلُّ ذرَّةِ صوديوم (ص، Na) تفقِدُ إلكترونًا واحدًا لِتُكوِّنَ أَيُونَ صوديوم (ص$^{+}$، Na^{+}). وفي الوقتِ نفسِه، كُلُّ جُزَيءِ كلُور (كل٢، Cl_2) يكسِبُ إلكترونَيْن لِيُكوِّنَ أَيُونَي كلُوريد. وتكونُ النتيجةُ هي المُرَكَّبَ الأَيُونيَّ – كلوريد الصوديوم (ص كل، NaCl). في هذا التفاعُل، الكلُور هو المُؤكْسِد والصوديُوم هو المُخْتَزِل.

اُنْظُر أيضًا

الذرَّات ص 150 – 151
التَّفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 – 163
الصواريخُ والمَكُّوكُ الفَضائيّ ص 420 – 421

▲ الدَّفْعُ الهائلُ لِلمُحَرِّكاتِ الرئيسيَّة في مَكُّوكٍ فضائيٍّ مَصْدَرُه انْبِجاسٌ نافوريٌّ هائِرٌ من بُخارِ الماء. هذا البُخارُ يَتكَوَّن في تفاعُلِ أَخْسَدَةٍ بين الهِدْروجين والأُكسِجين.

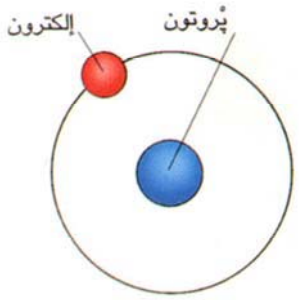
◄ يَجْري لِحامُ قَضيبَي سِكَّة الحديد هٰذين بالطريقة الثَّرميتيَّة. في هذه الطريقة، يُشْعَلُ مَزيجٌ من الألومنيُوم وأُكسيد الحديد لِبَدْءِ تفاعُلِ الأَخْسَدة بين المادَّتَيْن. والحرارةُ الناتِجَةُ من التفاعُل كافِيَةٌ لِصَهْرِ سَطْحَي القَضيبَيْن اللذين يَلْتَحمان عندما يَبْرُدان.

الهِدْروجين

الهِدْروجينُ هو العُنْصُر الأبسَطُ والأقَلُّ كتلةً بين جميع العناصر. وهو العُنْصرُ الأكثرُ تواجُدًا في الكَوْن، وله استِخْداماتٌ صِناعيَّةٌ مُهِمَّة.

الهِدْروجينُ غازٌ عديمُ اللَّون والرَّائحة؛ وهو العُنْصرُ الأَخفُّ بين عناصِر الجَدْولِ الدَّوريّ. يتألَّفُ غازُ الهِدْروجين من جُزَيئاتٍ ثُنائيَّةِ الذرَّة (هِ٢، H_2). في جُزَيءِ الهِدْروجين تُسهِمُ كُلُّ ذرَّةٍ بإلكترونٍ واحدٍ في الرابطةِ الإسْهاميَّة التي تَشُدُّ ذرَّتَي الجُزَيءِ معًا.

الهِدْروجينُ لَهُوبٌ جِدًّا يَحْتَرِقُ مُتَّحدًا بالأُكسجين لِيُكوِّنَ الماء. يتواجَدُ الهِدْروجين في العَديد من المُرَكَّبات - بما فيها الحوامضُ والهِدْروكْسيداتُ والهِدْروكَرْبونات.



نَواةُ الهِدْروجين العاديِّ هي بُروتون.

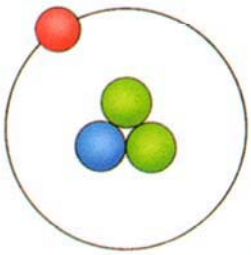
النَّظائر

النَّظائرُ ذرَّاتٌ من العُنْصرِ نَفْسِه، لكِنْ ذاتُ أعدادٍ مباينةٍ من النيُوتْرونات في نَواها. ذرَّاتُ الهِدْروجين كُلُّها تقريبًا تتألَّفُ من إلكترونٍ واحدٍ يَدورُ في مَدارٍ حوْلَ بُروتونٍ واحد. في كُلِّ مليونٍ من ذرَّاتِ الهِدْروجين هنالك 150 ذرَّةً تَحوي نَواها نيُوتْرونًا إضافةً إلى البُروتون. نَظيرُ الهِدْروجين هذا يُسَمَّى الدُّوتِريُوم (د، D) أو الهِدْروجين الثقيل.

الخَصائصُ الكيماويَّةُ للنَّظائرِ لا تختَلِفُ عنها للعَناصِر العاديَّةِ لأنَّها تَحوي العددَ نفسَه من الإلكترونات. فالدُّوتِريُوم يترابَطُ مع الأُكسجين لِيُكوِّنَ الماءَ الثقيل (دِ٢أ، D_2O) - السائلَ الذي يُسْتَخْدمُ في المُفاعِلاتِ النَّوَويَّة وفي الإختِباراتِ الكيماويَّة.

وهناك نَظيرٌ ثالِثٌ للهِدْروجين يُسَمّى التريشْيُوم (ت، T)؛ وهو نَظيرٌ مُشِعٌّ يُصْنَعُ في المُفاعِلاتِ النَّوَويَّة.

نَواةُ الدُّوتِرْيُوم تَحوي نيُوتْرونًا واحدًا وبُروتونًا واحدًا.


نَواةُ التريشْيُوم تَحوي نيُوتْرونَيْن وبُروتونًا واحدًا.

▲ نَظائرُ الهِدْروجين الثلاثةُ تَحوي بُروتونًا واحدًا وإلكترونًا واحدًا. إضافةً إلى ذلك تَحوي نَوى الدُّوتِرْيُوم (د، D) نيُوتْرونًا إضافيًّا، ونَوى التريشْيُوم (ت، T) نيُوتْرونَيْن إضافيَّيْن.

الاستِخْدامُ الرئيسيُّ للهِدْروجين هو في تَصْنيعِ مَدًى واسِعٍ من الكيماويَّات. كما يُسْتَخْدمُ أيضًا كدافِعٍ للصواريخِ الفَضائيَّة وكوَقُودٍ للتَّلْحيم.

استِخْداماتُ الهِدْروجين

في طريقةِ هابِر، يتفاعَلُ الهِدْروجينُ مع النِّتْروجين لِصُنْع الأمونيا (نهِ٣، NH_3) التي تُسْتَخْدمُ بدَورها في تَصْنيع الأَسْمدةِ والمُتَفَجِّراتِ والأَصباغ واللَّدائن. ويُسْتَخْدمُ الهِدْروجينُ أيضًا في تَحويلِ الزُّيوتِ النباتيَّة إلى مَرْغرين.

الهِدْروجينُ وَقُودٌ جيِّدٌ للصَّواريخ وللتَّلْحيم. فهو يَحْتَرِقُ في الهواءِ مُوَلِّدًا كمِّيَّاتٍ كبيرةً من الطاقة والماءِ النَّقِيِّ الذي لا يُسبِّبُ تلَوُّثًا. حاليًّا، يَجْري اختِبارُ الهِدْروجين كوَقُودٍ بَديلٍ للسيَّارات.

المُشْكلةُ في استِخْدام الهِدْروجين كوَقُود هي صُعوبة اختِزانِه. فهو يَشْغَلُ حَيِّزًا بالِغَ الكِبَر يَحُدُّ كثيرًا من جَدْوى استِخْدامه؛ والهِدْروجينُ السَّائلُ يَتطلَّبُ الحِفْظَ في حاوياتٍ جيِّدة العَزْل على درجاتِ حرارةٍ دونَ - 253°س.

هذه السيَّارةُ الإختِباريَّةُ تَحْرقُ وَقُودَ الهِدْروجين في مُحَرِّكٍ عاديٍّ ذي مِكْبَسٍ في مَبْيَتٍ أُسْطُوانيّ. غازاتُ العادم من هذه السيَّارة لا تُسبِّبُ تلَوُّثًا لأنَّها تَحوي بُخارَ ماءٍ فقط.

أُنْظُر أيضًا
العناصِرُ الكيماويَّة ص 148 - 149
الذرَّات ص 150 - 151
المُرَكَّباتُ الكيماويَّة ص 164 - 165

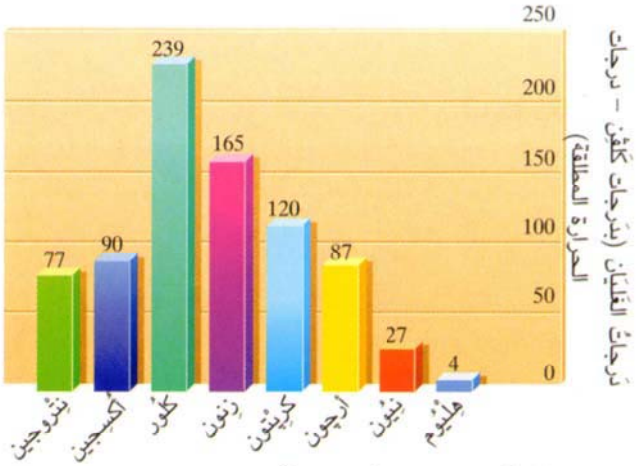
الغازاتُ النَّبيلَة

الغازاتُ النَّبيلَةُ (النَّادرةُ أو الخامِلَة) هي العَناصِرُ التي تُشَكِّلُ المَجْموعة 18 من الجَدْولِ الدَّوْريّ. وكُلُّها مُكْتَمِلةُ الغلاف القِشْريّ الإلكترونيّ الخارجيّ - مِمّا يجعَلُها خامِلةً عديمةَ التفاعُليَّة الكيماويَّة.

تَصاعديًّا حسَب الكُتْلةِ الذرِّيَّة، الغازاتُ النَّبيلةُ هي الهِلْيوم، النِّيون، الأَرجون، الكرِيْبتون، الزِّنون والرَّادون. وكُلُّها غازاتٌ عديمةُ اللَّونِ والرَّائحة، ولا تَحْترِق.

الهِلْيوم هو ثاني أَخفّ العناصر، وثاني أكثرِها شُيوعًا في الكَوْن. وهو نادِرٌ على الأرض، لكِنْ تتواجَدُ كَمِّيَّاتٌ ضئيلةٌ منه في الغازِ الطبيعيّ. النِّيون والأَرجون والكرِيبتون والزِّنون يُمكِنُ الحُصولُ عليها من الهواء بالتَّقْطير التجزيئيّ للهواءِ السَّائل. الرَّادون عُنْصرٌ مُشِعٌّ، يَنْتُجُ بالإضمِحلالِ الإشعاعيّ لعناصِرَ كالرَّاديوم. ويُمكِنُ لهذا الغازِ السُّروبُ إلى المنازِلِ المُشَادَةِ فوق صُخور الغرانيتِ المُشِعَّةِ طبيعيًّا. وهو، إذا استُنْشِقَ، يُمكِنُه إعطابُ خلايا الجِسْم والتسبُّبُ بتَنامي السَّرَطانات.

عُمّالُ اللِّحام يَسْتَخْدمون تيَّاراتٍ كهربائيَّةً لِصَهر الفلِزّات. يُسْتَخْدمُ غازُ الأَرجون غالِبًا للإحاطةِ بالقَوْس الكهربائيّ (وسيلةِ الإحماء بالشَّرر) وإبعادِ الهواءِ عن مِنْطقةِ اللِّحام الحارَّةِ لِمَنْع أكسجينِ الهواء من التفاعُلِ مع فلِزِّ اللِّحام وإضعافِه.



دَرَجاتُ غَلَيان الغازات النَّبيلة (بالكَلْفِن - بدَرَجات الحرارة المطلقة) بالمُقارنةِ مع غازاتٍ أُخرى. دَرَجاتُ الغَلَيان على مِقياس سِلْسيُوس أخفَضُ من مُقابلاتِها الكَلْفِنيَّة بـ273°، مع العلم أنَّ درجاتِ الغَلَيان تَزْدادُ بازديادِ الكُتْلةِ الذرِّيَّة.

استِخْداماتُ الغازات النَّبيلة

في المَناطيدِ والإنارة واللَّيازر

يُسْتَخْدمُ الهِلْيُوم في تَعْبئةِ المَناطيد (السُّفُنِ الهوائيَّة) وبالُونات الاحتِفالات. هذه المناطيدُ والبالوناتُ تَطْفو في الهواء لأنَّ الهِلْيُوم أقَلُّ كثافةً من الهواء. كذلك، يُمْزَجُ الهِلْيوم مع الأُكسجين كمَزيجٍ تَنَفُّسٍ للغَوَّاصين في أعماقِ البِحار. ذلك لأنَّ النِّتروجينَ في مَزيجِ الهواء العاديّ يُصْبِحُ سامًّا إذا تُنُفِّسَ على ضَغْطٍ عالٍ.

تُسْتَخْدمُ الغازاتُ النَّبيلةُ بِصُورةٍ رئيسيَّة في المَصابيح الكهربائيَّة. فالأَرجونُ والنيُون يَبْتعثانِ نُورًا ساطِعًا مُلَوَّنًا عندما يَمُرُّ تيَّارٌ كهربائيٌّ عَبْرَ الأنابيبِ أو المصابيح التي تَحتويهما على ضَغْطٍ خَفيض. ويُمكِنُ ثَنْيُ الأُنبوبِ على هيئةِ حُروف وأعدادٍ لأغراض الدِّعايةِ والإعلان. المَصابيحُ الصغيرةُ التي تحتوي الكرِيْبتون أو الزِّنون تَبْتعِثُ نُورًا أبيضَ مُزْرَقًّا حادَّ السُّطوع. وتَسْتَخْدِمُ مَصابيحُ الوَمْض المُبَيَّتَةُ في الكاميرات هذه الغازاتِ لِابتِعاثِ دَفَقاتٍ ضوئيَّةٍ شديدةِ السُّطوع.

ويُسْتَخْدمُ الهِلْيوم والنِّيون والأرجون في اللَّيازِر التي تَبْتَعِثُ حُزَمًا مُتَواصِلةً من أشِعَّةِ الضَّوءِ الأُحاديِّ الطُّولِ المَوجيّ. وتَقْتَصِرُ مُرَكَّباتُ الغازاتِ النَّبيلة التي تَمَّ تَصْنيعُها، حتَّى الآن، على فلُوريداتِ الكرِيْبتون والزِّنون والرَّادون؛ وهي ليسَتْ ذاتَ استِخْداماتٍ عمليَّة.

◄ ليزَرُ الغاز النبيل سْتَارْ فاير يُخَلِّقُ صورةً اصطِناعيَّةً لنَجْم في أعالي الجَوّ. ويَتَبَيَّنُ مِقْرابٌ فَلَكيٌّ التغَيُّراتِ التي تُسَبِّبُها الأَحوالُ الجَوِّيَّةُ في هذه الصورة. وهذا يُمَكِّنُ الحاسُوبَ من تَضبيطِ الصُّوَرِ للنُّجومِ الحقيقيَّةِ بإلغاءِ التشَوُّهاتِ الناتِجَة عن الأَحْوالِ الجوِّيَّةِ تلك.

انْظُر أيضًا

الجَدْولُ الدَّوْريُّ للعناصِر
ص 152 - 153
الكَهْرباءُ عَبْرَ الغازات ص 358 - 359
التِّلِسْكوباتُ الفَلَكيَّة ص 416 - 417

الكِبْريت

الكِبْريتُ عُنْصُرٌ لافلزِّيٌّ أصفَرُ جامِدٌ من المَجْموعة 16 في الجَدْول الدَّوريِّ للعناصِر. واستِخْدامُه الأَهمُّ هو في تَصْنيع حامض الكِبْريتيك.

يتواجَدُ الكِبْريتُ الجامِدُ كجُزَيئاتٍ إكليليَّةِ الشَّكْل يَحوي الواحدُ منها ثماني ذرَّات في هيئة حَلْقة. هذه الحَلَقاتُ تَتكدَّسُ معًا في شَبيكة، وعندما يَنْصهرُ الكِبْريت، تَتفكَّكُ الحَلَقاتُ وتَتفلَّقُ إلى جُزيئاتٍ أصغَر.

الكِبْريتُ عُنْصُرٌ أصفَرُ زاهٍ يتواجَدُ طبيعيًّا في المناطق البُركانيَّةِ وعلى مَقْرُبةٍ من حُقولِ النِّفْط. يُمكِنُ لِلحَفَّازاتِ الميكانيكيَّةِ استِحْصالُ الكِبْريت من بعضِ الترسُّباتِ السطحيَّة؛ لكِنَّ مَصادرَهُ الرئيسيَّةَ هي قُراراتٌ جَوفيَّةٌ (في باطِن الأرض) في پولَندا والمَكسيك والولايات المتَّحدة الأمريكيَّة. يُعَدَّنُ الكِبْريتُ من القُراراتِ العَميقةِ بِضَخِّ الهواءِ والماءِ المَضْغوط على درجة 170°س عَبْرَ أُنبوبٍ في باطِن الأرض. فيَتصاعَدُ، عَبْرَ أُنبوبٍ آخَر، رُغاءٌ مُزبدٌ من الكِبْريت والهواءِ والماءِ إلى السَّطْح. والكِبْريتُ أيضًا مُنْتَجٌ ثانويٌّ في عمليَّاتِ تكرير النِّفْط.

الكثيرُ من المَعادِن هي مُرَكَّباتٌ من فلِزَّاتٍ مع الكِبْريت. مثلًا، الغالينا هي كبريتيدُ الرَّصاص (صاكب، PbS)، والجِبْسُ هو كبريتاتُ الكالسيُوم المُمَيَّأة (كاكب أ. 2هـ٢أ، $CaSO_4.2H_2O$).

الكِبْريتُ عُنْصرٌ ضَروريٌّ للكائناتِ الحيَّة. وهو يوجَدُ في بعضِ المأكولات، بِخاصَّةٍ البَيْضُ والخَرْدَلُ والثُّوم، وهو جُزْءٌ مُكَوِّنٌ لِاثنَيْن من الأَحماضِ الأمينيَّة التي تكَوِّنُ البروتينات.

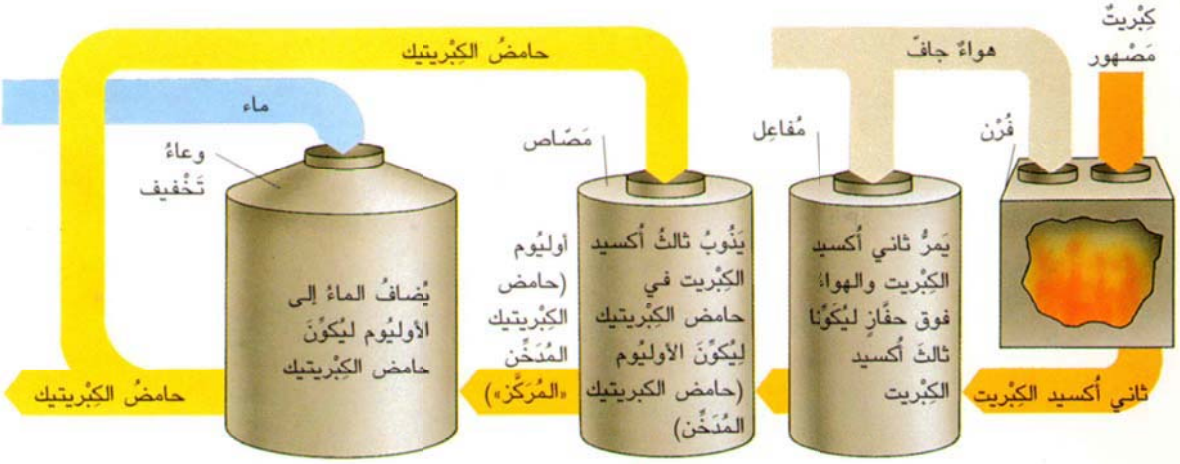
حامِضُ الكِبْريتيك

الاستِخْدامُ الأَهمُّ للكِبْريت هو في صِناعةِ حامض الكِبْريتيك (H_2SO_4، هـ٢ كب أ٤). ويَعْتبِرُ الاقتِصاديُّون أنَّ ثَراءَ البَلَد الصِّناعيّ يَتناسبُ طرديًّا مع كمِّيَّةِ حامضِ الكِبْريتيك التي يَستهلِكُها. فحامِضُ الكِبْريتيك يُسْتَخْدمُ في تَصْنيعِ مدًى هائلٍ من الأَصناف والموادِّ – من الأَسْمدة والوُقُود إلى الدِّهانات واللَّدائنِ والمُنَظِّفاتِ والعَقاقير.

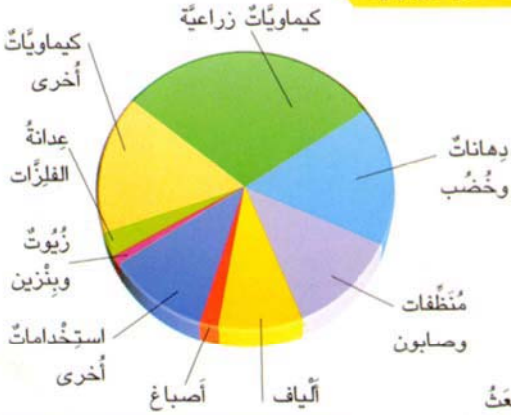
استِخْداماتٌ أُخرى

يُسْتَخْدمُ الكِبْريتُ في قَلْكَنَةِ المَطَّاط الطبيعيّ. القَلْكَنَةُ تُصَلِّدُ المَطَّاطَ الطبيعيّ وتُقَوِّيه لِيُمكِنَ استِخْدامُه في صُنْع إطارات السيَّارات والمَرْكباتِ الأُخرى. المَطَّاطُ الطبيعيُّ لَيِّنٌ ومَطوطٌ لأنَّه يَحوي جُزَيئاتٍ طويلةً مُلَفَّفةً تَنْزَلِقُ عبْرَ بعضِها بسُهولة. إحماءُ المَطَّاطِ مع سَحيقِ الكِبْريتِ يُشكِّلُ روابطَ بين الجُزَيئات تُصَلِّدُ المَطَّاطَ وتَزيدُ من مِصماديَّتِه وشدَّة تَحَمُّله.

يُسْتَخْدمُ الكِبْريتُ أيضًا كأحدِ مُكَوِّناتِ البارود، وفي صُنْع عيدانِ الثِّقاب والأَسْهُم الناريَّة؛ كما يُسْتَخْدمُ أيضًا عِلاجًا للأَمراض الفُطْريَّة.



◄ في طريقةِ التلامُس يُحَضَّر حامضُ الكِبْريتيك بإحراق الكِبْريت في الهواء لِصُنْع ثاني أكسيد الكِبْريت (كب أ٢، SO_2). الهواءُ يُؤَكْسِدُ هذا الغازَ إلى ثالثِ أكسيد الكِبْريت (كب أ٣، SO_3). وبإضافةِ ثالث أكسيد الكِبْريت إلى حامض الكِبْريتيك يَنتُج الأوليوم، الذي يُخَفَّفُ بالماء ليُكَوِّنَ حامضَ الكبريتيك (هـ٢ كب أ٤، H_2SO_4).



◄ تُنْتِجُ البُلْدانُ الصِّناعيَّةُ من حامضِ الكِبْريتيك أكثرَ ممَّا تُنْتِجُه من أيِّ مادَّةٍ كيماويَّةٍ أُخرى. الصِّناعةُ الكيماويَّةُ للمَمْلكة المُتَّحدة تُنْتِجُ ما مَجْموعُه حوالى 15 000 طُنٍّ يوميًّا، يُستَهْلكُ ثُلُثُها تقريبًا في صُنْعِ الأَسمدة النباتيَّة.

في مِنْطقةِ بُركان كاوا إيجن، على جَزيرةِ جاوا يُنْبَعَثُ بُخارُ الكِبْريت عَبْرَ شُقوقٍ في الصُّخور. وتَتَنامَى كُتَلٌ صَفْراءُ من الكِبْريت حولَ هذه الشُّقوق فَتُجْمَعُ لاستِخْدامِها كمُطهِّرٍ وُمُبيدٍ للجراثيم والفُطور.

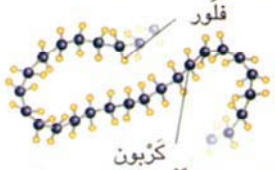
اُنْظُر أيضًا

الطِّبّ ص 140 – 141
الجَدْولُ الدَّوْريُّ للعَناصِر ص 152 – 153
إنتاجُ الأغذِيَة ص 230 – 231

الهالُوجينات

الهالُوجيناتُ هي العناصِرُ التي تُكَوِّنُ المَجْموعةَ 17 في الجَدْولِ الدَّوريّ. وهي لافلِزّاتٌ مُتَباينةُ التَّفاعليَّة الكيماويَّة تَضُمُّ الفلُور والكلُور والبرُوم واليُود والأستاتين.

مُنْحدراتُ التَّزلُّجِ الجافَّةُ تُصْنَعُ من بَلاطٍ مُغَشًّى بمادَّةٍ لدائنيَّة زَلِقَةٍ هي البوليتِتْرا فلُوروإثيلين (پ ت ف إ، PTFE)، واسمُها التجاريّ هو التِّفْلون.



جُزَيئاتُ التِّفْلون لا تَحوي سِوى الكَرْبون والفلُور.

▲ يَتميَّزُ راتينَجُ التِّفْلون اللَّدائنيُّ بسَطْحٍ انْزِلاقيٍّ أشدَّ زلقيَّةً من الجَليد. وتَشْمَلُ استِخْداماتُه الكثيرةُ تَبْطِنَة أَوعيةِ الطَّبْخ وتَغْشِية مُنْحَداتِ التَّزلُّج.

لَفْظَةُ هالُوجِن من اليُونانيَّة بمَعْنى مُكَوِّن المِلْح؛ والهالُوجيناتُ خَمْسةُ عناصِرَ لافلِزِّيَّة تُكَوِّنُ المَجْموعةَ 17 من الجَدْولِ الدَّوْريِّ للعناصِر. وتتألَّفُ جُزَيئاتُها من ذرَّتَيْن مُترابطتَيْن برابطةٍ إسْهاميَّة مُفْردة. الفلُور (فل$_2$، F_2) غازٌ أصفَرُ باهِت؛ والكلُور (كل$_2$، CL_2) غازٌ أصفَرُ مُخْضَرّ؛ والبروم (بر$_2$، Br_2) سائلٌ أحمرُ داكِن؛ واليُود (ي$_2$، I_2) جامِدٌ أسودُ أُرجُوانيّ. أمَّا الأَستاتين فجامِدٌ مُشِعٌّ غيرُ مُسْتَقِرّ لا يُوجَدُ في الطبيعةِ بل يُحَضَّر صُنْعيًّا في المُفاعِلاتِ النَّوَويَّة.

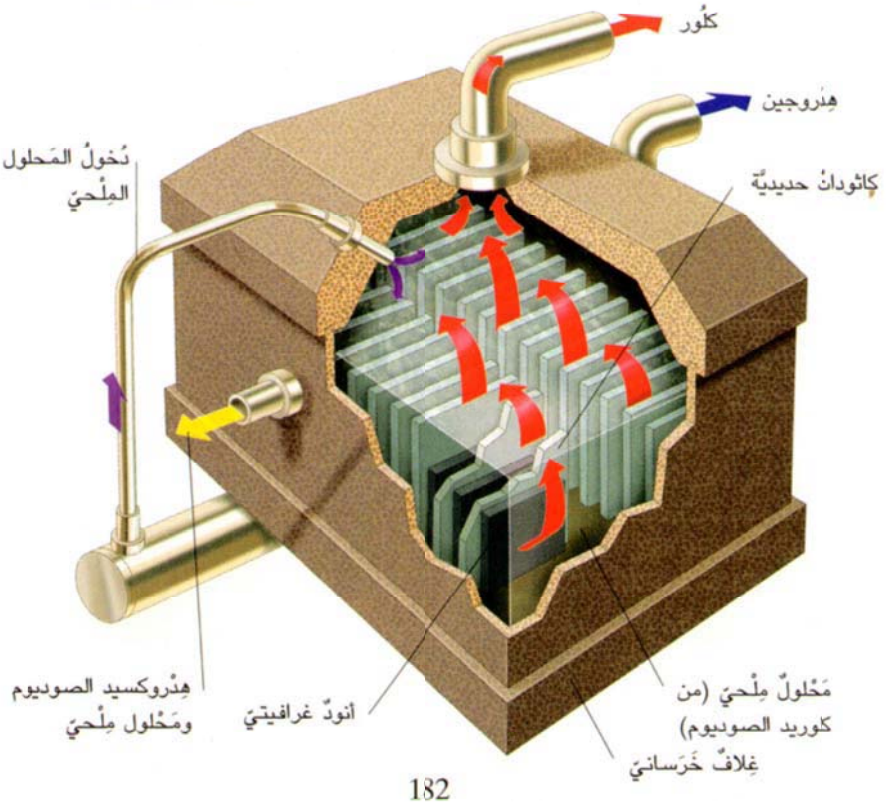
جميعُ الهالُوجينات سامَّةٌ تُخَرِّش الجِلْد؛ وتَتناقَصُ تَفاعُليَّتُها حَسَبَ الترتيب التالي فل > كل > بر > ي. فالفلُور يَتفاعَلُ بتَفَجُّرٍ مع موادَّ كثيرةٍ، فيما اليودُ يتفاعَلُ ببُطْءٍ فَقَط - هذا إذا تفاعل. الهالُوجيناتُ تَتَّحِدُ مع الفلِزّات لِتُكَوِّنَ أملاحًا أَيُونيَّةً تُسَمَّى هالِيدات مثلَ كلوريد الصوديوم (ص كل، NaCl) أو مِلح الطَّعام. مُعْظَمُ الهاليداتِ ذَوَّابةٌ في الماء، والكثيرُ منها يتواجَدُ في ماءِ البَحْر. تُكَوِّنُ الهالوجيناتُ أيضًا مُرَكَّباتٍ مع بعضِ اللَّافلِزّات، كالكربون والكِبْريت. أمَّا هاليداتُ الهِدْروجين فهي حوامِضُ، كحامض الهَيْدروكلوريك (هـ كل، HCl).

استِخْلاصُ الهالوجينات واستِخْداماتُها

يُحَضَّرُ الفلُور بالكَهْرَلَةِ (التَّحليل بالكهرباء) لِمَزيجٍ سائلٍ من فلُوريد الهِدْروجين وفلُوريد البوتاسيُوم على دَرجة 100°س. يُسْتَخْدمُ الفلُور في صُنْع مُرَكَّبات الكربون الفلُوريّ، كالمادَّةِ اللَّدائنيَّةِ المُسَمَّاة التِّفْلون، وفي تَنْقِيَة الوُقُود النَّوَويَّة. وتُساعِدُ كمِّيَّاتٌ ضئيلةٌ من فلوريد الصوديوم (ص فل، NaF)، في مياه الشُّرْب، في مَنْع تَسَوُّس الأسنان.

يُحَضَّرُ الكلُور بكَهْرَلَةِ مَحْلولٍ من كلوريد الصوديوم. يُسْتَخْدمُ الكلُور في تطهيرِ مياهِ الشُّرْبِ والاسْتِحْمام، وفي تَصْنيع اللَّدائن وموادِّ التقصير (التبْييض).

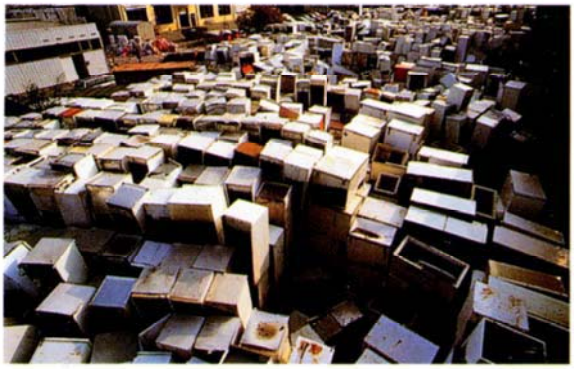
البروم يُحَضَّرُ بتَفاعُلِ الكلور مع بروميد المَغْنِيسيُوم من ماءِ البَحْر. ويُحَضَّرُ اليُودُ بطريقةٍ مُماثِلَةٍ بتَفاعُلِ الكلُور مع الأملاح اليُوديديَّة من الأَعْشاب البَحْريَّة. هذان الهالوجينان يُسْتَخْدمانِ في صناعاتِ الأفلام الفُوتوغرافيَّة والعَقاقير الطبِّيَّة والمُطَهِّرات.



تُسْتَخْدمُ خلايا هُوكَر لِتَحْضير الكلُور صِناعيًّا. يَسْري المَحْلولُ المِلْحيُّ عَبْرَ إلكتروداتٍ داخلَ غِلافٍ خَرَسانيّ؛ فتَتَكَوَّنُ فَقاقيعُ الكلُور على أَنوداتٍ غرافيتيَّةٍ وتَتصاعَدُ عَبْرَ المَحْلولِ المِلْحيّ. ويُغادِرُ الكلورُ الخليَّةَ عَبْرَ أُنبوبٍ في أعلاها. يَتكَوَّنُ غازُ الهِدْروجين على الكاثوداتِ الحديديَّة ويُغادِرُ الخليَّةَ عَبْرَ أنابيبَ جانبيَّةٍ. ويَحوي المَحْلولُ المِلْحيُّ الذي يُغادِرُ الخليَّةَ مُرَكَّبًا كيماويًّا مُهِمًّا هو هِدْروكسيد الصوديُوم.

9 فل، F 19,0
الفلُور العدد الذرِّيّ 9
17 كل، Cl 35,5
الكلُور العدد الذرِّيّ 17
35 بر، Br 79,9
البروم العدد الذرِّيّ 35
53 E\I، ي 126,9
اليُود العدد الذرِّيّ 53
85 ست، At 210,0
الأَستاتين العدد الذرِّيّ 85

تَفْتَقِرُ ذرَّاتُ الهالوجينات إلى إلكترونٍ واحدٍ لإكتِمال الإلكترونات في غلافاتِها الخارجيَّة. وهي تتفاعَلُ بسُهولةٍ لِتَتَقبَّلَ الذرَّةُ منها إلكترونًا واحدًا من ذرَّاتٍ أُخرى.



غازاتُ التبريد في بعض الثلَّاجات هي ضُروبٌ من مُرَكَّبات كربون الفلُور الكلوريني المَعروفة تجاريًّا بالفريونات. انْتِشارُ هذه المركَّبات الغازيَّة في أعالي الجَوِّ يُحْدِثُ ثُقوبًا في طبَقةِ الأوزون حولَ الأرض. لذا يَنْبغي إزالةُ هذه المُرَكَّبات قبْلَ التخَلُّص من الثلَّاجاتِ القديمة كخُرْدَة.

انْظُر أيضًا

الذرَّات ص 150 – 151
الجَدْولُ الدَّوْريُّ للعناصِر ص 152 – 153
تلَوُّثُ الهواء ص 453
تغَيُّرُ المُناخ ص 460

الفلِزّات

تُستَخرجُ مُعْظَمُ الفلِزّات من خاماتٍ تُعَدَّنُ من قِشْرةِ الأرض. وتعتَمِدُ عمليَّةُ الاستِخْلاص على التفاعُليَّةِ الكيماويَّة للفلِزِّ المُعَيَّن.

عُمّالٌ يَرْتدون مَلابِسَ واقِيَةً يَفْتحون الثَّقْبَ في أسفَلِ الفُرْنِ العالي كُلَّ ثماني ساعات. فيَنْسابُ خارجًا الحديدُ المُنْصهِرُ المُبْيَضُّ بِشِدَّةِ الحرارة على درجة 1600°س.

تُشَكِّلُ الفلِزّاتُ حوالى 80 بالمئة من مَجْموع العناصِر؛ وهي تَشْغَلُ يَمينَ الجَدْولِ الدَّوريّ ووَسَطَه. وكُلُّها جوامِدُ بَرّاقةٌ على دَرجةِ حرارة الغُرفة، عدا الزِّئبق الذي هو سائل. والفلِزّاتُ طَروقةٌ ومَطيلةٌ، يَعْني أنَّها قابِلَةٌ للتَّطْريقِ والسَّحْب (المَطّ) إلى أشكالٍ مُختلِفة. وهي أيضًا مُوَصِّلاتٌ جَيِّدةٌ للحَرارةِ والكهرباء لأنَّ إلكتروناتِها الخارجيَّةَ تَسْتطيعُ الإنْتِقالَ من ذرَّةٍ إلى أُخرى تَليها.

تَفاعُليَّةُ الفلِزّات

الذَّهبُ والبلاتينُ مَثَلان على الفلِزّاتِ التي قَلَّما تَتفاعَلُ مع عناصِرَ أُخرى لِتُكوِّنَ مُرَكَّبات. البُوتاسيُوم والصُّوديُوم فلِزّان شديدا التفاعليَّة – حتَّى إنَّهما يَتَفاعلانِ بعُنْفٍ مع موادَّ لاتفاعليَّةٍ نِسْبيًّا، كالماء. وتَقَعُ تفاعُليَّاتُ مُعظمِ الفلِزّات بينَ هذَيْن الحَدَّيْن الأقصَيَيْن. فالحَديدُ، مثلًا، يَصْدَأُ ببُطءٍ في الهواءِ الرَّطْب – فيما لا يتأثَّرُ النُّحاسُ تَقريبًا في الظروفِ نَفْسِها.

سِلْسِلةُ التفاعُليَّةِ تُدْرِجُ الفلِزّاتِ الشائعةَ حَسَبَ شِدَّةِ تَفاعُليَّتِها. فالفلِزّاتُ الأشَدُّ تفاعليَّةً تَرِدُ عادةً في أعلى السِّلْسِلة. ويَرِدُ اللّافلِزّان الكربونُ والهِدْروجين في السِّلسلةِ غالبًا كمَرجعٍ مُقارَنة لهٰذه التفاعُليّات.

استِخْلاصُ الفلِزّات من خاماتِها

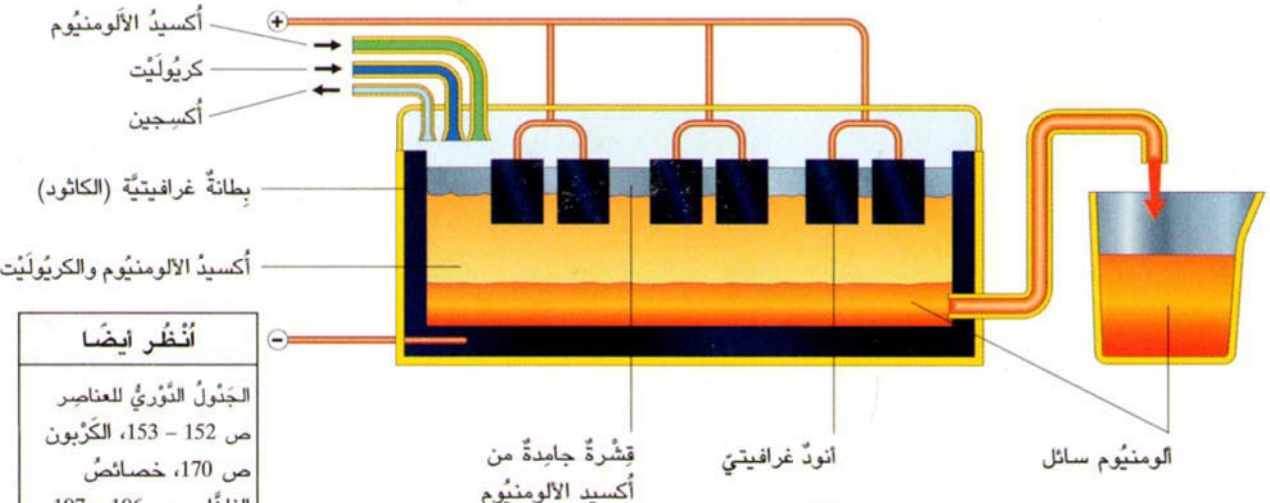
تتواجَدُ مُعْظَمُ الفلِزّاتِ كمُرَكَّباتٍ في قِشْرةِ الأرض – باستِثْناءِ الفلِزّاتِ الأقلِّ تفاعليَّةً، كالذَّهَبِ والبلاتين، التي تَتواجَدُ عادةً كعناصِرَ نَقِيَّة. الصُّخورُ التي تَحوي مُرَكَّباتٍ فلِزِّيَّةً تُسَمَّى خامات. فالهيماتَيْتُ – أحَدُ خامات الحديد – يَحوي أُكسيدَ الحديد، ح$_2$أ$_3$ «Fe_2O_3». والغالينا – كِبْريتيد الرَّصاص، صاكب «PbS» – هو خامُ الرَّصاص الرَّئيسيّ.

الكثيرُ من الفلِزّات تُسْتَخْلَصُ بإحماءِ خاماتِها في فُرْنٍ مع عامِلٍ مُخْتَزِل يَنْزِعُ العناصِرَ المُرْتبطةَ بالفلِزّ. وتُسَمَّى هذه العمليَّةُ طريقةَ الصَّهْر. فصَهْرُ خامِ الحديد مثلًا مع الكَرْبون يُنْتِجُ فلِزَّ الحديد وغازَ ثاني أُكسيد الكربون. الكربونُ يَنْزِعُ الأُكسجينَ من أُكسيدِ الحَديد.

يُمكِنُ استِخْدامُ الكَرْبون كعامِلٍ مُختزِل في طريقة الصَّهْر للفلِزّات التي تَقَعُ تحتَه في سِلْسلةِ التفاعُليَّة. فالخارصين (الزِّنْك) والحَديد والقَصْدير والرَّصاص تُنْتَجُ بِصَهْر خاماتِها مع الكربون.

لكِنَّ الكربونَ لا يَصْلُحُ لِتَحْقيق ذلك في عمليَّات صَهْرِ الفلِزّات الأكثَرِ منه تفاعُليَّةً. لذا، يُصارُ إلى إنتاج تلك الفلِزّات (من الأَلومنيُوم حتَّى البوتاسيُوم في سِلْسلةِ التفاعُليَّة) بِكَهْرَلَةِ مُرَكَّباتِها المُنْصَهِرة.

يُمْزَجُ أُكسيدُ الأَلومنيُوم مع الكريُولَيْت بحيثُ يَنْصَهِرُ على درجةِ 850°س. والكَهْرَلَةُ (التحليلُ الكهربائيّ) بين إلكتروداتٍ غرافيتيَّةٍ تُجَمِّعُ فلِزَّ الأَلومنيُوم على الكاثود وغازَ الأُكسجين على الأنودات. ويُبْقي التيّارُ الكهربائيُّ المُحَلِّلُ المَزيجَ حارًّا بما فيه الكِفايةُ ليَبْقى سائلًا. وحيثُ إنَّ الأُكسجينَ يُؤكْسِدُ الأنوداتِ تدريجيًّا، فإنَّه يَنْبغي استِبْدالُها من وَقتٍ لآخر.



سِلْسِلةُ التَّفاعُليَّة للفلِزّات

البوتاسيُوم	بو، K
سِلْفَايْت، بوكل «KCl»	
الصوديوم	ص، Na
المِلْح الصَّخْريّ، ص كل «NaCl»	
الكالسيُوم	كا، Ca
الحَجَرُ الجيريّ، كاك أ$_3$ «$CaCo_3$»	
المَغْنِسيُوم	مغ، Mg
الدُّولوميْت، مغ ك أ$_3$. كا ك أ$_3$ «$Mg\ Co_3 . CaCo_3$»	
الألومنيُوم	لم، Al
البوكسَيْت، لم$_2$أ$_3$ «Al_2O_3»	
الكَرْبون	ك، C
الخارصين (الزِّنْك)	خ، Zn
كبريتيد الزِّنْك، خ كب «ZnS»	
الحديد	ح، Fe
الهيماتَيْت، ح$_2$أ$_3$ «Fe_2O_3»	
القصْدير	ق، Sn
حَجَرُ القَصْدير، ق أ$_2$«SnO_2»	
الرَّصاص	صا، Pb
غالينا، صاكب «PbS»	
النُّحاس	نح، Cu
بِيْريتات النُّحاس، نح ح كب«$CuFeS_2$»	
الزِّئبق	بق، Hg
الزِّنْجَفْر، بق كب «HgS»	
الفِضَّة	ف، Ag
فلِزٌّ حُرّ	
الذَّهَب	ذ، Au
فلِزٌّ حُرّ	
البلاتين	بت، Pt
فلِزٌّ حُرّ	

سِلْسِلةُ تَفاعُليَّة الفلِزّات. يَشْغَلُ الكَرْبون، وهو لا فلِزٌّ، المَوقعَ بين الألومنيُوم والخارصين (الزِّنْك) – إشارةً إلى أنَّه أكثَرُ تفاعُليَّةً من الفلِزّات تحتَهُ وأقَلُّ تفاعُليَّةً من الفلِزّاتِ فوقَه.

اُنْظُر أيضًا

الجَدْولُ الدَّوْريُّ للعناصِر ص 152 – 153، الكَرْبون ص 170، خصائصُ الفلِزّات ص 196 – 197

الحَوامض (الحُموض)

الحوامِضُ مُرَكَّباتٌ هِدْروجينيَّةٌ تُنْتِجُ مع الماء أَيُوناتِ الهِدْروجين، فتجعَلُ المَحْلولَ حَمْضيًّا. الحوامِضُ تُحَوِّلُ لونَ وَرَق عبَّاد الشَّمْس الأَزْرق إلى الحُمرة.

▲ قواريرُ الحوامض المِخْبَريَّة تحملُ بطاقاتٍ تُحَذِّر بأنَّ مُحْتوياتِها أكَّالةٌ ومُؤذية (أعلى الصورة). الحُموضُ العُضْويَّةُ في الثِّمار ذاتُ طَعْم حادٍّ وهي غيرُ مؤذية؛ لكنَّ الحامضَ في لَسْعات الزَّنابير يُحدِثُ تفاعُلًا مُؤلمًا. بَطاريَّاتُ السيَّارات (أسفل الصورة) تَحوي حامضَ الكِبْريتيك الشَّديدَ الأكَّاليَّة.

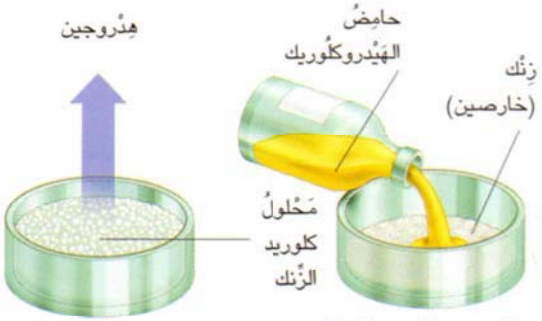
◄ حامِضُ الكِبْريتيك المُرَكَّز عامِلُ إنكازٍ (تَجفيف) قويّ. فهو يُزيلُ الهِدْروجين والأكسجين من الموادّ بنِسْبَة وجودِها في الماء. هذه الصورةُ تُبَيِّنُ تَحوّل السُّكَّر إلى كربون بفِعل حامض الكِبْريتيك المُرَكَّز. هذا الحامضُ يُحوِّلُ السُّكَّرَ إلى كربون بفِعل حامض الكِبْريتيك المُرَكَّز. هذا الحامضُ يُحوِّلُ السُّكَّرَ («$C_{12}H_{22}O_{11}$»، ك$_{12}$ هـ$_{22}$ أ$_{11}$) إلى 11 جُزَيئًا من الماء و12 ذرَّةً من الكربون. وتُحَوِّلُ حرارةُ التفاعُلِ بعضَ الماءِ إلى بُخار يُكَوِّنُ رُغاءً من الكربون الأسْود.

كثيرٌ من الأشياءِ العاديَّة تَحوي حوامضَ. فاللَّيْمونُ يَحوي حمضَ اللَّيْمون (حامِض السِّتريك)؛ والخَلُّ يَحوي حامضَ الإيثانويك، المعروف بحامضِ الخَلِّ (أو حَمْض الأَسيتيك). الحوامضُ المُختلِفةُ تُكْسِبُ اللَّيمونَ والخَلَّ والتفَّاح الحذيق وغيرَها طعْمَها الحادّ. بطَّاريَّاتُ السيَّارات تَحوي حامِضَ الكِبْريتيك، والعُصاراتُ الهَضْميَّةُ في المَعِدة تحوي حامضَ الهَيْدروكلُوريك.

الحوامضُ هي مَحاليلُ موادَّ تُنْتِجُ أَيُونات الهِدْروجين («H^+»، هـ$^+$)، عندما تَذوبُ في الماء. الكثيرُ من الموادِّ الحمضيَّة يُمكِنُ الحصولُ عليها نَقيَّةً كجوامدَ أو سوائلَ أو غازاتٍ؛ لكنَّها لا تعمَلُ كحَوامضَ إلَّا وهي ذائبةٌ في الماء.

تفاعُلاتٌ حَمْضيَّة

يُمكِنُ الكشفُ عن الحوامضِ بإضافةِ كاشفٍ صِبْغيّ كوَرَقِ عبَّاد الشَّمْس الذي يَحوي صِبْغًا كاشِفًا يتحَوَّلُ لونُه الأزرقُ إلى الحُمرة في المَحاليل الحَمْضيَّة. كثيرٌ من الحوامضِ تُنتِجُ غازَ الهِدْروجين عندما تُمْزَجُ مع فلِزَّاتٍ فَعّالة كالخارصين (الزِّنْك) أو المَغْنِسْيوم. وإذا مُزِجَ حامِضٌ قويٌّ مع بيكربونات الصوديوم (صِ هـ ك أ$_3$، «$NaHCO_3$»)، فإنَّ المَزيجَ يَنِزُّ بفَقاقيع غازِ ثاني أكسيد الكربون المُتصاعد.



قِطَعٌ صغيرةٌ من فلِزِّ الزِّنك تَذوبُ بِسُرعةٍ في حامِضِ الهَيْدروكلوريك. فتُنْبَعَثُ فقاقيعَ من غاز الهدروجين، ويَذوب الزِّنكُ مُكوِّنًا مَحْلولًا من كلوريد الزِّنك.

الحوامِضُ العُضْويَّة

تُنْتِجُ النَّباتاتُ والحيَواناتُ مجموعةً مُنوَّعةً من مُرَكَّباتِ الكربون الحَمْضيَّة تُسَمَّى الحوامضَ (أو الحُموضَ) العُضْويَّة. مُعظمُ هذه الحموض عديمُ الضَّرر؛ وكثيرٌ منها يُكْسِبُ الثِّمارَ والأغذيةَ الأُخرى نَكْهَةً مُحَبَّبة. الزُّيوتُ النباتيَّةُ والدُّهونُ الحيَوانيَّةُ هي مُرَكَّباتٌ من الحوامض العُضْويَّةِ مع الغليسَرول (الغليسَرين). وأنواعُ الصابونِ المُختلِفةُ هي أملاحٌ من الحوامضِ العُضْويَّة تُصَنَّعُ من الزُّيوت والدُّهون. والحامِضُ النَّوَويُّ الرِّيبيُّ المَنْقوصُ الأُكسجين (د ن أ) – هو حامضٌ بالغُ التَّعقيد يَحْمِلُ الشَّفْرةَ الجِينيَّة (الوِراثيَّة).

قِلَّةٌ من الحوامض العُضْويَّةِ الطبيعيَّة هي حوامضُ مُؤذِيَة. فالقُرَّاصُ اللَّاسِعُ وبعضُ النَّمْلِ القارِص تُدافِعُ عن أنفُسِها بحامضِ الميثانويك (هـ ك أ$_2$، «HCO_2H») الذي يُسَبِّبُ حُرْقَةَ اللَّسْع. ويُسَمَّى هذا الحامضُ أيضًا حامضَ النَّمْل.

أوراقُ بعض النَّباتات، كالرَّاوَنْد، تَحوي حامضَ الأوكساليك السَّامّ. والحيواناتُ العاشِبةُ سُرْعانَ ما تتعَلَّم تَحاشي رَعْيَ هذه النباتات.

الحوامِضُ اللَّاعُضْويَّة

الحوامضُ المُصَنَّعةُ من المعادِن واللَّافلِزَّات تُسَمَّى حوامضَ لا عُضْويَّة. والشَّائعُ منها يَشْمَلُ حامضَ الكِبْريتيك (هـ$_2$كب أ$_4$، «H_2SO_4») وحامضَ الهَيْدروكلُوريك (هـ كل، «HCl») وحامضَ النِّيْتريك (هـ ن أ$_3$، «HNO_3») وحامضَ الفُسْفوريك (هـ$_3$فو أ$_4$، «H_3PO_4»).

تُنْتِجُ الصِّناعاتُ سَنويًّا ملايينَ الأطنان من هذه الحوامض لاستِخْدامِها في صُنْع اللَّدائن والأَلْيافِ والأَسْمدةِ والأَصْباغِ وكيماويَّاتٍ أُخرى. الحوامضُ اللَّاعُضْويَّةُ المُرَكَّزةُ هي غالبًا أكَّالةٌ شَديدَةٌ؛ فهي تُعْطِبُ الجِلْدَ وتُذيبُ مُعظمَ الفِلزَّات بِسُرعة؛ حتَّى إنَّ حامضَ الهَيْدروفلُوريك (هـ فل، «HF») يُذيبُ الزُّجاج. وهنالك حوامضُ لاعُضْويَّةٌ أُخرى مأمونةُ المَخاطر تمامًا. فحامِضُ البُوريك (هـ$_3$وب أ$_3$، «H_3BO_3») مثلًا هو المُقَوِّمُ الرئيسيُّ في الغَسُولات المُهَدِّئة والمُطهِّرة للعَيْن.

انْظُر أيضًا

المُرَكَّباتُ الكيماويَّة ص 164 – 165
الغِذاءُ والتِّقاناتُ الزراعيَّة ص 448 – 449

القواعِدُ والقِلْويَّات

القاعدةُ مادَّةٌ تُعادِلُ حامِضًا بِتَفاعُلِها مع أَيُوناتِ الهِدْروجين. القِلْيُ قاعدةٌ ذَوَّابةٌ في الماء؛ والقَواعِدُ تُحَوِّلُ لونَ وَرَق عبَّاد الشَّمْس المُحمَرّ إلى الزُّرْقة.

الحموضُ، من النَّبْتِ المُتعَفِّن، والمَطَرُ الحَمْضيُّ تُؤْذي المُتعَضِّياتِ المائيَّة. هذا العمودُ يَصُبُّ كمِّيَّاتٍ مُقَيَّسَةً من الكِلْس (هدروكسيد الكالسيُوم) في مياه نَهْرٍ جارٍ لِيُعادِلَ الحوامضَ فيها.

القواعِدُ في مُعْظَمِها مَعادِنُ تَتفاعَلُ مع الحوامِض لتُكوِّنَ ماءً ومِلْحًا. وهي تَشْمَلُ أكاسيدَ وهِدْروكسيدات وكَرْبونات الفلِزّات. مثالُ ذلك، هِدروكسيد الصوديوم (ص أه، «NaOH») وكَرْبونات الكالسيُوم (كاك أ3، «$CaCO_3$») وأُكسيد البوتاسيُوم (بو2أ، «K_2O»).

القواعِدُ تَتفاعَلُ مع أَيُوناتِ الهِدْروجين في مَحْلولٍ حَمْضيّ لِتُكوِّنَ الماء. أُكسيد النُّحاس (نح أ، «CuO»)، وهو قاعِدةٌ نَمُوذجيَّة، يُعادِلُ حامِضَ الكِبْريتيك (هـ2كب أ4، «H_2SO_4») مُنتِجًا الماءَ وكِبْريتاتِ النُّحاس (نح كب أ4، «$Cu\ So_4$»). المُعادَلةُ الكيماويَّةُ التالية تُبَيِّنُ هذا التحَوُّل:

نح أ + هـ2 كب أ4 ← نح كب أ4 + هـ2أ.

$$H_2O + Cu\ SO_4 \leftarrow H_2SO_4 + CuO$$

وهذا يَعني أنّه إذا أُضيفَ سَحيقُ أكسيد النُّحاس الأَسودُ إلى الحامضِ العديم اللَّون، فإنّ المَسْحوقَ يذوبُ ويتلَوَّنُ المَحْلولُ بلَون كِبْريتات النُّحاس الزَّرقاء. بعدَ فَترةٍ قصيرةٍ يَتوَقَّفُ ذَوبانُ أُكسيد النُّحاس، ولا يَبْقى للحامضِ وُجودٌ، والمَحْلولُ عندئذٍ لا يُحَوِّلُ الكواشِفَ إلى ألوانِها الحَمْضيَّة؛ وهذا مَثَلٌ على تفاعُلاتِ التَّعادُل. المِلْحُ المُنْتَجُ في هذا التفاعُلِ يتألَّفُ من أَيُوناتِ النُّحاس (نح$^{+2}$، «Cu^{2+}») وأَيُونات الكِبْريتات (كب أ$_4^{-2}$، «SO_4^{2-}»). أيونُ النُّحاس المُوجِبُ مَصدرُه القاعدةُ، وأَيُون الكِبْريتات السَّالبُ مَصدرُه الحامض. ومُنْتَجُ التفاعُلِ الآخَرُ هو الماء. ويُسَمَّى جُزْءُ الحامض الذي يُكوِّنُ الأملاحَ في تفاعُلاتِ التعادُل الشِّقَّ الحَمْضيّ؛ والشِّقُّ الحَمْضيُّ لحامضِ الكِبْريتيك هو (كب أ$_4^{-2}$، «SO_4^{2-}»).

القِلْويَّات

القِلْويَّاتُ هي قواعِدُ ذَوَّابةٌ في الماء. ويُمكِنُ تَبَيُّنُ المَحْلولِ القِلْويّ بإضافة أحدِ الكواشِف. فمَحْلولُ هِدْروكسيد الصوديُوم، مثلًا، يُحوِّلُ لونَ عبَّاد الشَّمْس من الأُرجوانيِّ المُحمَرّ إلى الزُّرْقة. المَحاليلُ القِلْويَّةُ تَحوي أَيونات الهِدْروكسيد (أهـ$^-$، «OH^-»). فعندما يُمْزَجُ مَحْلولٌ حَمْضيٌّ بمَحْلولٍ قِلْويّ، تتفاعَلُ أَيوناتُ الهِدْروكسيد من القِلْي مع أَيُونات الهِدْروجين من الحامِض لِتُكوِّنَ الماء؛ والمُنْتَجُ الآخَرُ للتفاعُل هوَ مِلحٌ.

أُنْظُر أيضًا

التفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 – 163
إنتاجُ الأَغْذِيَة ص 230 – 231
تلَوُّثُ الهواء ص 453

مَحْلولُ بيكَرْبونات الصوديُوم

خَلّ

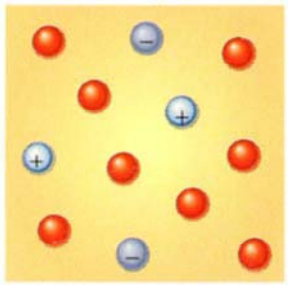
الكاشِفُ يُغَيِّرُ اللَّوْن

▲ يتحَوَّلُ لونُ الكاشِف عبَّاد الشَّمْس إلى الزُّرْقة في مَحْلولِ كربونات الصوديُوم (أعلى الصُّورة) لأنَّ المَحْلولَ قِلْويٌّ. وَإذا أُضيفَتْ قَطَراتٌ من الخَلّ (فوق وَسَط الصورة) إلى المَحْلول (أعلاه)، فإنَّ الحامضَ في الخَلّ يُحَوِّلُ لونَ عبَّاد الشَّمْس إلى الحُمْرة هُنَيْهَةً حتَّى يتعادَلَ مع القِلْي. وعندما تتِمُّ مُعادلةُ كُلِّ البيكربونات يُصبِحُ لونُ المَحْلولِ أُرجُوانيًّا. وإذا أُضيفَ مَزيدٌ من الحامض، فإنَّ لونَ المَحْلول يتحوَّل إلى الحُمْرة.

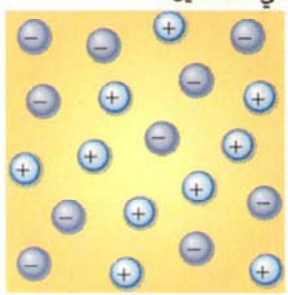
◄ الزُّروعُ لا تجودُ في التُّربةِ الحَمْضيَّة. فالتُّرَبُ القليلةُ القِلْويَّة هي الأمثَلُ لِنمُوِّ النَّباتاتِ ولانتِشارِ المُتعَضِّيات التُّرْبيَّة المُفيدة. المزارعون يُضيفون سَحيقَ الكِلْس – هدروكسيد الكالسيُوم – القاعديّ إلى التُّرَبِ الحَمْضيَّة لأنَّ الكِلْسَ يُعادِلُ الحامضَ ويجعَلُ التُّربةَ قليلةَ القِلْويَّة.

الكواشِفُ والرَّقْمُ الهِدْروجينيّ (هـس «PH»)

الرَّقْمُ (أو الأُسُّ) الهِدْروجينيّ (هـس، «PH») يُبَيِّنُ ما إذا كان المَحْلولُ حَمْضيًّا أو قِلْويًّا – كما يُبَيِّنُ مدَى قُوَّتِه. والكواشِفُ هي أَصْباغٌ يَتغَيَّرُ لَوْنُها تبَعًا للرَّقْمِ الهِدْروجينيّ للمَحْلول.



الحوامضُ الضعيفةُ تَتأيَّن جُزْئيًّا في المَحاليل



الحوامضُ القويَّةُ تَتأيَّن كُلِّيًّا في المَحاليل

▲ مَحاليلُ الحوامض القويَّة تَحوي أَيُوناتِ الهِدْروجين وأَيُوناتِ الشِّقِّ الحَمْضيّ فقَط. أمّا مَحاليلُ الحوامضِ الأضعف فتَحوي بعضَ الأَيُونات بالإضافة إلى جُزَيْئات الحَمض التي لم تَتأيَّن (بالأَحْمر).

عندما نُلقي قِطَعًا من فِلِزِّ الخارصين (الزِّنْك) في حامِض الهَيْدروكلُوريك نراها تتفاعَلُ معه بِسُرعةٍ وتَذوب. أمّا مَحْلولُ حامض السِّيتريك، حتَّى عندما يكونُ مُرَكَّزًا، فليسَ له أيُّ تأثير مَلْحوظٍ على الفِلِزّ. الحوامضُ العُضويَّةُ، كحامضَي السِّتْريك والإيثانويك، تُصَنَّفُ كحوامضَ ضَعيفة. أمّا الحوامضُ اللَّاعُضْويَّةُ، كحامضِ الهَيْدروكلُوريك وحامض الكِبْريتيك، فحوامضُ قويَّة.

مِقياسُ الرَّقْم الهِدْروجينيّ (هـس، «PH»)

قيمةُ هـس «PH» لأيِّ مَحْلولٍ هي بَيانٌ لِحَمْضيَّتِه أو قِلْويَّتِه. المَدى المُتَعارفُ لِلرَّقْم الهِدْروجينيّ يتَوالَى من هـس 1 (للحامضِ القويِّ جدًّا) إلى هـس 14 (للقِلْي القويِّ جدًّا). الرَّقمُ الهِدْروجينيّ هـس للمَحاليلِ المُتَعادِلَة – اللَّاحَمْضيَّة واللَّاقلويَّة – هو الرَّقْم 7. الرَّقمُ الهِدْروجينيُّ (هـس) للمَحاليلِ الحَمْضيَّةِ أقلُّ من 7. وكُلَّما قَلَّ هذ الرقمُ تكون قوَّةُ الحامض أشدَّ. فالرقمُ الهِدْروجينيّ لحامض الإيثانويك الضعيف هو في حُدود هـس 5، فيما هـس للحوامضِ القويَّة يُقارِبُ الصِّفْرَ، وقد يَكونُ سالِبًا في بَعضها.

الرنمُ الهِدْروجينيُّ للمَحاليلِ القِلْويَّة أكثرُ من 7. فالرَّقمُ الهِدْروجينيّ لمحاليلِ القلْويَّات القويَّة، كهِدْروكسيد الصوديُوم (ص أه «Na OH»)، قد يبلُغ هـس 14 أو حَتَّى يَزيد.

تغيُّراتُ هـس الضئيلةُ جِدًّا تُؤثِّرُ في نوع الكائنات التي تَعيشُ في الماء. هذا البيُولوجيُّ يَسْتَخْدِمُ مِقياس هـس الإلِكترونيّ الذي يقيسُ الرَّقمَ الهدروجينيّ بدِقَّةِ تقارِبُ 0,1 وَحْدة هـس.

قياسُ هـس

أبسَطُ طريقةٍ لقياسِ قيمةِ هـس PH لِمَحْلولٍ مّا هي باستِخْدامِ أحدِ الكواشِف. الكواشِفُ أصباغٌ تَخْتَلِفُ ألوانُها تبَعًا لِمَدًى مُعَيَّنٍ من قِيَم هـس. فعبَّادُ الشَّمْس، مثلًا، هو صِبْغٌ نباتيٌّ أحمرُ اللَّون في الحوامض وأَزْرقُ اللَّون في القِلْويَّات. فصِبْغُ ورَقِ عبَّاد الشَّمْس تُسْتَخْدمُ في تعَرُّفِ الحوامضِ والقِلْويَّات. وهنالك كواشِفُ أُخرى تَتغَيَّرُ ألوانُها عندَ قِيَمٍ مُعَيَّنة أكثرَ تحديدًا لِ هـس. فبُرتُقاليُّ المِثيل، مثلًا، يَتغَيَّرُ لونُه في المَدى هـس 3 إلى 4,5. والمَزيجاتُ من الكواشِف تُعطي تَقْديراتٍ أفضَلَ لقِيَم هـس.

لكِنَّ الطريقةَ الأفضلَ لقياسِ هـس هي بمِقياسِ هـس الإلكترونيّ، الذي يَقيسُ تَرْكيزَ أَيُوناتِ الهِدْروجين ويَحْتَسِبُ قيمةَ هـس بدِقَّة.

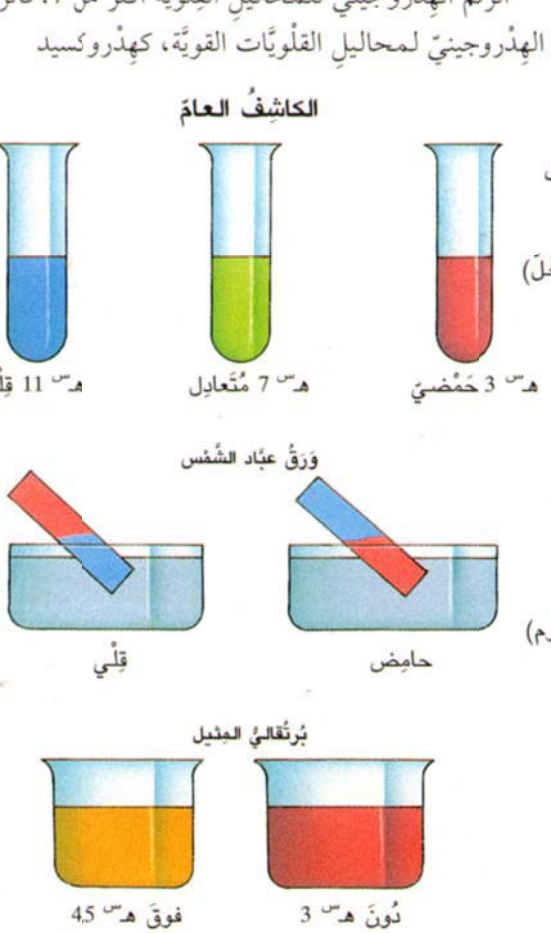
القُوَّةُ والتأيُّن

الرقمُ الهِدْروجينيّ هـس لحامضٍ قويّ يُبَيِّنُ أنَّ جميعَ جُزَيئاتِه قد انفلقَتْ إلى أَيُوناتِ هِدْروجين وأَيُوناتِ شِقٍّ حَمْضيّ. الحوامضُ الضعيفةُ تَتأيَّنُ جُزْئيًّا بحيثُ إنَّ قِسْمًا فقط من جُزَيئاتِها يَنْفَلِقُ لِيُنْتِجَ أَيُوناتِ هِدْروجينيَّة. وهذا هو السَّببُ في أنَّ مَحاليلَها أقلُّ حَمْضيَّةً من مَحاليلِ الحوامضِ القويَّة. وبالواقعِ نَفْسِه، فإنَّ القِلْويَّاتِ الضعيفةَ لا تُنتِجُ سِوى قِلَّةٍ من أَيُوناتِ الهِدْروكسيد.

ورَقُ عبَّاد الشَّمْس يُبَيِّنُ ما إذا كان المَحْلولُ حَمْضيًّا (هـس < «أصغَر من» 7) أو قِلْويًّا (هـس > «أكبَر من» 7). بُرتُقاليُّ المِثيل يُغَيِّرُ لونَه من الأَصْفَر إلى الأحمر دونَ ما يُقاربُ هـس 4.

اُنْظُر أيضًا

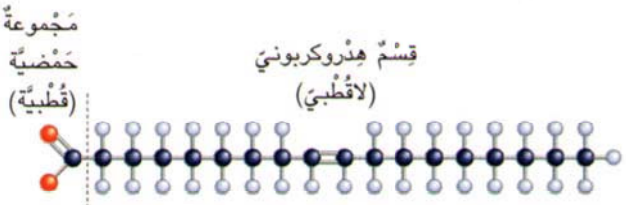
المَحاليل ص 158 – 159
الحوامض (الحُموض) ص 184
القواعِدُ والقِلْويَّات ص 185



▲ الكاشِفُ العامّ مَزيجٌ من الأَصباغ يَتمَيَّزُ بعدَّةِ تغَيُّراتٍ لونيَّةٍ تُبَيِّنُ قيمةَ هـس لِلمَحْلول.

الصَّابونُ والمُنَظِّفات

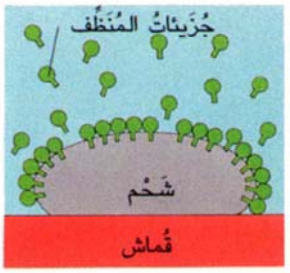
الصَّابونُ والمُنظِّفاتُ تجعَلُ الدُّهونَ والشُّحُومَ ذوَّابةً في الماء. الصَّابونُ يُصَنَّعُ من الدُّهونِ والزُّيوت الطبيعيَّة. أمَّا المُنَظِّفاتُ فتُصَنَّعُ من البِتْروكيماويَّات (الكيماويَّات النِّفْطيَّة).



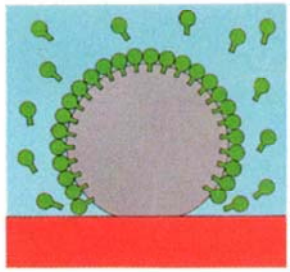
جُزَيْءُ المُنَظِّفِ النموذجيّ ذو جُزْءٍ لاقُطْبيٍّ يَنْجذِبُ إلى الزُّيوتِ والشُّحُوم، وجُزْءٍ قُطْبيٍّ، عادةً حَمْضيّ، يجعَلُ الجُزَيءَ ذوَّابًا في الماء.

صابونُ الحمَّام وبَرْشُ الصَّابون أمثِلةٌ على المُنَظِّفاتِ الصابونيَّة التي تُصَنَّعُ في غالبيَّتِها من الزُّيوتِ النباتيَّة، كزَيْتِ النَّخيل وزَيْتِ الزَّيتون وزَيْتِ جَوْز الهِنْد (زَيْت النارَجيل). بعضُ أنواع الصَّابون يُصَنَّعُ من دُهونٍ وشُحُومِ الحيَوانات.

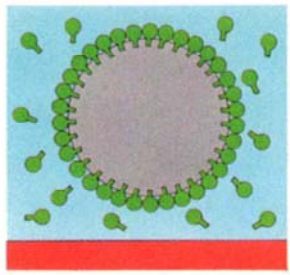
المُنَظِّفاتُ اللَّاصابونيَّةُ هي عَوامِلُ التَّنْظيف في سوائلِ الغَسيل والشَّامْبو ومَساحيق الغَسيل. وهي تُصَنَّعُ من مُنْتَجاتٍ ثانويَّةٍ في عمليَّةِ تَكْريرِ النِّفْط.



المُنَظِّفُ يُهاجِمُ الشَّحْم



تتكَوَّنُ قُطَيْرةٌ شَحْميَّة



القُطَيْرةُ الشَّحْميَّةُ تَطْفو بعيدًا عن القُماش.

▲ جُزَيئاتُ المُنَظِّف ذاتُ أذيالٍ تآلَفُ الدُّهونَ فتَعْلَقُ بالشَّحْم؛ وذاتُ رُؤوسٍ تآلَفُ الماءَ فتَجعَلُ قُطَيراتِ الشَّحْم تَمْتَزِجُ بالماء.

تَذْويبُ الشُّحُوم

الوسَخُ المُتراكِمُ على المَلابسِ والجِلْدِ هو مَزيجٌ من القَذارةِ والشُّحُوم. وأطباقُ المآدبِ تَتَّسِخُ عادةً ببَقايا الأَطعمةِ الدُّهْنيَّة. وحيثُ إنَّ الزُّيوتَ والشُّحُومَ صادَّةٌ للماء، فإنَّ الغَسْلَ بالماءِ وَحْدَه لنْ يُذيبَ الأقذارَ الدُّهنيَّة. المُنَظِّفاتُ تَعْملُ على تَنْظيفِ المَلابسِ والجِلْد والأَطباقِ بِمُساعدةِ الماء على إذابةِ الدُّهونِ والشُّحُوم.

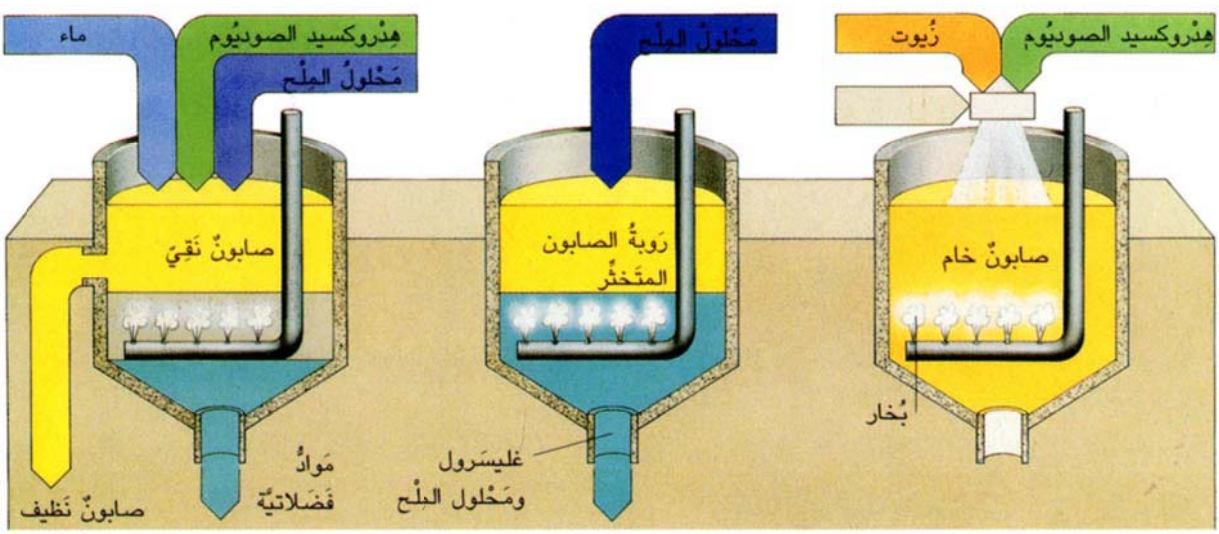
هنالكَ أنواعٌ عديدةٌ مُخْتلِفةٌ من جُزَيئاتِ المُنَظِّفات الصَّابونيَّةِ واللَّاصابونيَّة؛ لكِنَّها كُلَّها ذاتُ جُزءٍ قُطْبيٍّ وآخَرَ لاقُطْبيّ. الجُزْءُ القُطْبيُّ ذو شِحْنةٍ كهربائيَّةٍ تَجْذِبُه إلى الماء؛ والجُزءُ اللَّاقُطْبيُّ مُتَعادِلٌ كهربائيًّا وجَيِّدُ الذوبانيَّة في الشَّحْم. فعندما يُمْزَجُ مُنَظِّفٌ مع الشَّحْم، تَذوبُ أجزاءُ جُزَيئاتِه اللَّاقُطْبيَّة في الشَّحْم؛ وتَبْرُزُ الأَجْزاءُ القُطْبيَّةُ خارجَ السَّطْحِ الشَّحْميّ. وبالفَرْكِ والكَبْس يُفَكَّكُ الشَّحْمُ إلى قُطَيراتٍ تُحيطُ بها طبَقةٌ من جُزَيئاتِ المُنَظِّف تكونُ المَجْموعاتُ القُطْبيَّةُ على الجانبِ الخارجيِّ لهذه الطبَقة - فتَذوبُ القُطَيراتُ في الماء.

صُنْعُ الصَّابون

يَصْنَعُ البَشَرُ الصَّابونَ مُنْذُ عِدَّةِ مئاتٍ من السِّنين. فكانوا سالِفًا يُقَلِّبونَ الدُّهونَ الحيوانيَّةَ والماءَ والرَّمادَ، من مَواقِدهم، معًا ويتركونَ المَزيجَ عِدَّةَ أسابيعَ لِيَنْضَج. الماءُ والرَّمادُ يُكوِّنان قِلْيًا يُفَكِّكُ الدُّهونَ الحيَوانيَّةَ ويُنْتِجُ الصابون. كيمياءُ صناعةِ الصَّابون الحَديثَةُ شديدةُ الشبَه بهذه الطريقةِ القديمة، لكِنَّ تِقْنيَّات العمليَّةِ اليومَ مُختلِفةٌ جِدًّا.

الدُّهونُ الحيوانيَّةُ والنباتيَّةُ مُرَكَّباتٌ كيماويَّةٌ من الغليسَرول والأَحماضِ الدُّهنيَّة. وهذه الأحماضُ تتألَّفُ من سَلاسِلَ طويلةٍ من ذرَّاتِ الكربون والهِدْروجين يَنْتَهي طرَفُها بِمَجْموعةٍ حَمْضيَّةٍ كَرْبوكسيليَّة (-كأوِه، «$-CO_2H$»).

القِلْيُ، وهو عادةً هِدْروكسيد الصوديُوم، يُحَوِّلُ الجُزَيئاتِ الدُّهْنيَّةَ إلى غليسَرول وأحماضٍ دُهْنيَّة. ثُمَّ يتفاعَلُ القِلْيُ مع هذه الأَحماض لِيُكوِّنَ مِلْحًا - فتَغْدو سِلْسِلةُ الهِدْروكربون الطويلةُ للحامضِ الدُّهْنيِّ مُنْتَهِيَةً بأَيُون الكربوكْسِلاتِ القُطْبيِّ (-كأوِ-، «$-CO^{2-}$») الذي يَأْلَفُ الماء. وهذا هو الصابونُ الخام. وبعدَ التخَلُّصِ من الكيماويَّاتِ الأُخرى في التفاعُل بالشَّطف، يُجَفَّفُ الصَّابونُ المُنَقَّى، وتُضافُ إليه عادةً الألوانُ والعُطورات قبْلَ صَبِّه في قوالِبَ للحُصول على قِطَعٍ مُسْتَطيلةٍ أو بَرْش. ويُسْتَخْدمُ الغليسَرول - المُنْتَجُ الثانويُّ في هذا التفاعل - في صُنْعِ المُتفَجِّراتِ واللَّدائنِ وكيماويَّاتٍ أُخرى.



في المَرْحلةِ الأُولى لِتَصْنيعِ الصَّابون، يَفلِقُ مَحْلولُ هِدْروكسيد الصوديُوم جُزَيئاتِ الزَّيْت إلى صابونٍ وغليسَرول؛ ويُسَخَّنُ البُخار المَزيجَ. ثُمَّ، يُضافُ مَحْلولُ المِلْح لِيُخَثِّر الصابونَ الخام. والمَزيدُ من هِدْروكسيد الصُّوديوم يَفْلِقُ الزَّيْتَ المُتَبقيَّ في المَحْلولِ الصابونيِّ المِلْحيّ، ويَشْطُفُ الماءُ الصابونَ لإزالةِ الشَّوائب.

اُنْظُر أيضًا

التفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 - 163
القواعِدُ والقِلْويَّات ص 185
البِتْروكيماويَّات ص 190 - 191

كيمياءُ الأَغذِيَة

الطَّعامُ يُوَفِّرُ الطاقةَ لأَنشطةِ الجِسْم ويُؤَمِّنُ التَّغْذيةَ لِنُمُوِّ الأَنسِجَةِ ورَأْبِها. المُقَوِّماتُ الأساسيَّةُ لِلْمَأكولات هي: الكَرْبوهِدْراتات، والدُّهونُ بما فيها الزُّيوتُ، والبروتيناتُ والڤيتامينات.

تعتَمِدُ الحياةُ على عددٍ هائلٍ من التَّفاعُلاتِ الكيماويَّة بيْنَ جُزَيئاتٍ أَساسُها الكربون. مُجْمَلُ العمليَّاتِ الكيماريَّة في الكائن الحيِّ تُسَمَّى الأَيْض (الاستِقْلاب). والأَيْضُ نوعان: الأَيْضُ الهَدْميُّ (الاِنْتِقاض)، ويَضُمُّ كافَّةَ التفاعُلاتِ التي تُفَكِّكُ الجزيئاتِ الكبيرةَ وتُحَرِّرُ الطاقة؛ والأَيْضُ البِنائيُّ الذي يَسْتَخْدِمُ الجُزَيئاتِ البَسيطةَ لِتَخْليقِ البروتيناتِ والدُّهونِ وموادَّ مُعَقَّدةٍ أُخرى.

الأَيْضُ الهَدْميّ

الجزءُ الرئيسيُّ من الأَيْضِ الهَدْميِّ هو هَضْمُ الطَّعام. فأَنْزيماتُ الهَضْم تُفَكِّكُ الجُزَيئاتِ الكبيرةَ إلى موادَّ بَسيطةٍ تُمْتَصُّ إلى مَجْرى الدَّم. الكَرْبوهِدْراتات، من الحُبوب، تَحوي النَّشا الذي يَتَفَكَّكُ بَعْضُه إلى جُزَيئاتٍ من النلوكوز. وهَضْمُ البروتينات يُنْتِجُ الأحماضَ الأمينيَّة. أمَّا الدهونُ فلا تُفَكَّكُ إلى جُزَيئاتٍ أَبْسَطَ؛ بَلْ تَحْلُّها الصَّفْراءُ (المُرَّة)، من الكَبِد، العامِلَةُ كمُنَظِّفٍ إلى مُسْتَحْلَبٍ من القُطَيْراتِ الدُّهْنيَّةِ الدَّقيقة. وتَنْقُلُ الأَوعيَةُ الدمويَّةُ المُحيطةُ بالأَمعاء جميعَ هذه الموادِّ إلى الكَبِد.

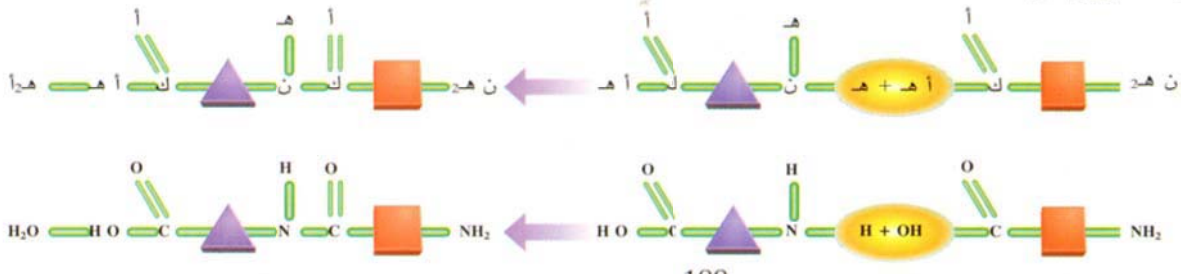
▲ تتألَّفُ جُزَيئاتُ النَّشا من أُلوف جُزَيئاتِ الغلوكوز مُتَرابطةً طرفًا بطَرف. الأَنْزيماتُ في اللُّعاب وفي عُصاراتِ الهَضْم في الأَمعاء تَفْلِقُ جُزَيئاتِ النَّشا إلى غلوكوز. والغلوكوزُ، الذوَّابُ في الماء، يَسْري عَبْرَ الخلايا في جِدار المِعَى الدَّقيق إلى مَجْرى الدَّم. خلايا الجِسْم تأخذُ الغلوكوزَ من الدَّم وتُفَكِّكُه بِمُساعدةِ الأُكسجين لإنتاج الطاقة.

الأَيْضُ البِنائيّ

الكَبِدُ هي المَصْنعُ الكيماويُّ للجِسْم. فهي تَخْتَزِنُ الغلوكوز وتُنَظِّمُ أيضًا كمِّيَّتَه في الدَّم بحيثُ تُتاح كمِّيَّةُ الطاقةِ الصَّحيحةُ لجميع الخلايا. وتَسْتَخْدِمُ الكَبِدُ أيضًا الغليسَرولَ من الدُّهون والزُّيوت لِتُصَنِّعَ إمداداتٍ إضافيَّةً من الغلوكوز. كما تُعالِجُ الأحماضَ الأمينيَّةَ من البروتيناتِ الهَضميَّة، وتَضْمَنُ أنَّ الكمِّيَّاتِ الصَّحيحةَ منها تَسْري في الدَّم. ونَذكُرُ أنَّ الخلايا في مختلِف أنحاء الجِسْم تُخَلِّقُ البروتيناتِ بضَمِّ الأحماضِ الأَمينيَّةِ معًا في تتابُعٍ يَحْكُمُه د ن أ. والكَبِدُ تُفَكِّكُ أيضًا الدُّهونَ وتُحَوِّلُ المُنْتَجاتِ إلى موادَّ زَيتيَّة، تُسَمَّى شَحْميداتٍ، ضروريَّةٍ لتكوين أغشيةِ الخلايا. أمَّا الشَّحْميداتُ الفائضةُ فتُخْتَزَنُ في نواحي الجِسْمِ كدُهون.

▼ الغِذاءُ الصِّحِّيُّ المُتَوازنُ يَحوي النِّسَبَ الصَّحيحةَ من الكربوهِدْراتات والدُّهونِ والزُّيوتِ والأَلْياف والبروتينات. الأَلْيافُ الغذائيَّةُ هي ضَرْبٌ لا هَضومٌ من النَّشا، يُعرَف بالسليولوز. ورُغْمَ لاهَضوميَّتِها، فإنَّ هذه الأَلْياف تُساعِدُ الهَضْمَ السَّليمَ بتَيْسير انتِقالِ الغِذاءِ عَبْرَ الأَمعاء.

الأَحْماضُ الأَمينيَّةُ تترابَطُ معًا لتُكَوِّنَ البروتينات. فتتَّجِدُ مَجْموعةُ (-أهـ، «-OH») في الشِّقِّ الحامِضيِّ مع ذرَّةِ هِدْروجين من المَجْموعةِ الأَمينيَّة (-ن هـ٢، «-NH_2») لتُكَوِّنَ الماء.



اِزْدِراعُ الأَغذِيَة

مُعظمُ أَغذِيةِ البَشَرِ مَصْدَرُها النَّباتات. حتَّى اللُّحُومُ، فإنَّ مَصْدرَها حيواناتٌ تَغْتذي بالنَّباتات. تَسْتَخْدِمُ النَّباتاتُ عمليَّةَ التَّخْليق الضوئيِّ لِابْتِناءِ الغلوكوز من الماءِ وثاني أُكسيد الكربون. ثمَّ تَضُمُّ جُزَيْئاتِ الغلوكوز معًا لتَصْنعَ النَّشا. وهي تَسْتَخْدِمُ الغلوكوزَ أيضًا كمَادَّةٍ بِدايةٍ في تَخْليقِ الدُّهونِ والزُّيوت. وتَسْتَمِدُّ هذه العمليَّاتُ مُرَكَّباتٍ من الكربون والهِدْروجين والأُكسِجين من تفاعُلِ التَّخْليقِ الضَّوئيّ. وفي تَصنيع البروتينات، تَحْتاجُ النَّباتاتُ أيضًا إلى النِّتْروجين.

مَسألةُ النِّتْروجين

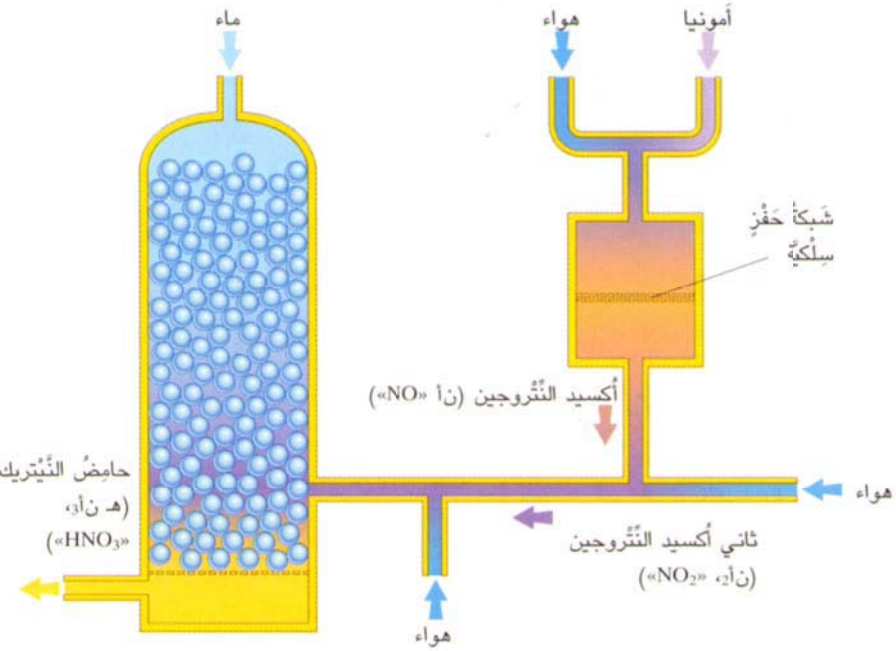
تَسْتَمِدُّ النَّباتاتُ النِّتْروجين من التُّربة على شَكْل أَملاحٍ نِتْراتيَّةٍ مُذابةً في المياه الجَوفيَّة. البَكتِريا في التُّربة تُحَوِّل النِّتْروجين من الهواء إلى نِتْرات. وتعمل بكتِريَّاتٌ تُربيَّةٌ أخرى أيضًا على تَفْكيكِ بَقايا النباتاتِ والحيواناتِ المَيْتةِ لِتُكوِّنَ نِتْرات. هذه العمليَّاتُ الطبيعيَّةُ تُوَلِّدُ ما يكفي من النِّتْرات للنموِّ الطبيعيّ العاديّ للنباتات. لكِنَّ الإزدِراعَ الكثيفَ سُرعانَ ما يَسْتَنْفِدُ النِّتْراتِ في التُّربة، لذا يتوجَّبُ على المُزارعين إضافةُ الأَسْمدة الإصطِناعيَّة إلى التُّربة لِتَوفيرِ النِّتْرات للنباتات لِتَصنعَ البروتينات.

نِتْراتُ الأَمونيُوم (نهـ4ن أ3، «NH_4NO_3») سَمادٌ شائعٌ يُصَنَّعُ من الأَمونيا (نهـ3، «NH_3») وحامِض النِّتْريك (هـن أ3، «HNO_3»). وحيثُ إنّ هذا الحامض يُحَضَّرُ من الأمونيا، فإنّ كلا هاتين المادَّتين تعتَمِدُ على طريقةِ هابر لتَحْويل النِّتْروجين من الهواء إلى أَمونيا (اُنظُر ص 176). نِتْراتُ البوتاسيوم (بون أ3، «KNO_3») وكبريتاتُ الأمونيُوم [(ن هـ4)2 كب أ4، «$(NH_4)_2 SO_4$»] هما سَمادان آخران يَحويان النِّتْروجين بشَكْلٍ تَسْتطيعُ النباتاتُ استِخْدامَه.

► حُبوبُ الحِنْطة، كالشَّعير، تَحوي جميعَ المولِّ الغذائيَّةِ الرئيسيَّة. فالعِجْلُ مثلاً يَسْتَهلكُ حوالى 10 كغ من الحُبوب لِيَزدادَ وزنُه كيلوغرامًا واحدًا. والمَعْروفُ أنَّ لَحْمَ المواشي غَنيٌّ جِدًّا بالبروتينات والدُّهون، لذا فإنَّ تناوُلَ اللُّحوم بإفراط يُعتَبَرُ غذاءً غيرَ مُتَوازن.

► هذه العُجَيْراتُ الجذريَّةُ تحتوي بَكتِريا نَتْرتة تُحَوِّلُ النِّتْروجين من الهواء إلى نِتْراتات. تعيش بكتِريا النِّتْرتة على جُذور البُقول، كالبازِلاَّ والفاصوليا – فالبَقْلُ يُوَفِّرُ غذاءً للبَكتِريا ويَتلَقَّى منها نِتْراتٍ مُغَذِّيَة.

▼ يُصْنَعُ حامِضُ النِّتْريك بإمرارِ الهواءِ والأَمونيا (نهـ3، «NH_3») فوقَ حَفَّازٍ مُلائم. المُنْتَجُ الأوَّليُّ هو أُكسيد النِّتْروجين (ن أ، «NO») الذي يُحَوِّلُه أُكسجين الهواء إلى ثاني أُكسيد النِّتْروجين (ن أ2، «NO_2»). ويتَّحِدُ ثاني أُكسيد النِّتْروجين بالماءِ مُكوِّنًا حامضَ النِّتْريك (هـ ن أ3، «HNO_3»)، الذي يُسْتَخْدمُ في صُنْعِ الأَسْمدة النِّتْراتيَّة.



فيتامين	مَصادرُ اعتياديَّة	تأثيره في الجِسْم
فيتامين أ (A)	الكَبدُ وزيوتُ السَّمك ومُنْتَجاتُ الألبان والثِّمار والخَضراوات	يُحتَاج لِصحَّة العُيون والجِلْد والأَنْسجَة
فيتامين ب (B)	اللُّحومُ ومُنْتَجاتُ الألبان والحُبوبُ الكاملة (كما في الدَّقيق والخُبْزِ الكاملَيْن) والخَضراوات	تَستَخْدِمُه الخلايا في تحرير الطاقة، وفي توليد كُرَيَّات الدَّم الحَمْراء
فيتامين ج (C)	البُرتُقال واللَّيمون وفواكه عديدة أُخرى والخضراوات	يُحتَاجُ لِصحَّة العظام والأسنان ولِرَأْبِ الأَنْسجة
فيتامين د (D)	الأَسْماكُ الزيتيَّة ومُنْتَجاتُ الألبان والبَيض. بعضُ هذا الفيتامين يُصَنَّعُ في الجِلْد عند تَعَرُّضِه لِضَوءِ الشَّمْس	امتِصاصُ الكالسيُوم والفُسفور واستِخْدامُها في نمُوّ العِظام
فيتامين هـ (E) «التوكوفيرول»	الدَّقيقُ الأسمرُ، وسُويداءُ القَمْح، والكَبد والحليب والبَيْض والخَضراوات الخضراء	يُساعِدُ في عمليَّة تَنَفُّس الخلايا والحِفاظ على الفيتامينات الأُخرى. في الجِسْم البَشَريّ لا وظيفةَ محدَّدةَ مؤكدة له – نَقْصُه قد يُسبِّب العُقم
فيتامين ك (K)	الخَضراواتُ الوَرَقيَّة. يُصْنَعُ أيضًا في الأمعاء بواسطةِ البَكتِريا غيرِ المُؤذية	يُساعِدُ في تَخَثُّر الدَّم

الفيتامينات ضروريَّةٌ لقيام العديد من الأَنْزيمات بِوَظائِفِها كما يَنْبغي. إنَّ نَقْصَ الفيتامينات في غِذاءِ شَخْص، قد يُعرِّضُه للمَرض – لأنَّ الأَنْزيماتِ في جِسْمِه لا تقومُ بوَظائِفِها كما يَنْبغي. عِلْمًا أنَّ ما يحتاجُه الشَّخْص من أيِّ فيتامين للحِفاظ على صِحَّةٍ جَيِّدة لا يتجاوزُ جُزْءًا من الغرام يوميًّا.

اُنْظُر أيضًا

الغِذاءُ والتَّغْذية ص 126 – 127
الهَضْم ص 128 – 129
إنتاجُ الأغذِيَة ص 230 – 231

البِتْروكيماويَّات

البِتْروكيماويَّاتُ هِدْروكَرْبوناتٌ تُسْتَخْلَصُ من النِّفْط (أو الزَّيْت) الخام. وهي تشمَلُ مدًى واسِعًا من الوُقُودِ والمُزَلِّقاتِ والموادِّ الأوَّليَّةِ للكيماويَّاتِ الصِّناعيَّة.

مَريولُ هذه الطِّفْلة، والدِّهاناتُ، والأوعيةُ اللدائنيَّةُ، والصِّينيَّةُ التي تستَخْدِمها مَصْنوعةٌ كُلُّها من البِتْروكيماويَّات.

البِتْروكيماويَّاتُ مَصْدرُها النِّفْطُ الخام المُسَمّى أحيانًا البترول (وهو اسمٌ يُطلق على البنزين أحيانًا). يعتقِدُ معظمُ الجيولوجيِّين أنَّ النفطَ تكوَّن من كائناتٍ عُضويَّةٍ عاشَتْ قَبْلَ حوالى 600 مليون سنة وترسَّبت بقاياها في قاع المحيط، ثُمَّ طُمِرَت بالصُّخور الإسفَنْجيَّةِ عميقًا في باطِنِ الأرض.

النِّفْطُ الخامُ مَزيجٌ من مئاتِ مُرَكَّباتِ الكربون والهِدْروجين. ويَتغَيَّرُ تركيبُه المَضْبوطُ من حَقْلٍ نِفْطيٍّ إلى آخَر. فبعضُ النفطِ العرَبيّ ونفطِ بَحْر الشَّمال يتألَّفُ في غالبيَّتِه من جُزَيْئاتٍ صغيرة؛ لكِنَّ النفطَ من الشرقِ الأوسط وفنزويلا يَحوي جُزَيْئاتٍ أكبَر. يُنْقَلُ النفطُ الخامُ عَبْرَ خُطوطِ الأنابيب أو بواسطةِ السفن الصِّهريجيَّة من حُقولِ النفطِ إلى معاملِ التكرير حيثُ يُحَوَّلُ إلى موادَّ مُفيدةٍ.

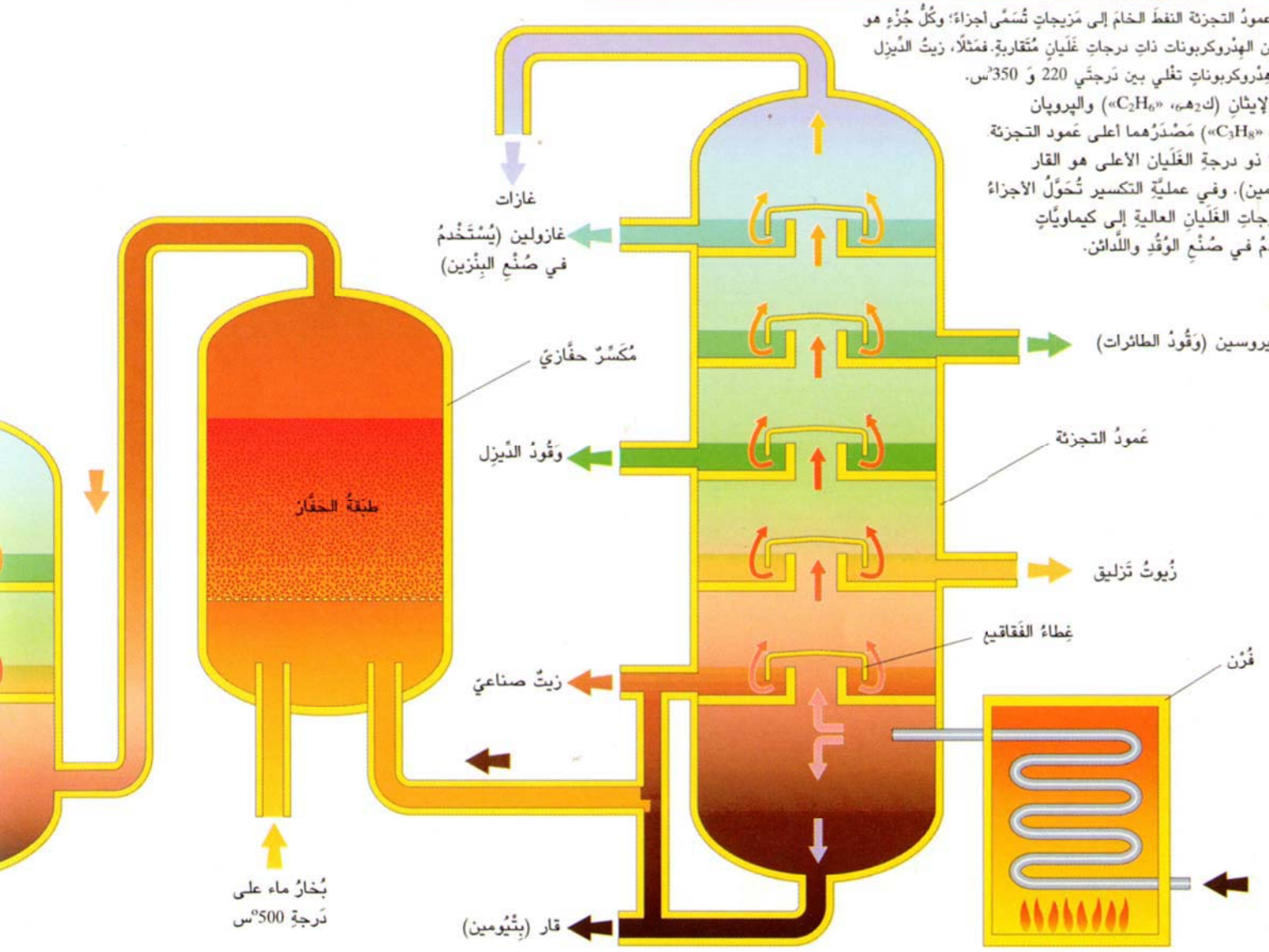
التقطيرُ التَّجْزيئيّ

المَرْحلَةُ الأُولى في تكريرِ النِّفْط الخام هي التقطيرُ التَّجْزيئيّ؛ حيثُ يُسَخَّنُ فُرْنٌ النفطَ الخامَ إلى درجةِ حرارةٍ تتراوحُ بين 315 وَ 400°س. ثُمَّ يُمَرَّرُ النفطُ عَبْرَ عمودِ التجزِئة، فيَتبَخَّر مُعْظمُه ويَتَصاعدُ البُخارُ إلى جُزئه العُلْويّ. أمَّا مَزيجُ الهِدْروكربوناتِ الذي لا يَتبَخَّر والمُسَمَّى القار (البِتْيومين) فيَغوصُ إلى أسفَلِ عمودِ التجزئة.

عمودُ التجزئة أسْخَنُ في أسفَلِه منه في أعلاه؛ وهو مُجهَّزٌ بعددٍ من الصَّواني على دَرجاتِ حرارةٍ مُتَفاوِتة تَحوي هِدْروكربوناتٍ سائلةً تَمُرُّ عَبْرَها الأبَخرةُ أثناءَ تصاعُدِها عَبْرَ العَمود. كُلُّ هِدْروكربونٍ يَتكثَّفُ سائلًا عندما يبلُغُ صِينيَّةً أبْرَدَ من دَرَجةِ غَلَيانِه. الجُزَيْئاتُ الكبيرةُ ذاتُ دَرَجاتِ غَلَيانٍ عالية، تتَكاثَفُ في الصَّواني الأخْفض، أمَّا الجُزَيْئاتُ الصغيرةُ ذاتُ دَرَجاتِ الغَلَيانِ الأخفض فتتكاثَفُ في الصَّواني الأعلى. والجُزَيْئاتُ الأخفُّ تَبْلُغُ أعلى العَمودِ غازيَّةً دُون أنْ تَتكَثَّف.

فَصْلُ النِّفْط الخام إلى مُكَوِّناته العديدة

يَفْصِلُ عمودُ التجزئة النفطَ الخامَ إلى مَزيجاتٍ تُسَمَّى أجزاءً؛ وكُلُّ جُزْءٍ هو مَزيجٌ من الهِدْروكربونات ذاتِ درجاتِ غَلَيانٍ مُتَقارِبة. فمَثَلًا، زيتُ الدِّيزِل يَحوي هِدْروكربوناتٍ تغْلي بين دَرجتَي 220 وَ 350°س. وغازا الإيثانِ (ك$_2$هـ$_6$، «C_2H_6») والبروپان (ك$_3$هـ$_8$، «C_3H_8») مَصْدَرُهما أعلى عَمود التجزئة والجُزْءُ ذو درجةِ الغَلَيان الأعلى هو القار (البِتْيُومين). وفي عمليَّةِ التكسير تُحَوَّلُ الأجزاءُ ذاتُ درجاتِ الغَلَيانِ العاليةِ إلى كيماويَّاتٍ تُسْتَخْدمُ في صُنْعِ الوَقُودِ واللَّدائن.

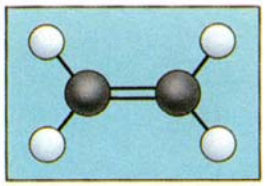


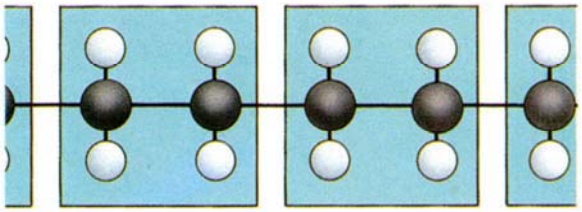
يَحْوي الدَّوْرقُ إلى اليَسار نُفاياتٍ لَدائنيَّةً مُقَدَّدة. هذه النُّفاياتُ جَرى تَحْويلُها ضِمْنَ طبَقةٍ من الرَّمْل، على دَرجةِ 400°س، إلى تَوليفةٍ هِدْروكربونيَّةٍ يُمكِنُ أنْ تُكرَّرَ بالطريقةِ نَفْسِها كتَكْريرِ النِّفْط.

عَمليَّةُ التَّكْسير

هنالكَ طلَبٌ مُتَزايدٌ على الموادِّ المُجَمَّعةِ من القِسْمِ العُلْويّ في عمودِ التجزئة. هذه الموادُّ تَشْمَلُ البِنْزينَ والكيروسينَ وزيتَ الدِّيزِل بالإضافةِ إلى البروپان والبُوتان.

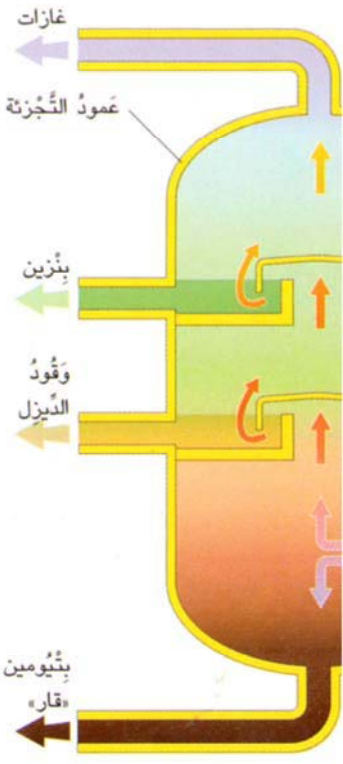
البِتْيُومينُ مادَّةٌ قيريَّةٌ تُسْتَخْدمُ في تَصْميدِ السُّقوف وسُطوحِ الطرُق ضِدَّ الماء. لكِنَّ كمِّيَّاتِ البِتْيُومين المُنْتَجةَ تَفُوقُ كمِّيَّتَه المُسْتَهلكة، لذا يُصارُ إلى فَلْقِ الفائضِ منه إلى جُزَيئاتٍ أصغَرَ في وَحْدةِ تَكْسير. في البدايةِ تَفْلِقُ الحرارةُ، بوُجود حفَّاز، جُزَيئاتِ الهِدْروكربونات الكبيرة؛ ثُمَّ يَفْصِلُ عمودُ التجزئةِ المَزيجَ إلى وُقُودٍ وكمِّيَّةٍ أقلَّ من البتيُومين. وتُنْتِجُ عمليَّةُ التكْسيرِ أيضًا هِدْروكربوناتٍ أَلْكينيَّةً صغيرةً تَحوي ذرَّاتِ كربون ثُنائيَّةَ الروابط. وتُسْتَخْدمُ هذه الألْكيناتُ في صُنْعِ اللَّدائن.





ذرَّتا الكَربون في جُزَيء الإيثين (الإثيلين) تَرْتبِطان برابطةٍ ثُنائيَّة. هذه الرابطةُ تَنفَتِحُ لِتضامُّ جُزَيئاتِ الإيثين (إلى اليَسار) معًا مُكَوِّنةً جُزَيئاتِ سِلْسِليَّةٍ طَويلةٍ من البولِيثين (أدناه).

► الأبْراجُ العديدةُ في مَعْمَلٍ نَموذجيّ لتكرير النِّفْطِ هي في مُعْظمِها أعمدةُ تَجْزئةٍ يزيدُ طولُ بعضِها على 30 مترًا. السُّحُبُ البَيْضاءُ هي بُخارُ ماءٍ جَرى استِخْدامُه في الكثير من عمليَّاتِ التكرير. مَضابطُ التحكُّم البيئيّ الدقيقةُ تمنَعُ الهِدْروكربوناتِ من الإفلاتِ إلى الجوِّ كمُلَوِّثات.



المُنْتَجاتُ النِّهائيَّة

الكثيرُ من مُنْتَجاتِ التَّقْطير التَّجْزيئيّ والتكْسير يُمكِنُ استِخْدامُها مُباشرةً بعدَ قليلٍ من التَّنْقيَةِ الإضافيَّة. غازا البروپان والبيُوتان يُمكِنُ تحويلُهما بالضَّغْط إلى سائلَيْن – يُسَوَّقان، كغازَي نِفْطٍ مُسَيَّلَيْن في أُسْطُواناتٍ فولاذيَّةٍ، وَقُودًا للسَّخَّاناتِ النَّقولَة ومَواقدِ المُخَيَّمات.

البِنْزينُ والكيروسينُ وزيتُ الديزِل تُرْسَلُ إلى مستودعاتِ تَخْزين، ثُمَّ إلى مَحَطَّاتِ البِنْزين والمَطارات والأماكنِ الأُخرى حيث يُحتاجُ إلى الوُقُود. وتُسْتَخْدمُ بعضُ أنواعِ القارِ والزُّيوتِ اللزجةِ في مَراجِلِ السُّفن ومَحَطَّاتِ توليد القُدْرة. ما كُلُّ البِتْروكيماويَّاتِ المُسْتَخْلصَةِ من النِّفطِ الخامِ تُسْتَخْدمُ وُقُودًا؛ فالبعضُ منها يُسْتَخْدمُ كزُيوتِ تَزْليقٍ، والكثير منها يُسْتَخْدمُ كموادَّ أوَّليَّةٍ في عمليَّاتٍ صِناعيَّةٍ أُخرى. هذه العَمليَّاتُ تَسْتَخْدِمُ التفاعُلاتِ الكيماويَّةَ لِتَحْويلِ البِتْروكيماويَّاتِ الأساسيَّةِ إلى مُنْتَجاتٍ مُهِمَّةٍ كاللَّدائنِ والأسمِدَةِ والمُتفَجِّراتِ والأَلْيافِ الإصطناعيَّةِ والأَصْباغِ والمُنظِّفاتِ والعَقاقير. والمعروفُ أنَّ أُلوفَ الكيماويَّاتِ التي تَحوي الكربونَ تُسْتَخْدمُ في المُخْتَبراتِ وفي الصِّناعة.

أُنْظُر أيضًا

الكَربون ص 170
الكيمياءُ العُضْويَّة ص 174 – 175
النِّفْطُ والتكرير ص 210
البوليمَرات (المَكْثُورات) ص 215
اللَّدائن ص 216
الخُضُب والأَصْباغ ص 219

حَقائقُ وأَرقام

فروعُ الكيمياء

كيميائيُّو التحاليل يتقصَّون أنواعَ الموادِّ ونِسَبَها في العَيِّنات.

كيميائيُّو الأفلاك يَتعَيَّنون الموادَّ المُتواجدة في النُّجوم وغَيْرِها من الأَجْسام في الفضاء.

كيميائيُّو الحيَويَّات يَدْرسون المُرَكَّباتِ والتفاعُلاتِ الكيماويَّةَ في الكائناتِ الحيَّة.

كيميائيُّو الكهربائيَّات يتقصَّون العَلاقةَ بين سَرَيان الكهرباء والتفاعُلاتِ الكيماويَّة.

كيميائيُّو البيئيَّات يَدرسون تأثيرَ التغَيُّراتِ البيئيَّة لطبيعيَّة في الكائناتِ الحيَّة.

كيميائيُّو الجيُولوجيَّات يُحَلِّلون التركيبَ الكيماويَّ للأرض.

كيميائيُّو اللَّاعُضْويَّات يَدرسون كيمياءَ مُختلِف العناصِر ومُرَكَّباتِها، عدا تلك التي تتألَّفُ أساسًا من الكربون والهِدْروجين.

كيميائيُّو النَّوَويَّات يتقصَّون التغَيُّراتِ التي تَحْدُث في نَوى الذرَّات.

كيميائيُّو العُضْويَّات يَدرسون الهِدْروكربوناتِ – مُرَكَّباتِ الكَربون والهِدْروجين – والمُرَكَّباتِ الأُخرى المُتعلِّقةَ بها.

إخصائيُّو الكيمياء الضوئيَّة يتقصَّون العَلاقةَ بين الضوءِ والتفاعُلاتِ الكيماويَّة.

إخصائيُّو الكيمياء الفيزيائيَّة يَسْتَخْدمون مبادئَ الفيزياء لِتَحْليل مُلاحظاتِهم حولَ الموادِّ الكيماويَّة وتَفاعُلاتِها.

إخصائيُّو الكيمياء الإشعاعيَّة يدرسون النَّظائرَ المُشِعَّةَ للعناصِر الكيماويَّة.

العَناصِر

العناصرُ موادُّ لا يُمكِنُ تَفْكيكُها، بالتفاعُلاتِ الكيماويَّةِ العاديَّة، إلى موادَّ أَبْسَطَ.

العُنْصُر مادَّةٌ تتألَّفُ من ذرَّاتٍ تَحوي العددَ نَفْسَه من البروتونات. هنالك 90 عُنْصرًا تتواجَد طبيعيًّا و21 عُنْصرًا تُحَضَّرُ اصْطِناعيًّا.

16 من هذه العناصر لافلِزِّية و5 فلِزَّانيَّة (شَبيهةٌ بالفلِزَّات) و90 فلِزِّية. وفي الظروفِ العياريَّة لدَرَجة الحرارة والضغط، هنالك 11 عُنْصرًا غازيَّة و98 جامِدة وعُنْصران فقط في حالة السيولة هما البروم والزِّئبق.

الذرَّةُ أصغرُ جُزْءٍ من العُنْصر يُبْدي خَصائصَ ذلك العُنْصر. تتألَّفُ الذرَّةُ من إلكتروناتٍ تُدَوِّمُ في مَداراتٍ حولَ النواة. تَضُمُّ النَّواةُ نَمَطَيْن من النُّوَيَّات: بروتونات وَنيوترونات. عددُ البروتوناتِ يُساوي عددَ الإلكترونات في ذَرَّةٍ مُتَعادِلَة.

العَدَدُ الذرِّيُّ للعُنْصر يُساوي عددَ البروتونات في نَواتِه. وهذا العددُ يُسَمَّى أحيانًا العددَ البروتونيّ.

العَدَدُ الكُتْلِيُّ للعُنْصر هو مَجْموعُ عدد البروتونات والنيوترونات في نواتِه. ذرَّةُ الحديد، مثلًا، تتألَّفُ من 26 بروتونًا و26 إلكترونًا و30 نيوترونًا؛ فالعددُ الذرِّيُّ للحديد = 26 والعَدَدُ الكُتْلِيُّ له = 56.

قوانينُ ومَبادِئُ كيميائيَّة

قانون أڤوچادرو

في دَرَجةِ الحرارةِ والضغطِ ذاتِهما، تَحوي الحُجومُ المُتَساويةُ من الغازاتِ المُختلِفةِ العَددَ نَفْسَه من الجُزَيئات.

(أميديو أڤوچادرو، 1811)

وَفْقًا لهذا القانون، فإنَّ مِتْرًا مُكَعَّبًا من الهِدْروجين يَحوي نَفْسَ العدد من الجُزَيئات كمِتْرٍ مُكعَّبٍ من ثاني أُكسيد الكربون.

قانونُ بَقاء الكُتْلة

خِلالَ تفاعُلٍ كيماويٍّ المادَّةُ لا تُخْلَقُ ولا تَفْنى.

(أنطوان لاڤوازييه، 1774)

وَفْقًا لهذا القانون، فإنَّ مُجْمَلَ كُتْلةِ المُنْتَجاتِ من تفاعُلٍ كيماويٍّ يُساوي مُجْمَلَ كُتْلةِ المَوادِّ المُتَفاعِلَة أصلًا.

قانونُ التركيب الثابت (أو النِّسَب الثابتة) كُلُّ مُرَكَّبٍ كيماويٍّ نَقِيٍّ يَحتوي العناصرَ نَفْسَها بنِسَبٍ مُحدَّدةٍ ثابتةٍ – مهما كانت طريقةُ صُنْعِه.

(جوزف پروسْت، 1779) وَفْقًا لقانون پروسْت، فإنَّ ثاني أُكسيد الكربون في الزَّفير وثاني أُكسيد الكربون من عادِم سيَّارةٍ كلاهما يتألَّفُ من جُزَيئاتٍ مَثيلةٍ تَحوي ذرَّةَ كربونٍ واحدةً وذرَّتَي أُكسجين.

مَبْدأُ الرِّيبة لِهايزِنْبرغ يَسْتَحيلُ تَحديدُ موقعِ الجُسَيْمِ وزَخْمِه (كَمِّيَّةِ تَحرُّكِه) بدِقَّةٍ في الوقتِ نَفْسِه.

(فِرْنَر هايزِنْبرغ، 1927) كُلَّما تَزدادُ دِقَّةُ قياسِ موقعِ الجُسَيْمِ تُصبحُ مَعْرِفةُ زَخْمِه أقلَّ دِقَّة، والعَكْسُ صَحيح. ويكونُ التأثيرُ مَلْحوظًا فقط للجُسَيْماتِ دُون الذرِّيَّة، كالإلكترونات والپروتونات.

تَواريخُ رئيسيَّة

ق. م. (قبل الميلاد)

(ح) 450 ليُوسيپُّوس المِلوتُسِي يَقُول بفكرة الذرَّات.

وَإمپيدُوكليس الأكراجي يَضَع مفهومَ العناصِر الأربعة – التراب والهواء والماء والنار.

430 ديمُقْريطس الأبدَري يُطَوِّرُ فكرةَ الذرَّات ويَرْتئي أنَّها تُعَلِّلُ خَصائصَ المادَّة.

340 الفيلسوفُ الإغريقيُّ أرسطو يَقول إنَّ كُلَّ الموادِّ هي تَوليفاتٌ من عناصِر إمپيدوكليس الأربعة.

ب. م. (بعد الميلاد)

750 الخيميائيُّ العَرَبيُّ جابِر بن حيَّان يصِفُ كيفيَّةَ تَحْضير الحوامض وأملاحِها.

1473 الخيميائيُّون الأوروبيُّون يتعرَّفون نَظريَّةَ ديمُقْريطس للذرَّات عَبْرَ نُسْخَتِها اللَّاتينيَّة.

1597 الكيميائيُّ الألمانيُّ أندرياس ليبافيوس يؤلِّف «الكيمياء» أوَّلَ كتابٍ مَدْرسيٍّ مُهِمٍّ في الكيمياء.

1610 الكيميائيُّ الفرَنْسيُّ جان بيچوان ينشُرُ أوَّلَ كتاب في الكيمياء لا يَعْتمِدُ الخيمياء.

1661 الكيميائيُّ والفيزيائيُّ الإرلَنْديُّ روبَرْت بُويْل يَنشُر مُؤلَّفه «لكيميائيّ المُشكِّك»، مُعالِجًا مَفْهومَ العناصِر الكيماويَّة.

1766 الكيميائيُّ البريطانيّ هِنْري كاڤِنْدش يكتشِفُ الهِدْروجين ويُسَمِّيه «الهواءَ اللَّهُوب».

1777 الكيميائيُّ الفَرَنْسيّ أنطوان لاڤوازييه يرتئي أنَّ الهواءَ يتألَّفُ من غازَيْن.

1781 الكيميائيُّ البريطانيّ الكهنوتيّ جوزِف پريسْتلي يُحضِّرُ الماءَ بِحَرْقِ الهدروجين في الأكسجين.

1803 الكيميائيُّ والفيزيائيُّ البريطانيّ جون دالْتون يَصوغُ النظريَّةَ الذرِّيَّة.

1807 الكيميائيُّ البريطانيُّ هَمْفري ديڤي يَسْتَخْدمُ البطَّاريَّةَ الكهربائيَّةَ المكتَشَفةَ حديثًا لِيَفْصِلَ عُنْصرَي الصوديُوم والپوتاسيُوم.

1811 الكيميائيُّ والفيزيائيُّ الإيطاليُّ أميدْيو أڤوچادْرو يَقْترحُ أنَّ الحُجومَ المُتَساويةَ من غازاتٍ مُختلِفةٍ تَحوي عددًا مُتَساويًا من الجُزَيئات.

1828 الكيميائيُّ الألمانيّ فردريخ ڤُهْلِر يُحَضِّرُ اليُورْيا، المُرَكَّبَ العُضْويَّ، من مُرَكَّب سَيانات الأمونيُوم اللَّاعُضْويّ.

1833 الكيميائيُّ الفرَنْسيُّ أنسِلْمي پاين يكتشِفُ أنْزيمَ الدِّياستاز.

1856 الكيميائيُّ البريطانيّ وِلْيَم پيركِن يُحَضِّرُ أوَّلَ صِبْغٍ صُنْعيّ.

1869 الكيميائيُّ الرُّوسيُّ ديمِتْري مَنْدِلْييف يَنْشُرُ أوَّلَ صيغةٍ للجَدْول الدَّوْريّ.

1893 الكيميائيُّ الألمانيّ فيلِكْس هوفْمان يُحَضِّر الأسپيرين.

1911 الفيزيائيُّ البريطانيُّ إرنسْت رَذَرْفورد يكتشِفُ البروتون.

1913 الفيزيائيُّ الدانمركيُّ نيلْز بُور يَقْترحُ نظريَّةً للتركيب الذرِّيّ على أساس المَداراتِ الإلكترونيَّة.

1926 الفيزيائيُّ النِّمْساويُّ إرْوين شروديِنْغَر يُطَوِّرُ مُعادَلةً مَوجيَّةً للبِنْيةِ الذرِّيَّة.

1932 الفيزيائيُّ البريطانيُّ جون كُوكْروفْت والفيزيائيُّ الإرلَنديُّ إرنسْت وَلْتون يَبْنيان أوَّلَ مُسارِعٍ جُسَيْميٍّ لِتَحْويلِ عُنْصرٍ إلى آخر.

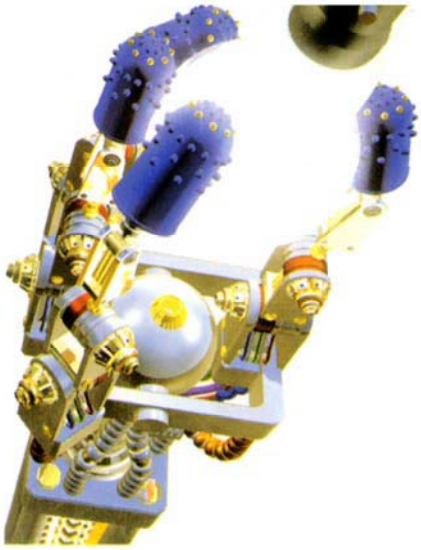
1935 الكيميائيُّ الأمريكيُّ وَالاس كاروثَرْز يُحَضِّرُ النايلون، البوليمَر الشهير، كأوَّلِ أَلْيافٍ اصْطِناعيَّة بالكامِل.

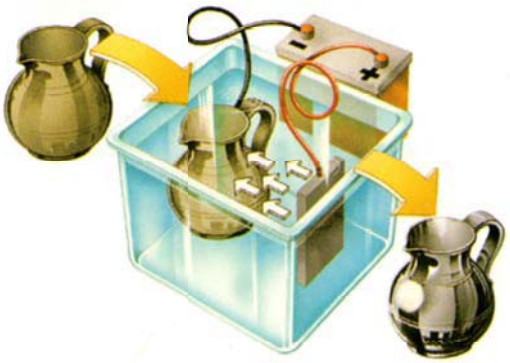
1938 الكيميائيُّ الألمانيُّ أُوتو هاهْن يَفْلِقُ ذرَّاتِ اليُورانيوم.

1942 الفيزيائيُّ الأمريكيُّ الإيطاليُّ المَولد إنْريكُو فِيرْمي يُنَظِّمُ أوَّلَ تفاعُلٍ سِلْسِليٍّ نَوَويٍّ مُتَحَكَّمٍ به.

1971 الشركةُ الأمريكيَّةُ دوپونْت تَبْدأُ إنتاجَ الكافْلار، المكثور (البوليمَر) الأقوى من الفُولاذ.

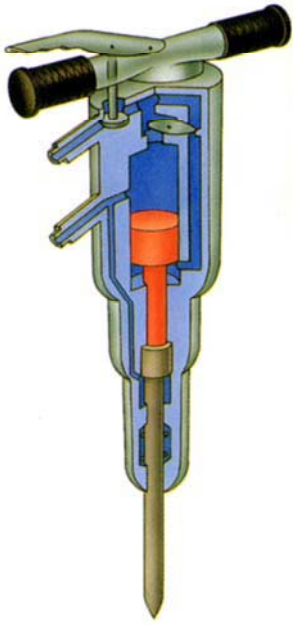
1985 اكتشافُ جُزَيئات الكربون الكُرَويَّة الشَّكْل وتَسْمِيتُها فُولْرينات.





الفَصْلُ الخامِس

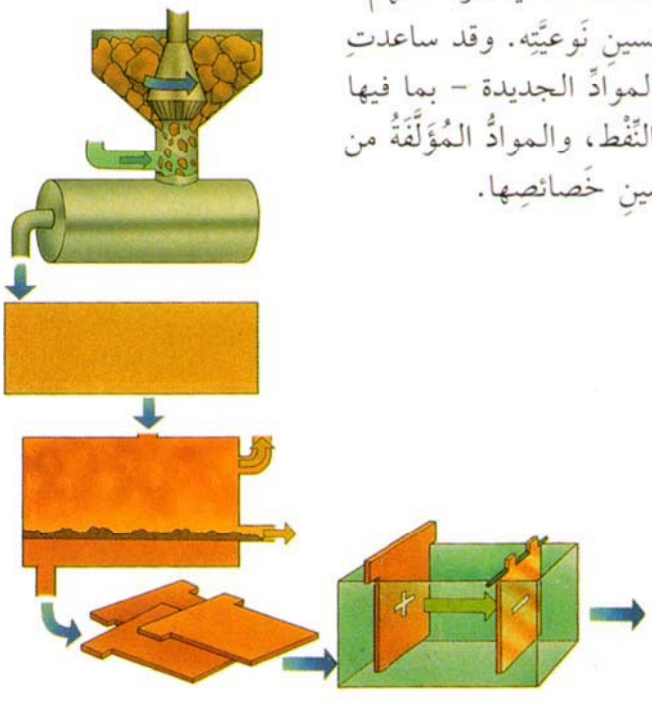
المَوادُّ والتِّقانات

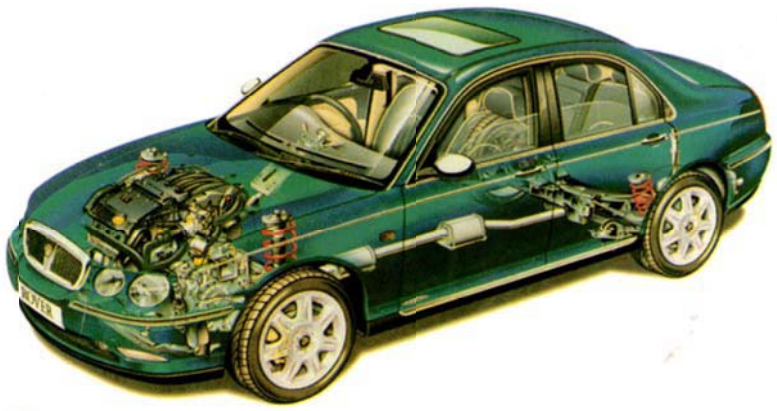


مُنذ بدأَ البَشرُ يَعُونَ العالَم من حَولهم، أخذوا يَدرسون مَظاهِرَ ومَلْمَس الأَجْسام والموادِّ التي يَلْتَقونها. ثُمَّ شرعوا تَدْريجيًّا، يَخْتبرون هذه المَوادَّ لِاكتِشافِ كيفيَّةِ استِخْدامِها. ومن خِلال ذلكَ تعَلّموا الكثيرَ عن خصائصِ الموادّ - خصائصَ كالوَزْنِ والمَتانةِ والقُدْرةِ على تَوصيلِ الحرارة وإمكانيَّة الاحتِراق إذا وُضِعت في النَّار.

الدِّراساتُ الحديثةُ للموادِّ تَستَخْدِمُ أدواتٍ حسَّاسةً وحواسيبَ وتِقاناتٍ مُتقَدِّمةً أُخرى لقِياسِ خصائصِ الموادّ واحتِسابِها بتَفْصيلٍ دَقيق. علماءُ الموادِّ يَسْتَخْدمون هذه المعارفَ لتطويرِ موادَّ جديدةٍ؛ والمُهَنْدسون يَستَخْدِمونها لِاختيارِ موادَّ أكثرَ ملاءَمةً لِتشييد المباني وبناءِ المَرْكباتِ والآلِيَّاتِ والأشياءِ الأُخرى.

التِّقاناتُ التكنولوجيَّة، المُختَصَّةُ بتصنيعِ الأَدواتِ والآلِيَّاتِ واستِخْدامِها لأَداءِ المُهِمَّاتِ، تَتَضافَرُ مع، وتُرافِقُ، تطويرَ الموادّ. فالتِّقاناتُ، يَحْدوها تَفَهُّمُ الموادِّ، تُساعِدُ في توسيعِ مَدى المُتاحِ منها وتَحْسينِ نَوعيَّتِه. وقد ساعدتِ التِّقاناتُ أيضًا في تَخْليقِ مَجْموعاتٍ كامِلَةٍ من الموادِّ الجديدة - بما فيها المَكْثوراتُ (البوليمَرات) واللَّدائنُ المُصَنَّعةُ من النِّفْط، والموادُّ المُؤَلَّفةُ من موادَّ عديدةٍ مُختلِفةٍ مُتَرابطةٍ معًا لِتَحْسينِ خَصائصِها.





خَصائصُ الجوامِد

الموادُّ كالصُّخور والخَشَبِ والمَطّاطِ والمَاسِ كُلُّها أَمثِلَةٌ على الجوامد. وتعتَمِدُ كيفيَّةُ استِخْدامِها على خَصائصِها الإفراديَّة.

الموادُّ اللَّهوبةُ، كأوراقِ الشَّجر والأَخْشابِ الجافَّة، تَشْتعِلُ بِسُهولة. ففي ظُروفِ الجَفافِ، يُمكِنُ أنْ يُحْدِثَ عُودُ ثِقابٍ أو عُقْبُ سيجارةٍ أو شرارةُ بَرْقٍ جحيمًا يَلْتَهم الأَخْضَر واليابسَ. إنَّ حِراجًا كهذه، في السُّهوبِ وسُفوحِ الجبال بخاصَّةٍ، مُعَرَّضةٌ للحرائق – فَيَنْبغي مُراقَبتُها دَومًا.

الموادُّ الأُولى التي استَخْدمَها الناسُ كانت مِمّا نَما عِنْدَهُم أو تواجَدَ حَوالَيهم. فالصُّخورُ والحِجارةُ شُظِّيَت لِصُنْعِ رؤُوس الرِّماح والأَدواتِ البَسيطة. واستُخْدِمت الأَلْيافُ النباتيَّةُ في صُنْعِ الحِبالِ والأَوتارِ والخُيوط؛ واستُخْدِمت الخيوطُ بِدَوْرِها في خِياطةِ المَلابس من جُلودِ الحيوانات وفِرائها.

وعلى مَدى قُرونٍ عديدة، اكتشفَ الناسُ مرادَّ طبيعيَّةً جديدةً، وتعَرَّفوا طرائقَ لِصُنْعِ موادَّ جديدةٍ. فمثلًا، اكتشفوا أنَّ الطِّينَ يُمكِنُ تَصْليدُه بالحرارةِ لِصُنْعِ القُدورِ والأوعيَةِ وحاوياتِ التَّخزين الخَزَفيَّة.

المرادُّ التي تُستَخْدمُ في صُنْعِ موادَّ أُخرى تُسَمَّى موادَّ أوَّليَّةً أو خاماتٍ؛ وتُسَمَّى المُنْتَجاتُ من هذه المُعالَجات موادَّ مُصنَّعةً أو اصطِناعيَّة. فمثلًا، الطِّينُ مادَّةٌ أوَّليَّةٌ يُمكِنُ تحويلُها إلى فَخّارِيّات وخَزَفيّات مُصَنَّعة. كذلك يُمكِنُ مُعالَجةُ الخَشَب للحُصولِ على موادَّ اصطِناعيَّةٍ كالوَرَقِ والكرتونِ والأنسِجَة. ومَعروفٌ مُنذ القِدَم أنَّ الزُّجاجَ هو مادَّةٌ مُصَنَّعةٌ بإحماءِ الرَّمْلِ مع أملاحٍ وموادَّ أُخرى.

خَصائصُ الموادّ

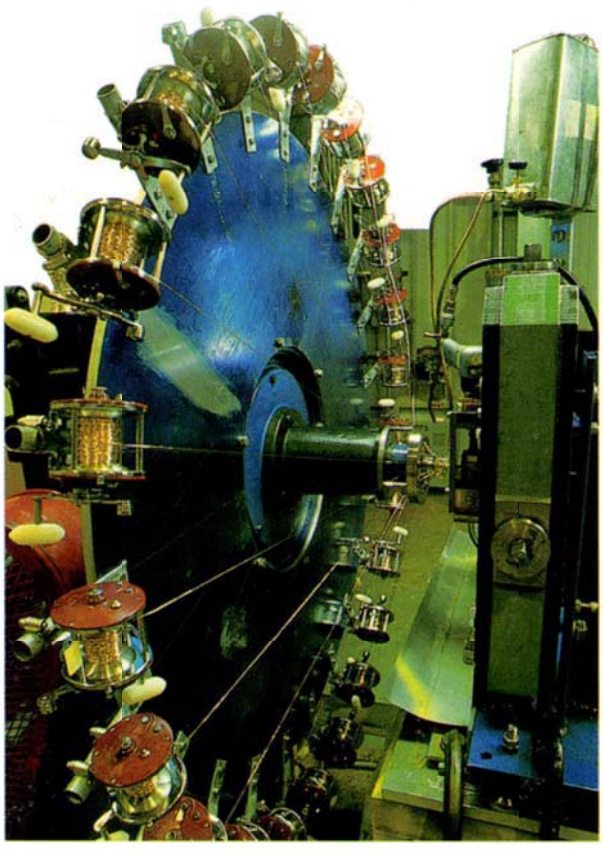
تشمَلُ خصائصُ الموادِّ صلادَتَها ومَتانَتَها ومَرُونِتَها (قابليَّتَها للثَّني). بعضُ الموادِّ حَروقٌ (قابِلٌ للاحتراق)، وبعضُها يَسْمَحُ بِسَرَيان الحرارةِ والكهرباء – وتُسَمَّى مُوَصِّلات. خصائصُ المادَّةِ تُحدِّدُ طرائقَ ومَجالاتِ استِخْدامها.

صَلادَةُ المادَّةِ هي قُدْرتُها على مُقاوَمةِ الخَدْشِ أو النَّقْر

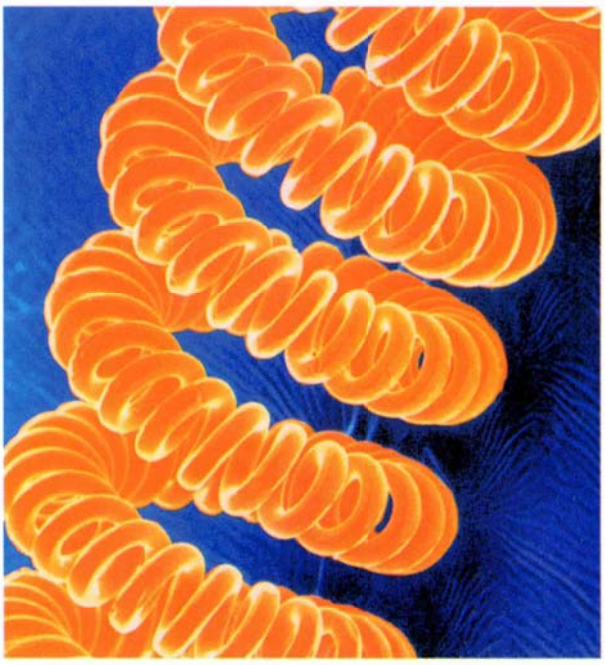
سُلَّمُ مُوهْز مقياسٌ للصلادة عَشْريُّ المَدى يُرَتِّب المعادِنَ درجاتٍ حَسَبَ صلادتِها. الطَّلْقُ رقمُ صلادتِه 1، ويُمكِنُ خَدْشُه بالأَظافر.

المَاسُ، أصلَدُ المعادن المَعْروفة، رقمُ صلادتِه 10 على سُلَّم مُوهْز؛ وهو كربونٌ نَقِيٌّ بِلّوريُّ التكوين.

▲ سبائكُ اللِّحام تَنْصَهِرُ على دَرَجاتِ حرارةٍ أخفضَ من دَرَجاتِ انصهارِ مُعظمِ الفلِزّاتِ الشائعة. وهي تُسْتَخْدمُ في وَصْلِ السُّطوحِ الفلِزّيَّةِ معًا. فاللِّحامُ الصَّهيرُ الحارُّ يَنْسابُ بين السَّطْحَيْن المُراد وصلُهما وحولَ الفَجَواتِ فيهما. وعندما يَبْرُدُ، يَتصَلَّبُ مُكَوِّنًا وُصْلَةً مَتينَة.



► كثيرٌ من الفلِزّات يُمكِنُ سَحْبُها وفَتْلُها لِصُنْع أسلاكٍ ولَفائفَ لَولبيَّةٍ رَفيعة. النبيطةُ المُبَيَّنةُ هنا تَلُفُّ أسلاكَ فلِزِّ النيوبيُوم مِلَفّاتٍ لِاستِخْدامها في المِغْنَطيساتِ الفائقةِ المُوَصِّليَّة.



▲ فَتيلةُ المِصْباحِ الكهربائيّ هٰذه (مُكَبَّرة 68 مرَّةً) تُسَمَّى ملَفًّا حلَزونيَّ التَّلَفُّف. يُصْنَعُ هذا النَّمَطُ من الفتائل بِثَنْي سِلْكٍ مُتَراصٍّ التلَفُّف إلى مِلَفٍّ مُفَسَّحِ اللَّفات.

أو السَّحْج. وتعتَمِدُ الصَّلادَةُ أساسًا على الشِّدَّةِ النوعيَّة لِترابُطِ ذَرَّاتِ المادَّةِ معًا.

عالِمُ المَعادن الألمانيّ فردْريخ مُوهْز (1773 – 1839) وَضعَ سُلَّمًا للصَّلادةِ مُستَخدِمًا عَشْرَ موادَّ طبيعيَّةٍ، منَ المعادنِ، أعطاها أرقامًا من 1 إلى 10 بترتيبٍ تدَرُّجيٍّ حسَب صلادتِها. فالماسُ أصلَدُ المعادن المَعْروفة رقمُ صلادَتِه 10؛ والطَّلْقُ، ألْيَنُها وأيسَرُها تَفَتُّتًا، رَقْمُ صلادَتِه 1. ويُمكِنُ إعطاءُ الموادِّ الأُخرى قِيَمًا رقْميَّةً على سُلَّمِ مُوهْز بِمُقارنَتِها مع صلادةِ المعادن التي تؤلِّفُه. فصَلادةُ ظُفْرٍ نموذَجيّ = 2,5، فيما صلادةُ لزُجاج = 6.

الصلادةُ لا تُناظِرُ المَتانةَ بالضَّرورة. فقِطْعةُ المطَّاطِ قد تكونُ مَرونَةً لَيِّنَةَ المَلْمَس، لكِنَّها بالِغَةُ المَتانة. المَطَّاطُ مِثْلٌ على الموادِّ المَرنَة؛ التي تَسْتَعيدُ شَكْلَها الأصليَّ بعدَ مَطِّها. والموادُّ التي يُمكِنُ أن تَتَّخِذَ أشكالًا مُختلِفةً ثابتةً توصَفُ باللَّدانة. والموادُّ التي تَمْتطُ بِيُسْرٍ وسُهولةٍ، دونَ أنْ تَتقَصَّفَ أو تنكَسِرَ، هي مَوادُّ مَطيلة.

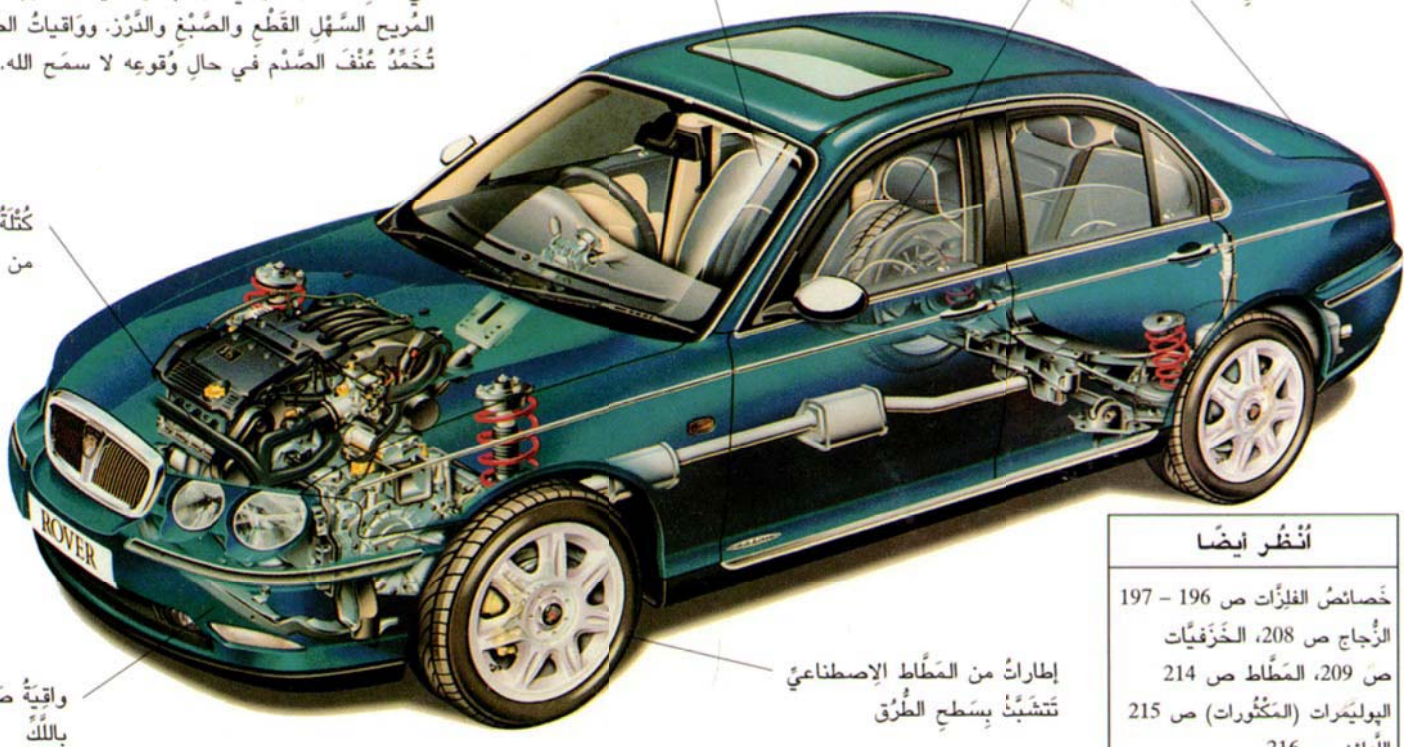
عندما يَشْرَعُ المُصَمِّمونَ في وَضْعِ مُخطَّطِ تَصْنيعِ شَيْءٍ، فإنَّ أحدَ أوَّلِ قَراراتِهِم هو اختيارُ الموادِّ التي سيَسْتَخْدمونَها. وبالإضافةِ إلى اختيارِ الموادِّ التي تَتمَتَّع بِتَوليفَةٍ جيِّدةٍ من الصَّلادَةِ والمَرونيَّةِ وقابليَّةِ التشكيل، فإنَّ على المُصَمِّمِ أيضًا اختيارَ موادَّ صامِدةٍ لدَرجاتِ الحرارة القُصْوى والدُّنيا، ومُقاوِمَةٍ أيضًا للكيماويَّاتِ الأكَّالة. كذلك فإنَّ عاملَ التَّكْلفةِ غالِبًا ما يُقَرِّرُ اختيارَ المادَّةِ التي يُمكِنُ استِخْدامُها من مدًى مُحَدَّدٍ من الخِيَاراتِ المُمكِنَة.

يُمكِنُ تَصْليدُ الطِّين بالحرارة. فالآجُرُّ والأدواتُ الخَزَفيَّةُ يُمكِنُ تصليدُها بِشَيِّ المَصْنوعات الطينيَّةِ اللَّيِّنَةِ في قَمينٍ أو فُرنٍ خاصّ.

الخَشَبُ مادَّةٌ مألوفَةٌ خَفيفةٌ ومَتينةٌ، ويُمكِنُ تَصْنيعُها بنماذِجَ وأنماطٍ وقِطَعِ أثاثٍ مُتَعدِّدةِ الأشكال.

الموادُّ المُستَخْدمةُ في صُنْع سيَّارة

تُستَخْدمُ ضُروبٌ مُنَوَّعةٌ من الموادِّ في صُنْعِ سيَّارَةٍ كهذه الرُّوفَر طِراز 1975. فالمُحَرِّكُ مَصْنوعٌ من سَبيكةٍ فلِزِّيَّةٍ جيِّدةِ المُقاومةِ للحرارةِ والإجْهاد. وحاجِبُ الرِّيح مَصْنوعٌ من طَبَقاتٍ زُجاجيَّةٍ ولَدائنيَّةٍ لا تتشَظَّى في حالِ الكَسْر فتؤْذي الرُّكَّاب. وأغطيةُ المَقاعِدِ مَصْنوعةٌ من الجِلْدِ المُريح السَّهْلِ القَطْعِ والصَّبْغِ والدَّرْز. وواقياتُ الصَّدْم الرَّغاويَّةُ اللَّدْنَةُ تُخَمِّدُ عُنْفَ الصَّدْم في حالِ وُقوعِه لا سمَح الله.



أُنْظُر أيضًا

خَصائصُ الفلِزَّات ص 196 – 197
الزُّجاج ص 208، الخَزَفيَّات ص 209، المَطَّاط ص 214
البوليمَرات (المَكْثُورات) ص 215
اللَّدائن ص 216

خَصائصُ الفلِزّات

الفلِزّاتُ فئةٌ من العناصرِ الكيماويَّة المُشتركةِ في جُملةٍ من الخصائص تَجْعلُها موادَّ مُهِمَّةً في العالَم المُعاصِر.

تُبْنَى الطائراتُ الحديثةُ، كطائرةِ الرُّكّاب هذه، من فلِزّاتٍ وسبائكَ خفيفةِ الوَزْن تُتيحُ للطائرةِ الإقلاعَ بِحُمولةٍ من الرُّكّابِ والبضائعِ يَبْلُغ وَزْنُها حوالى 60 000 كغ.

يُمكِنُ تَشْكيلُ الفلِزّات اشكالًا مُنوَّعةً، تَشْمَلُ الأنابيب.

تُستَخْدمُ العوارضُ الفُولاذيَّةُ في البِناءِ والمُنْشآت. الفُولاذُ سَبيكةٌ من الحَديد والكَرْبون وعناصرَ كيماويَّةٍ أُخرى.

مُعظمُ الفلِزّاتِ جوامدُ لَمّاعةٌ صَلْدَةٌ على دَرجةِ حرارة الغُرفة. والكثيرُ منها مَطيلٌ بحَيْثُ يُمكِنُ سَحْبُه أَنابيبَ أو أَسْلاكًا طويلة، وطَروقٌ أيضًا بحيثُ يُمكِنُ تَطْريقُه صفائحَ رقيقةً.

النُّحاسُ والذَّهَبُ والرَّصاصُ من بين أكثر الفلِزّات قابليَّةً للتطريق. والذَّهَبُ أكثَرُها طروقيَّةً إذْ يُمكِنُ تطريقُه صفائحَ لا تتجاوَزُ رِقَّتُها الميكرونَيْن (جُزْءَين من ألف من المليمتر). الفلِزّاتُ إجمالًا سَهْلةُ التشكيلِ مُحْماةً؛ ومُعظمُ الفلِزّاتِ يُمكِنُ تَسييلُها بالإحماءِ إلى دَرجاتِ حرارةٍ عاليَةٍ جِدًّا. وحينئذٍ يُمكِنُ صَبُّ الفلِزِّ الصَّهير (السائل) في قَوالبِ تشكيل يَتَّخِذُ الفلِزُّ شَكْلَها عندما يَبْرُدُ ويَجْمُد.

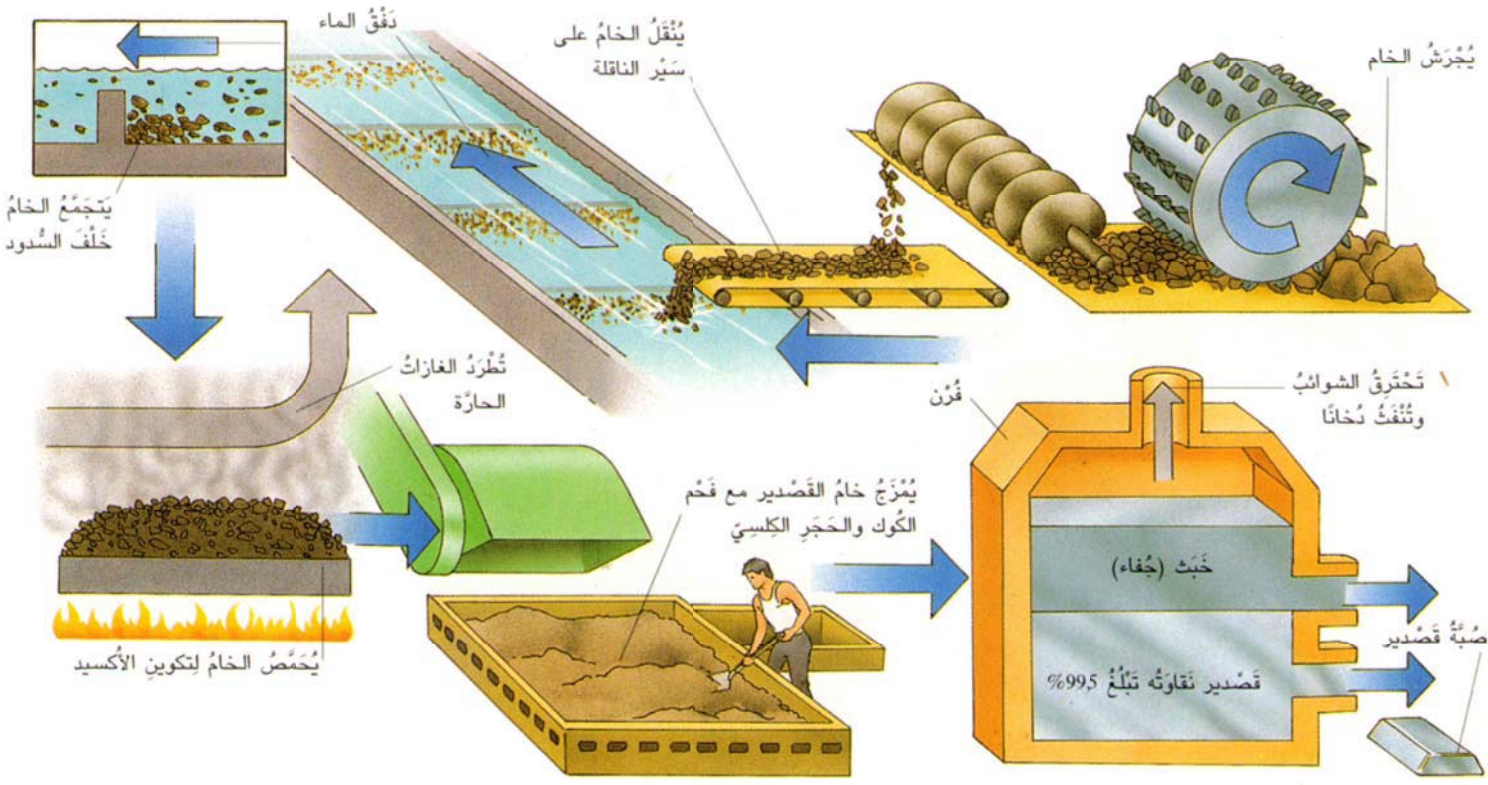
الفلِزّاتُ مُوَصِّلاتٌ جيِّدةٌ للحرارة والكَهْرباء؛ وذلك لأنَّ إلكتروناتِها تَتَنَقَّلُ بِحُرِّيَّةٍ أكثرَ كثيرًا من إلكتروناتِ اللّافلِزّات. وهنالك عددٌ قليلٌ من الفلِزّات، يَشْمَلُ الحديدَ والكوبَلْتَ والنيكل، يُمكِنُ مَغْنَطتُه لِيُصبحَ مِغْنَطيسًا دائمًا أو مُؤقّتًا.

استِخْلاصُ الفلِزّات

الفلِزّاتُ الشائعةُ، كالحديدِ والقَصْدير، تتواجَدُ بكمِّيّاتٍ كبيرةٍ في قِشْرةِ الأرض. وهي توجَدُ عادةً في الصُّخور كمُرَكَّباتٍ كيماويَّةٍ أَشْبَهِ تُسَمّى خامات. هذه الخاماتُ تُنَقّى وتُعالَجُ كيماويًّا بتِقاناتِ الاستِخْلاص للحصُول على الفلِزِّ النَّقيّ.

في المَرْحلة الأُولى من مُعظمِ عمليّاتِ الإستِخْلاص، يُعالَجُ الخامُ المُعَدَّنُ من المَنْجم، أو المُحْتَجَرُ من المَحْجَر، لِفَصْلِ الخامِ عن الصَّخْر الذي لا يَحوي الفلِزَّ المَطلوب. ويَتِمُّ هذا عادةً بِجَرْشِ الخامِ وغَسْلِه.

يُستَخْلَصُ القَصْديرُ من خاماتِهِ بتَحْميص الخامِ أوّلًا في الهواءِ لتكوينِ أكسيد القَصْدير. ثُمَّ يُحْمَى هذا الأكسيدُ مع فَحْم الكُوك والحَجَرِ الكلسيّ للحُصولِ على القَصْدير.



وحين يُفْصَلُ الخامُ عن الشَّوائب، تُحَوِّلُه تفاعُلاتٌ كيماويَّةٌ إلى الفلِزِّ النَّقِيّ. فالحديدُ، مثلًا، يُصْنَعُ بإحماءِ خامِ أُكسيد الحديد مع فَحْم الكُوك؛ وهذا يُحَوِّلُ الأُكسيد إلى فلِزٍّ نَقِيّ (بالإختِزال ص 178).

الفلِزّاتُ الثَّمينةُ، كالذَّهَبِ والبِلاتين، فلِزّاتٌ نادِرة، وبالتالي مُرتفِعَةُ القيمة؛ وهي تَتواجَدُ في الطبيعةِ كَقُراراتٍ نَقِيَّةٍ تقريبًا.

الفلِزِّيّاتُ

الفلِزِّيّاتُ أو عِلْمُ الفلِزّاتِ هو دِراسةُ الفلِزّات وخَصائصِها وكيفيَّةِ استِخْلاصِها من خاماتِها الطبيعيَّة. والفلِزِّياتيُّون يَسْتَكْشِفونَ أيضًا كيفيَّةَ تَغْيير خصائص الفلِزّات بِمَزْجِها معًا لإنتاجِ سَبائكَ أو أُشاباتٍ ذاتِ خصائصَ مُتَميِّزة.

من المباحث البالِغَةِ الأهمِّيَّة في مَوضوعِ الفلِزِّيات دِراسةُ الكَلال الفلِزِّيّ – وهو الوَهَنُ التدريجيُّ الذي يَدِبُّ في المُصنَّعات الفلِزِّية بفِعْل الإجهادِ المُتكَرِّر (من دَفْعٍ وشَدٍّ ولَيٍّ) المؤثِّر بي المُقَوِّماتِ الفلِزِّيَّة. فبتَعَرُّض الفلِزِّ لإجهادٍ مُفْرِط، قد تَبْدو فيه شُقوقٌ سَطحيَّةٌ دقيقة. هذه الشُّقوقُ تَتعَزَّزُ بأيِّ إجهاداتٍ إضافيَّةٍ، وقد تُسَبِّبُ مَزيدًا من الشُّقوق أو تَعمُّقًا فيها يُحدِثُ الكسْرَ والعطبَ أحيانًا.

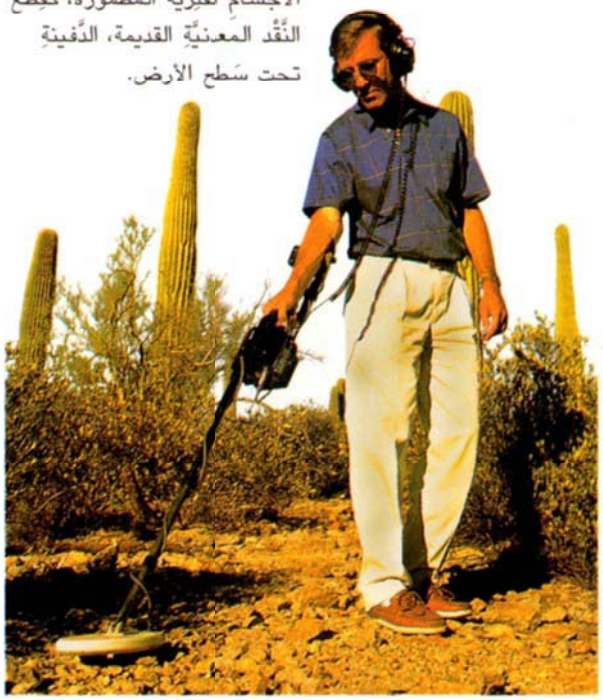
والمهندسونَ بِحُكْمِ مسؤوليَّاتهم يَحْسِبون حسابَ الكَلالِ الفلِزِّيّ ويَحتاطونَ لتَفادي أضراره في تصاميمِهم للطائراتِ والسيَّاراتِ والجُسورِ والآليَّات. عِلْمًا أنَّ غالبيَّةَ هذه الأشياءِ تَظَلُّ تَخْضَعُ تكرارًا لِفُحوصِ الكَشْفِ المُبكِّر عن أيِّ عَلاماتٍ لِلْكلالِ الفلِزِّيّ في مُقَوِّماتها.

تُعايَنُ الطائراتُ، كهذه البُوينغ 737، بانتِظام للكَشْفِ عن بوادر الكَلالِ الفلِزِّيّ. هذان الفَنِّيّان يَسْتَخْدمانِ حُزَمًا من الألْيافِ البَصَريَّةِ لِتَصوير أيِّ تشقُّقاتٍ دقيقةٍ في أجزاءِ الطائرة مِمّا يَتعَذَّرُ جِدًّا إبرازُه بالكاميرا العاديَّة.

طَبَقةٌ رَقيقةٌ من القَصْدير تَمْنَعُ عُلَبَ المأكولات الفولاذيَّةَ المُصَفَّحةَ بالقَصْدير من التَّعَرُّضِ للصَّدَأ.

فَتيلةُ المِصْباحِ الكهربائيّ تُصْنَعُ من فلِزِّ التنْجِسْتِن.

▲ عامِلُ الفولاذِ هذا واحدٌ من آلافِ العاملين في صِناعةِ استِخْلاصِ الفلِزّاتِ وتَنْقِيَتِها من خاماتِها الطبيعيَّة.



كاشِفةُ الفِلِزّات يُمكِنُها كَشْفُ الأجْسامِ لفلِزِّيَّة المَطْمورة، كقِطَع النَّقْد المعدنيَّةِ القديمة، الدَّفينةِ تحت سَطح الأرض.

اُنْظُر أيضًا

الكَرْبون ص 170
الأكْسَدةُ والإخْتِزال (الأَخْسَدة) ص 178
خَصائصُ الجوامد ص 194 – 195
الحَديد ص 198، النُّحاس ص 199
السَّبائك (الأُشابات) ص 202 – 203

الحديد

الحديدُ أحدُ أكثرِ الفلزّاتِ تَواجُدًا في قِشْرةِ الأرض. وقد استَخْدمَهُ الإنسانُ مُنْذُ آلافِ السِّنين؛ ويتركَّزُ استِخْدامُه الأساسِيُّ حاليًا في صُنْعِ الفولاذ.

الحدَّادون يَستَخْدِمون نوعًا من الحديد يُسَمَّى الحديدَ المُطاوع. وهذا النوعُ من الحديد يُمكِنُ تَطْريقُه وحَنْيُه بالشكل المَطلوب بعدَ تَلْيينِه في أتُونٍ على درجةِ الحرارة الحَمراء بين 500 و 1000°س.

يُؤلِّفُ الحديدُ حوالَى 5 بالمئة من قِشْرةِ الأرض وحوالَى 35 بالمئة من كُتْلَةِ الأرض ككُلّ - مُعْظمُه في لُبِّ الأرض.

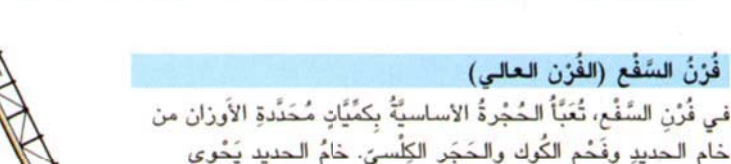
الحَديدُ أرخَصُ الفلِزّاتِ ثَمَنًا وأكثَرُها استِعمالًا. يوجَدُ الحديدُ، في الحالةِ الطبيعيَّة، مُتَّحدًا مع الأُكسجينِ كخاماتِ أكاسيدِ الحديد التي أهمُّها الهيماتَيْت (حَجَرُ الدم حـ$_2$أ$_3$ «Fe_2O_3») والمغنتَيْت (حَجر المغنَطيس حـ$_3$أ$_4$ «Fe_3O_4»).

مُنْذُ القَرنِ الرابع عَشَر، استُخْدِمَتْ أفرانٌ ضَخْمةٌ تُسَمَّى أفرانَ السَّفْع (الأفرانَ العاليَة) لِتَحْويلِ خاماتِ الحديد، ممزوجَةً بفَحْم الكُوك، إلى حديدِ الزَّهْر (حديد الصَّبِّ) الذي يَحوي كمِّيَّاتٍ قليلةً من الكربون المُتَبَقِّي من عمليَّة الصَّهْر في الفُرن العالي. وقد استُخدِمَ حديدُ الزَّهْرِ في صُنْعِ الأدواتِ والأَسْلِحَة وأشياءَ عديدةٍ أُخرى.

ومُنْذُ عَقْدِ الخَمْسينيَّاتِ من القَرْنِ التاسِعَ عَشَر ابتدأَ تَحْويلُ حديدِ الزَّهْر إلى فُولاذٍ يَتزايَدُ بكمِّيَّاتٍ كبيرة. والمَعْروفُ أنَّ الفُولاذَ يَحوي كمِّيَّةً من الكربون أقلَّ منها في حَديد الزَّهْر، وهو أكثَرُ منه مَرونيَّةً (قابليَّةً للتَّثْني).

ويُصْنَعُ الفولاذُ بِسَفْع الهواءِ أو الأُكسجينِ في حديدِ الزَّهْر المَصهور.

▼ السفينةُ البُخاريَّةُ «جْريت إيستَرن» بُنيَت من الصَّفائح الحديديَّة المُبَرْشَمَة وقد بلَغ طولُ هيكلها 211 مِترًا. وكانَتْ من تَصْميم المُهَنْدِس البريطانيّ إيسامْبَرْد كِنْغدَم برُونل (1806 - 1859)، وقد أُنزلَتْ إلى البَحْر عام 1858.



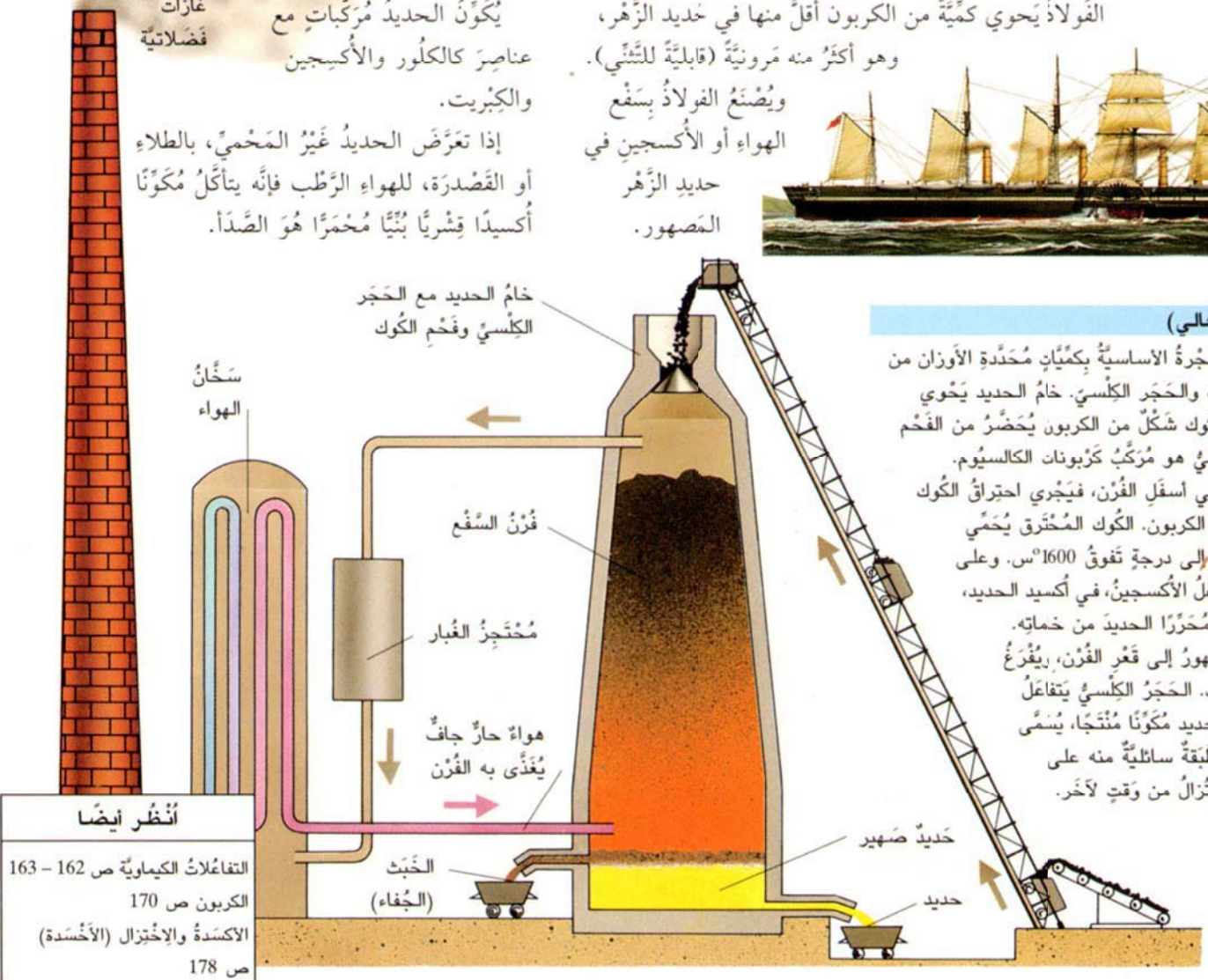
غازاتٌ فَضَلاتيَّة

خصائصُ الحديد

الحديدُ النَّقِيُّ فلِزٌّ لَمَّاع فِضِّيُّ البَياض؛ يَنْصهرُ على درجة 1535°س، وهو مَطيلٌ وطَروق. وضُروبُ الحديد التي تَحْوي كمِّيَّاتٍ ضئيلةً من الكربون، كالفُولاذ، أصلدُ من الحديدِ النَّقِيّ. وهذه الصَّلادَةُ تَجْعَلُ الفُولاذَ أصلَحَ من الحديدِ النَّقِيّ في كثيرٍ من الاِستِخْدامات.

يُكَوِّنُ الحديدُ مُرَكَّباتٍ مع عناصِرَ كالكلُور والأُكسِجين والكِبْريت.

إذا تعَرَّضَ الحديدُ غَيْرُ المَحْميِّ، بالطلاءِ أو القَصْدرَة، للهواءِ الرَّطْب فإنَّه يتأكَّلُ مُكَوِّنًا أُكسيدًا قِشْريًّا بُنِّيًّا مُحْمَرًّا هُوَ الصَّدَأ.



فُرْنُ السَّفْع (الفُرْن العالي)

في فُرْنِ السَّفْع، تُعَبَّأُ الحُجْرةُ الأساسيَّةُ بِكمِّيَّاتٍ مُحَدَّدةِ الأوزان من خامِ الحديدِ وفَحْم الكُوك والحَجَر الكِلْسيّ. خامُ الحديد يَحْوي أُكسيدَ الحديد، وفَحْمُ الكُوك شَكْلٌ من الكربون يُحَضَّرُ من الفَحْم الحَجَريّ، والحَجَرُ الكِلْسيُّ هو مُرَكَّبُ كَرْبونات الكالسيُوم.

يُسْفَعُ الهواءُ الحارُّ في أسفَلِ الفُرْن، فيَجْري احتِراقُ الكُوك جُزْئيًّا مُكَوِّنًا أوَّلَ أُكسيد الكربون. الكُوك المُحْتَرق يُحَمِّي مُحْتَوياتِ الفُرْنِ السُّفليَّ إلى درجةٍ تَفوقُ 1600°س. وعلى درجةِ الحرارة هذه، يتَفاعَلُ الأُكسجينُ، في أُكسيد الحديد، مع أوَّلِ أُكسيد الكربون مُحَرِّرًا الحديدَ من خاماتِه.

يَنْسابُ الحديدُ المَصْهورُ إلى قَعْرِ الفُرْن، ويُفْرَغُ كُلَّ ثلاثٍ أو أربعِ ساعات. الحَجَرُ الكِلْسيُّ يَتفاعَلُ مع الشَّوائب في خام الحديد مُكَوِّنًا مُنْتَجًا، يُسَمَّى الخَبَث (الجُفاء)، تَطْفو طَبَقةٌ سائليَّةٌ منه على سَطح الحديدِ الصَّهيرِ وتُزالُ من وَقتٍ لآخَر.

اُنْظُر أيضًا

التفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 - 163
الكربون ص 170
الأكسَدةُ والاِخْتِزال (الأَكْسَدة) ص 178
الفَحْمُ الحَجَريّ ص 213

النُّحاس

النُّحاسُ فلزٌّ جامِدٌ لَيِّنٌ بُنِّيٌّ مُحْمَرُّ اللَّون يُستَخْدمُ على نطاقٍ واسِعٍ منذُ العام 3000 ق.م لِمَرونيَّتِه، ومُنْذُ أواخِرِ القرن الثامنَ عشَر لِقُدرتِه على تَوصيلِ الكَهْرباء.

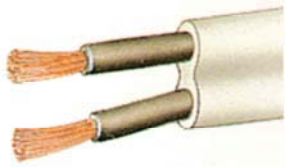
هذا التمثالُ النُّحاسيُّ يُعتقَدُ انَّه التمثالُ الفلزِّيُّ الأقْدمُ في العالَم. وهو للفِرعون المِصْريِّ پيپي الأوَّل الذي حكَمَ المَمْلكةَ الفرعونيَّةَ القديمةَ بين عامَي 2289 و2244 ق. م.

في الطبيعة، يتواجَدُ النُّحاس كفلِزٍّ حُرٍّ، وكَمُرَكَّبٍ في خاماتٍ ومَعادِنَ تَحوي النُّحاس.

يَنْصهِرُ النُّحاسُ النقِيُّ على درجة 1083°س؛ وهذا يَجْعلُه سَهْلَ الصَّبِّ والتشكيل في قَوالِب. وهو أيضًا فلِزٌّ طَروقٌ جِدًّا - مِمَّا يجعَلُه سَهْلَ التشكيل بالتطريق أيضًا. لذلك جَرى استِخْدامُ النُّحاسِ مُنْذُ القِدَم في صُنْع مدًى واسِعٍ من الأَشياءِ بما فيها قِطَعُ النَّقْدِ المَعْدنيَّةُ وأواني الطَّبْخِ والحُلِيّ.

ورُغْمَ أنَّ النُّحاسَ النَّقِيَّ أَلْيَنُ مِمّا تَتطلَّبُه استِخْداماتٌ مُتَعَدِّدة، فإنَّه يُكَوِّنُ سبائكَ (أُشابات) صَلْدةً مَتينةً، كالنُّحاس الأَصْفر والبرونز، عندَ مَزْجِه مع فلِزّاتٍ أُخرى. النُّحاسُ الأصفرُ سَبيكةٌ من النُّحاسِ والقَصْدير؛ والبرونزُ سَبيكةٌ من النُّحاسِ والخارصين (الزِّنْك).

الملكَيْت (كربونات النُّحاس القاعديَّة) أحدُ خاماتِ النُّحاس ذو نُطُقٍ خَضراءَ غامِقَةٍ لافِتَةٍ بِجَمالِها تجعَلُه رائجًا في صِناعةِ المُجَوهَرات.



تَتألَّفُ الكُبولُ الكَهْربائيَّةُ غالبًا من جدائلِ أسلاكٍ نُحاسِيَّةٍ مَحْبوكةً معًا ومُغَلَّفةً بغِمْدٍ لَدائنيٍّ عازِل.

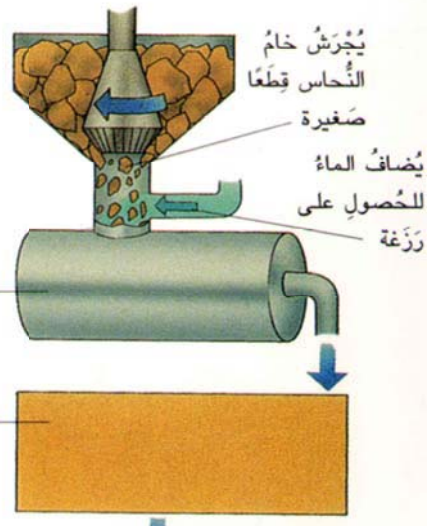
خَصائصُ النُّحاس واستِخْداماتُه

يُسْتَخْدمُ النُّحاسُ على نِطاقٍ واسِعٍ في الصِّناعاتِ الكهربائيَّة لأنَّه مُرَصِّلٌ مُمتازٌ للكهرباء، ويُمكِنُ بَثْقُه وسَحْبُه أسْلاكًا رَفيعةً بِقُطْر لا يتجاوزُ 0,025 ملم.

تُستَخْدمُ الأَسْلاكُ النُّحاسيَّةُ في الدَّاراتِ الكَهْربائيَّةِ المَنْزليَّة وفي كافَّةِ التوصيلات السِّلكيَّةِ داخِلَ الأَجْهزةِ الكَهْربائيَّة. والمِغْنَطيساتُ الكَهْربيَّةُ والمُوَلِّداتُ والمُحَرِّكاتُ تَتضَمَّنُ غالِبًا مِلَفّاتٍ من الأَسْلاكِ النُّحاسيَّة.

كذلك فإنَّ مَرونيَّةَ النُّحاسِ والنُّحاسِ الأَصْفَر تجعَلُهُما مادَّتَيْن مِثاليَّتَيْن لِصُنْعِ أنابيبِ مَنْظوماتِ مَواسير السَّباكة في المَباني والبيوت.

يتفاعَلُ النُّحاسُ مع عناصِرَ أُخرى بِسُرعةٍ أقلَّ من سُرْعةِ تفاعُلِها مع الحديد. وهو يتأكَّلُ ويَبْلَى ببُطءٍ في الهواءِ الرَّطْب. فمَع مُرورِ الزَّمَن، تَغْدو السُّقوفُ والتماثيلُ النُّحاسيَّةُ البُنِّيَّةُ المُحْمَرَّةُ مُغَطَّاةً بالزِّنْجارِ الأَخْضر المُؤلَّفِ من كَرْبونات النُّحاس + المُتكَوِّنِ من تفاعُلِ النُّحاسِ مع الرُّطوبةِ وثاني أُكسيد الكَرْبون في الهواء.



تَحْضيرُ النُّحاس

يُعدَّنُ خامُ النُّحاس ثُمَّ يُجْرَشُ حُبَيْبات. يُمْزَجُ الخامُ بالماءِ ثُمَّ يُسْحَنُ في مِطْحنةٍ كُرَيَّاتيَّة لِيُكَوِّنَ رَزَغةً من الجُسَيْماتِ الدقيقة. تُحَمَّى الرَّزَغةُ في فُرْنٍ لِتُكَوِّن نُحاسًا خامِيًّا غَيْرَ مُهَذَّب. ثُمَّ يُنَقَّى النُّحاسُ الخامِيُّ هذا بطريقةِ الكَهْرَلة (التحَلُّل بالكهرباء) إلى دَرَجةِ نَقاوَةٍ تَبْلُغُ 99,9 بالمئة. وتَشْمَلُ مَرْحلةُ المُعالَجةِ النهائيَّة صَهْرَ النُّحاسِ وسَكْبَه صُبَّاتٍ وقُضْبانًا وكَعكاتٍ ومُدَلْفَنات. المُدَلْفَناتُ هي كُتَلٌ نُحاسيَّةٌ تُسْتَخْدمُ في صُنْعِ الأنابيب والمَواسير النُّحاسيَّة. الصورة الفوتوغرافيَّةُ أدناه تُبيِّنُ ماسورةً نُحاسِيَّةً يَجْري ثَنْيُها عَبْرَ زاويةٍ قائمة.

اُنْظُر أيضًا

خَصائصُ الفلِزّات ص 196 – 197
السَّبائك (الأُشابات) ص 202 – 203
الكيمياءُ الكَهْربيَّة ص 356

الأَلومنيُوم

الأَلومنيُوم فلِزٌّ خَفيفٌ مُوَصِّلٌ جيِّدٌ للكَهْرباء، وجَيِّدُ المُقاومةِ للتأكُّل. وهو، بعدَ الحديد، أكثرُ الفلِزَّات استِخْدامًا.

مُعْظَمُ عُلَبِ الأَشْربة اللاكحُوليَّة تُصْنَعُ من الأَلومنيُوم. إنَّ عمليَّةَ إعادةِ تَدْوير الأَلومنيُوم للاستِخدام مُجَدَّدًا لا تَستَهْلِكُ سوى 30% من الطاقةِ اللَّازمة لإنتاجِ الألومنيُوم الجَديد من البوكْسَيْت.

الأَلومنيومُ فلِزٌّ خَفيف؛ فوَزْنُ كُتْلةٍ مُعيَّنةٍ من الأَلومنيوم أقَلُّ من ثُلُثِ وَزْنِ كُتْلةٍ مُماثِلَةِ الحَجْم من الفُولاذ. وسَبائكُ الألومنيُوم مع فلِزَّاتٍ أُخرى هي غالِبًا قَويَّةٌ وخفيفةٌ، مِمَّا يجعَلُها مِثاليَّةً للاستِخدام في بِناء الطائرات.

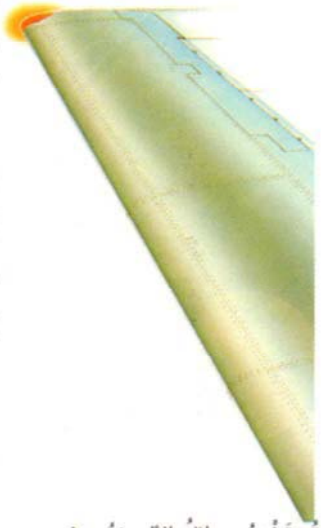
سِلْكُ الألومنيُوم، كسِلْك النُّحاس، مُوصِلٌ جيِّدٌ للكَهْرباء، لكِنَّه أقَلُّ وَزْنًا. لذا، يُسْتَخْدمُ الألومنيومُ غالِبًا في كبُولِ القُدْرةِ المُعَلَّقة.

إنَّ مَرونيَّةَ الألومنيُوم ومُقاومَتَه للتأكُّل تَجْعلانِه مُلائمًا جِدًّا لِصُنْعِ عُلَبِ الأَشْربة ورقائقِ الطَّبْخ الأَلومنيُوميَّة.

الأَلومنيومُ أكثرُ الفلِزَّات وَفْرةً في قِشْرةِ الأرض. وهو يتَواجَدُ في عِدَّةِ أشكالٍ تَشْمَلُ الصَّلْصاليَّات والزُّمُرُّديَّات؛ ولا يوجَد كفلِزٍّ نَبَيٍّ مُطلقًا.

يُكْرَزُ الأَلومنيُوم من خامِ البوكْسَيْت (هيدروكسيد الأَلومينا) الذي يُحَوَّلُ إلى أُكسيد الألومنيُوم بالمُعالَجة مع قِلْي قَويٍّ (انْظُر ص 185). ثُمَّ يُحَلَّلُ الأُكسيدُ بطريقةِ الكَهْرَلَة للحُصولِ على الفلِزِّ النَّقيّ. ويُلاحَظُ أنَّ المَغْطِسَ الكَهْرليَّ يَغْدو حارًّا جِدًّا أثناءَ مُرورِ التيَّارِ الكهربائيِّ عَبْرَه.

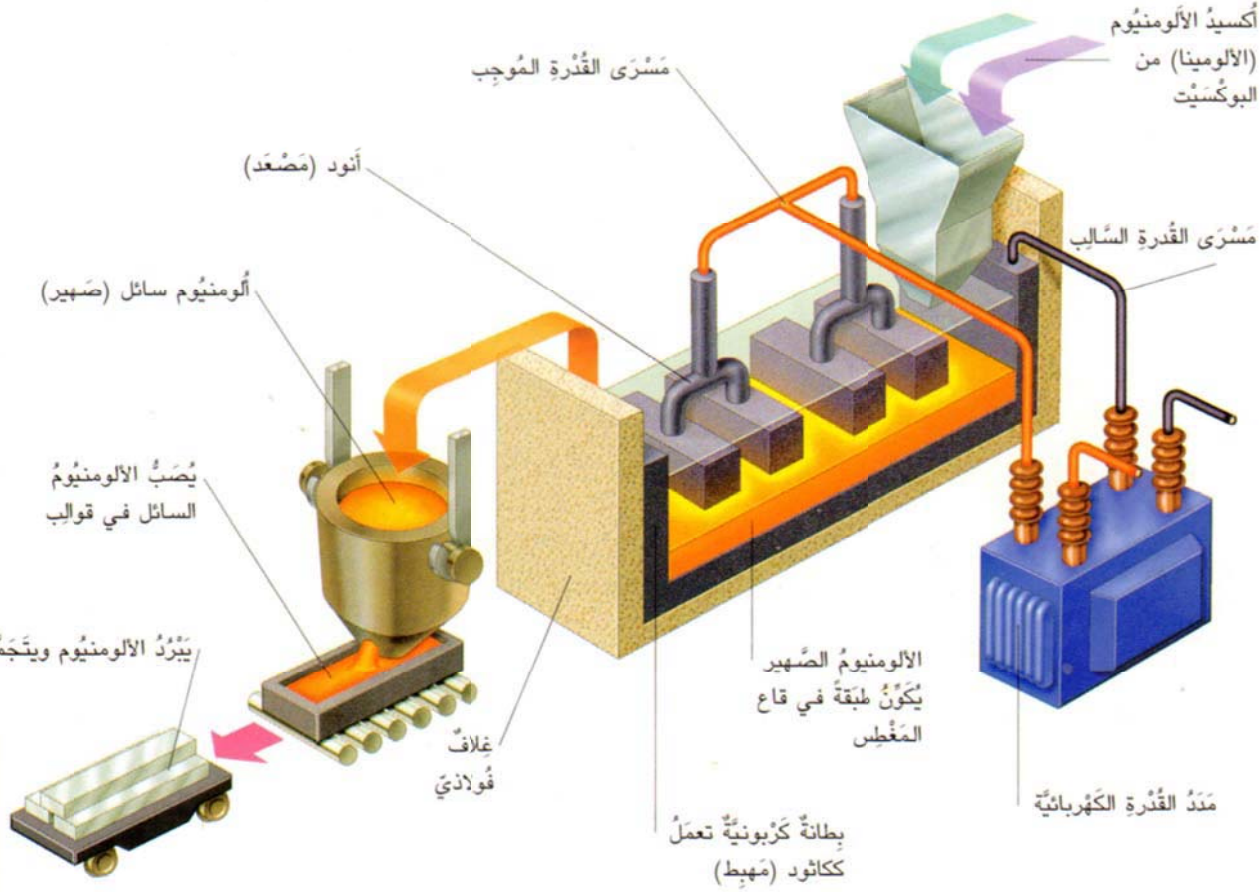
إنَّ استِخْلاصَ الأَلومنيُوم بالكَهْرَلَةِ يَتَطَلَّبُ كمِّيَّاتٍ ضَخْمةً من القُدْرةِ الكَهْربائيَّة مِمّا يَزيدُ في تكاليفِ هذا الاستِخْلاص. لذا، يُقامُ الكثيرُ من وَحَداتِ استِخْلاص الأَلومنيُوم على مَقْرُبةٍ من المَحطَّاتِ الكَهْرمائيَّة – حيثُ القُدْرَةُ الكهربائيَّةُ أرْخَصُ تكلِفةً.



تُستَخْدمُ سبائكُ الألومنيُوم في صُنْع أَجْنِحَةِ الطائرات وهياكلها. ولو كانت الطائراتُ تُصْنَعُ من الفُولاذ لَكانَتْ أثقلَ بكَثير، ولتَطلَّب تشغيلُها مُحَرِّكاتٍ أقوى بِكثير.

خصائصُ الأَلومنيُوم

الأَلومنيُومُ فلِزٌّ أبيضُ فِضِّيٌّ يَتفاعَلُ مع أُكسجين الهواء مُكَوِّنًا طبقةً من أُكسيد الألومنيُوم (الأَلومينا). هذه الطَّبَقةُ مُقاوِمةٌ للتأكُّل الكيماويّ – فتَقي الفلِزَّ من أيِّ تأكُّلٍ إضافيّ.



يُستَخْلصُ الألومنيُوم من خام البوكْسَيْت. أُكسيد الألومنيُوم، من البوكسَيْت يُحَلَّلُ بالكَهْرلةِ إلى ألومنيُوم نَقِيٍّ وأُكسجين. وبِمُرور تيَّارٍ كهربائيٍّ بين الإلكترودات الكربونيَّة، في دَرجةِ حرارةِ المَحْلول الكهرليِّ العالية، تَتجمَّعُ طَبَقةٌ من الألومنيُوم المُنْصَهر في قَعْرِ المَغْطِسِ الكَهْرليّ.

انْظُر أيضًا

السَّبائك (الأُشابات) ص 202 – 203
الكيمياءُ الكَهْربيَّة ص 356
الطاقةُ المُتَجَدِّدة ص 458

الفلِزّاتُ الثَّمينة

الفلِزّاتُ الثَّمينةُ جذّابةٌ ونادِرةٌ وتُقدَّر عاليًا لِنَفاسَتِها. وهي تُستَخدَمُ في صُنْعِ المُجَوْهَراتِ والمِداليّات؛ لكِنْ لَها أيضًا مدًى واسِعٌ من الاستِخْداماتِ الصِّناعيّة.

قُرابة نصف الذّهب في العالم تملِكُه الحكومات كاحتياطٍ ماليّ. ويُخْزَن هذا الذهبُ عادةً على شَكلِ مَسبوكاتٍ أو صُبَبٍ مِعياريّة الحجم والوزن.

المُسمَّاةُ هاليدات، تُستَخْدَمُ في صُنع المُستَحْلَب الحسّاسِ للضوء الذي تُغَشَّى به أفلامُ التصوير الفوتوغرافيّ. كذلك تُستَخْدَمُ الفِضَّةُ في طِلاءِ المَرايا وفي صُنْعِ المُعَدّاتِ الجِراحيّة.

البلاتين

البلاتين مُوَصِّلٌ مُمتازٌ للكهرباء. وبسَبب قُدْرتِه على مُقاوَمةِ التَّأكُل والحرارةِ فإنَّه يُستَخْدَمُ في تَمْديدات الدَّاراتِ الكهربائيّةِ العاليةِ النَّوعيّة وفي صُنْع المُعَدّاتِ المِخْبريّةِ الصامِدَةِ للحرارة.

ويُستَخْدَمُ البلاتينُ أيضًا في صناعةِ المُجَوهرات وفي المُحَوِّلاتِ الحفّازة التي تُساعِدُ في تَنْقِيَةِ غازاتِ عوادِمِ المَرْكبات.

النلِزّاتُ الثَّمينةُ تُقَدَّرُ عاليًا لِنفاسَتِها ونُدْرتِها وغلاءِ أسعارها. من أشْهَرِها الذَّهَبُ والفِضَّةُ والپلاتين، ومن أبرزِ خصائصِها أنَّها تكادُ لا تتفاعَلُ مُطلَقًا مع الكيماويّاتِ الأُخرى.

خِلافًا لِمُعظم الفلِزّات فإنَّ الذَّهبَ يتواجَدُ شَذراتٍ أو عروقًا نقيّةً داخِلَ الصُّخور.

كانَ المُنَقِّبون عن الذَّهَب يُصَوِّلون تُرابَ وحَصى الجداول في مُنْخَفضاتِها بَحثًا عن حُبَيْبات أو كِسَفاتٍ أو شَذراتِ الذَّهَب.

تتواجَدُ الفِضَّةُ عادةً مُتَّحِدةً مع موادَّ أُخرى كخَامات.

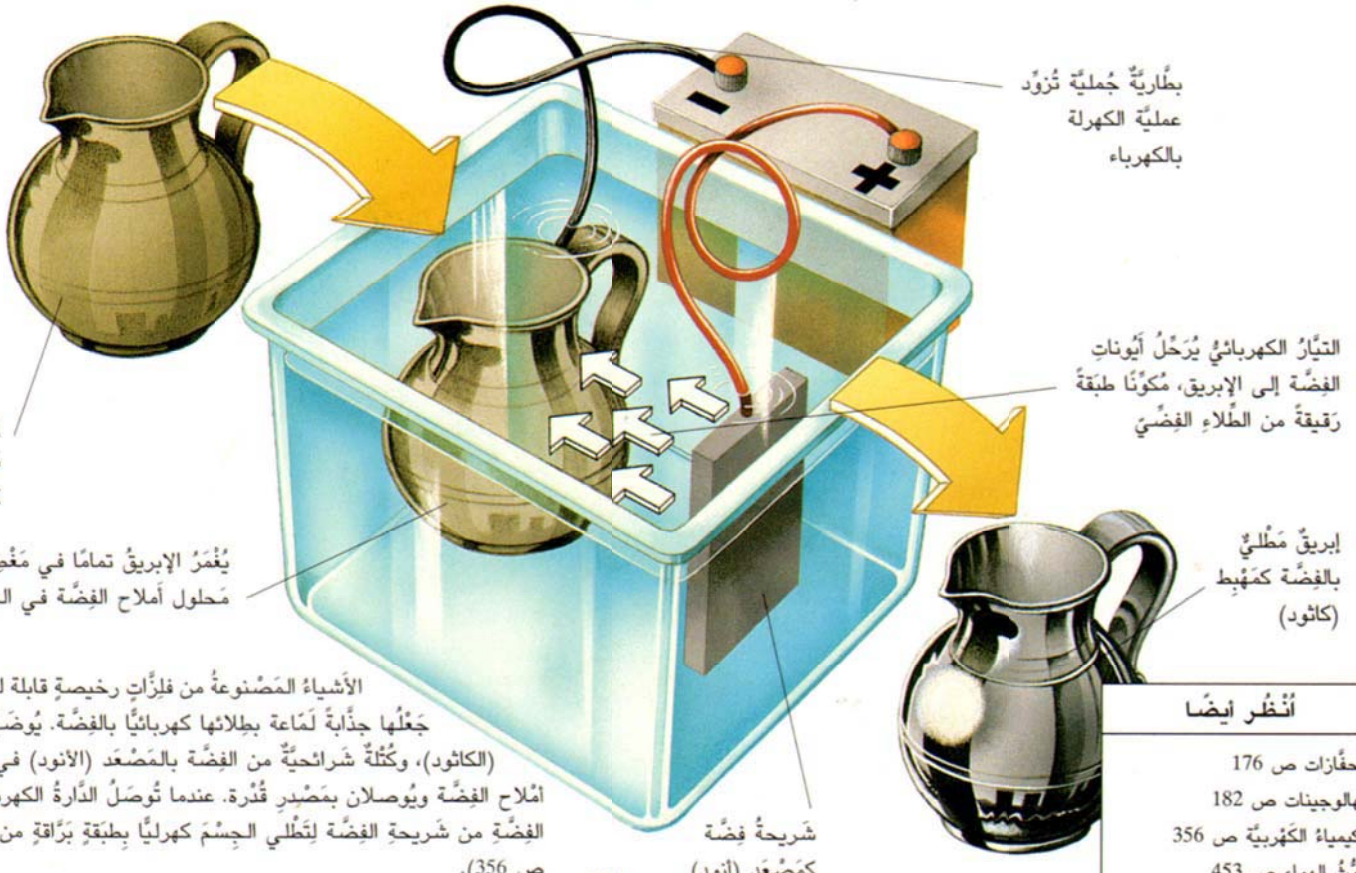
الذَّهَبُ والفِضَّة

لقد استُخدِمَ الذَّهَبُ والفِضَّةُ كعُملاتٍ مُتَداوَلةٍ ومُجَوهَراتٍ وحُليٍّ وزخارفَ مُنْذُ آلافِ السِّنين. فالفِلزّان يتَميّزانِ بجاذبيّةٍ جماليّةٍ وسُهولةِ تشكيل ومُقاومةٍ لكُبُوِّ اللمعةِ بالهواءِ والماء.

الذَّهَبُ هو أحدُ الفِلزّاتِ الأقلِّ تَفاعليّة. فهو لا يَذوبُ إلّا في توليفةٍ مُرَكَّزةٍ من حامِضَي الهَيْدروكلوريك والنِّيْتريك مُكوِّنًا أملاحًا.

الذَّهَبُ النقيُّ بالغُ اللُّيونةِ، لذا يُمْزَجُ غالبًا مع الفِضَّةِ أو النُّحاس لِيُصَلَّد. تُقاسُ نَقاوةُ الذَّهَبِ بالقيراط؛ فالذَّهَبُ من عيار 18 قيراطًا نَقاوته 75 بالمئة فيما نَقاوةُ الذَّهَب من عيار 24 قيراطًا 100 بالمئة.

الفِضَّةُ أفضَلُ مُوَصِّلٍ للحرارة والكهرباء بين كافَّةِ الفلِزّات؛ لِذا تُستَخْدَمُ في العَديدِ من أَلواحِ الدَّارات الإلكترونيّة. قُرابةُ 40 بالمئة من ناتِج الفِضَّة في العالم يُستَخْدمُ لأغراضِ التَّصْوير الفوتوغرافيّ. فمُرَكَّباتُ الفِضَّة،



الأَشياءُ المَصْنوعةُ من فلِزّاتٍ رخيصةٍ قابلة للصَّدأ كالحديد يُمكِنُ جَعْلُها جذّابةً لَمّاعة بطِلائها كهربائيًّا بالفِضَّة. يُوضَعُ الجِسْمُ بالمَهْبِط (الكاثود)، وكُتْلةٌ شَرائحيّةٌ من الفِضَّة بالمَصْعَد (الأنود) في مَحْلولٍ من أحدِ أمْلاح الفِضَّة ويُوصلان بمَصْدِرِ قُدْرة. عندما تُوصَلُ الدّارةُ الكهربائيّةُ، تَرْتَحِلُ أَيُوناتُ الفِضَّةِ من شَريحةِ الفِضَّة لِتَطْلي الجِسْمَ كهربائيًّا بطبَقةٍ بَرّاقةٍ من ذرّاتِ الفِضَّة (أُنظُر ص 356).

أُنْظُر أيضًا

الحفّازات ص 176
الهالوجينات ص 182
الكيمياءُ الكَهْربيّة ص 356
تلَوُّثُ الهواء ص 453

السَّبائك (الأُشابات)

السَّبائكُ خلائطُ (ج. خليط) من الفلِزَّاتِ مع فلِزَّاتٍ وبعضِ اللَّافلِزَّات الأُخرى. وغالِبًا ما تتفَوَّقُ خصائصُ السَّبائك على خصائصِ مُقَوِّماتِها.

هذه الخُوذةُ والدِّرْعُ والسَّيْفُ من عَهْد الكِلْتيِّين عُمرها حوالى 2000 سنة، وهي مَصْنوعةٌ من البرونْز – سَبيكة النُّحاس والقَصْدير.

مُعْظمُ السَبائك خلائط من فلِزَّيْن أو أكثَر. وبَعْضُها خلائطُ فلِزِّيَّةٌ مع كمِّيَّاتٍ ضَئيلةٍ من عناصرَ أُخرى، كالكربون. وهي شَبيهةٌ بالفلِزَّاتِ في نواحٍ عديدة: فهي بَرَّاقةٌ أو لَمَّاعةٌ كما أنَّها مُوَصِّلاتٌ جيِّدةٌ للحرارةِ والكهرباء.

القَصدُ من السَّبائك هو عادةً الحِفاظُ على خصائصِ الفلِزِّ الجيِّدةِ ونَبْذُ خصائصه السَّيِّئة. وقد تحَقَّقَ ذلك بتَصْنيعِ البرونْز - أوَّلِ السَّبائك منذُ أكثرَ من 6000 سنة.

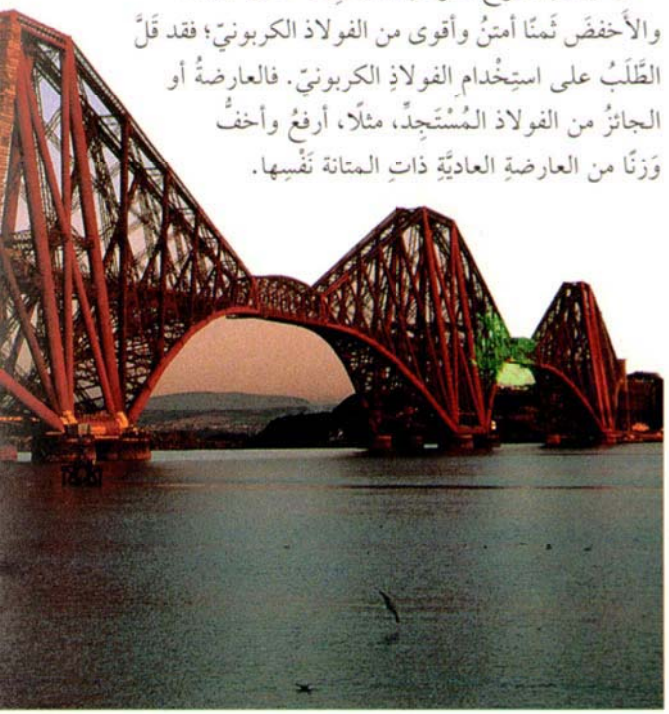
البرونْزُ سَبيكةٌ من النُّحاس والقَصْدير. وهو، كالنُّحاس، طَروقٌ يُمكِنُ تشكيلُه حسَب الطَّلب. وقد تَبيَّن، منْذُ القِدَم، أنّ البرونْزَ أكثرُ صلادةً من النُّحاسِ النَّقيّ ومنَ القَصْدير النَّقيّ كلبهما، مِمَّا جعَلَه أكثرَ مُلاءَمةً لِصُنْع الدُّروعِ والأسلِحَةِ والأدوات. ولا يزالُ البرونْزُ يُستَخْدمُ في صُنْع الآليَّات لقَوِيَّة الاحتِمال.

حاليًا، تُصَنَّعُ سبائكُ مُختلِفةٌ عديدةٌ لأغراضٍ مُعَيَّنة. بعضُها مُصَمَّمٌ لِاحتِمالِ دَرجاتِ الحرارة القُصوى أو لِمُقاومةِ الكيماويَّاتِ القويَّة؛ وبعضُها الآخرُ يُصَنَّعُ ليكونَ خفيفًا لكِنْ قويًّا ومَتينًا. وأكثرُ السبائكِ استِخْدامًا بقَدْرٍ كثيرٍ وعلى نِطاقٍ واسِعٍ هو الفُولاذ.

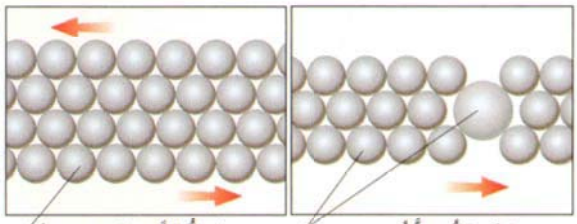
آلاتُ النَّفْخِ الموسيقيَّةُ النُّحاسيَّةُ، كهذا البُوق، مَصْنوعةٌ من سَبيكةِ النُّحاسِ والخارصين (الزِّنْك).

أَنواعُ الفُولاذ

هنالك أنواعٌ عديدةٌ من الفولاذ، كُلُّها سبائكُ من الحديد والكربون؛ وبعضُها يَحْوي أيضًا عناصِرَ أُخرى. أكثرُ من 90 بالمئة من كافَّةِ الفُولاذ المُصَنَّعِ في العالَم هو شَكْلٌ من الفولاذِ الكربونيّ، الذي يَحْوي، مع الحديد، كمِّيَّاتٍ من الكربون مع مقاديرَ ضئيلةٍ من المَنْغَنيز والسِّليكون والنُّحاس. الفولاذُ الكربونيُّ على أنواعه يُسْتَخْدمُ في صُنْع ضُروبٍ مُنَوَّعةٍ من الأشياءِ بما فيها



▼ الصورةُ الفوتوغرافيَّةُ هذه تُبَيِّنُ مَقْطعًا عَرْضيًّا لأُسْطوانةٍ مَصْنوعةٍ من سَبيكةِ التِّيتانيُوم والألومْنيُوم. وهي واسِعَةُ الاستِعْمال في صِناعةِ المَرْكَباتِ الفَضائيَّة.



السَّبيكةُ تتألَّفُ من أنواعٍ مُختلِفةٍ من الذرَّات

الفلِزُّ النَّقِيُّ يَحوي نوعًا واحدًا من الذرَّات

الفلِزَّاتُ النَّقِيَّةُ لَيِّنةٌ لأنَّ بإمكانِ ذرَّاتِها الإنزلاق بعضُها عَبْرَ بعضِها الآخرِ بسُهولة. لكِنَّ ذرَّاتِ السَّبيكةِ المُتباينَةَ الحَجْمِ تُقاوِمُ هذه الحَرَكةَ فتَجْعلُ السَّبيكةَ أصْلَدَ.

النَّوابضُ وهياكِلُ السيَّارات وعَوارِضُ البناء.

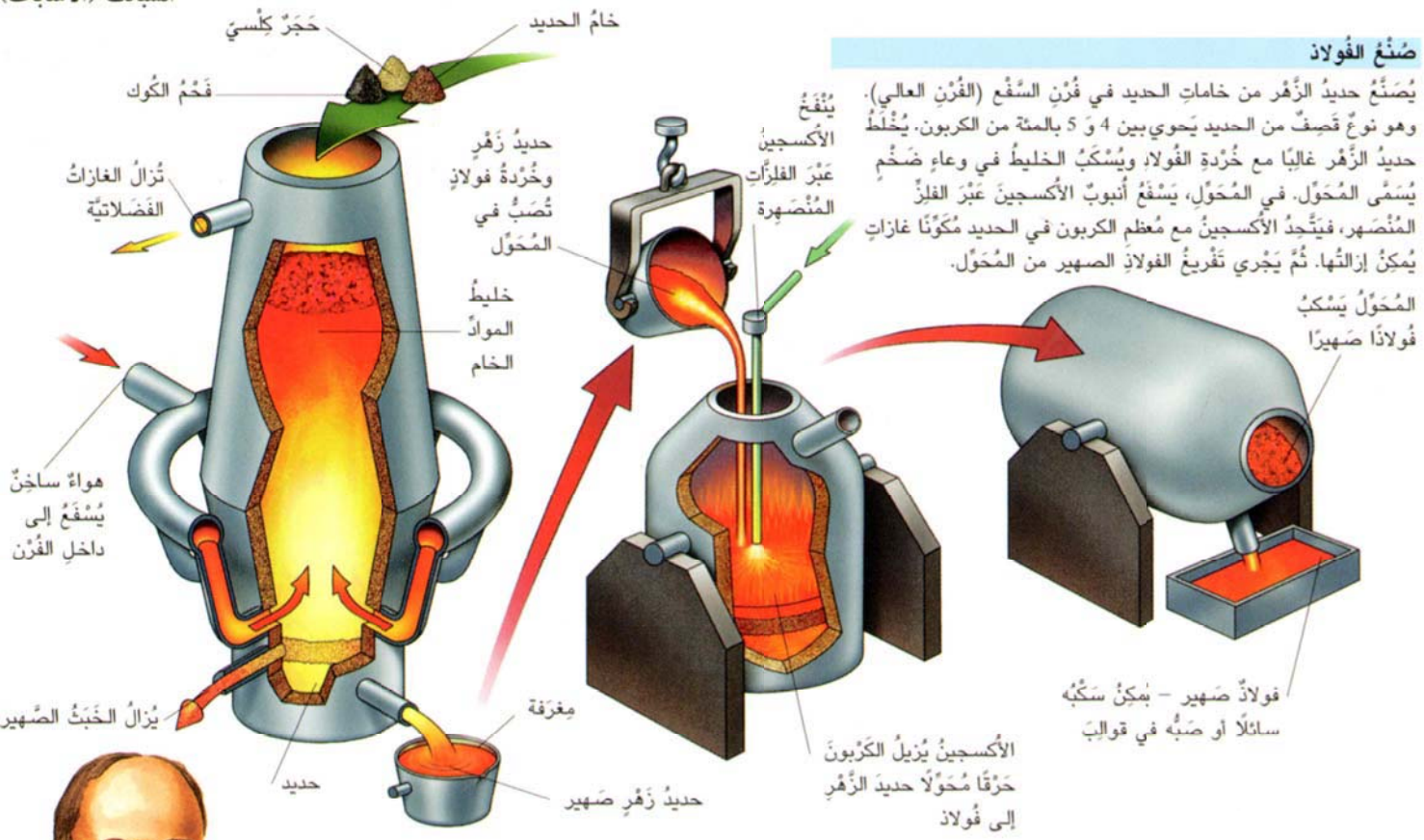
الفولاذُ السَّبائكيُّ على أنواعِه وفولاذُ الأدواتِ يَحْويان كمِّيَّاتٍ من المَنْغَنيز والسِّليكون والنُّحاس أكثرَ من الفولاذِ الكربوني؛ كما يَحْويان أيضًا عناصِرَ فلِزِّيَّةً كالموليبْدنُوم والتِّنْجِسْتن والڤاناديُوم. الفولاذُ السبائكيُّ يُستَخْدمُ حيثُ يُحْتاجُ إلى موادَّ صَلْدةٍ عَصيَّةٍ على البِلَى والتَّأكُل، كما في تُروس نَقْلِ الحَرَكة في الشَّاحنات وفي العُدَدِ المَكَنِيَّة. إنَّ مثلَ هذا النَّوع من الفُولاذ هو أغلَى ثَمَنًا من الفُولاذ الكربونيِّ بسَبب التَّكْلِفة الأعلى لِمُكَوِّناته.

أنواعُ الفُولاذِ العاليةُ المَتانةِ والأخفَضُ ثَمنًا هي طائفةٌ مُسْتَجِدَّةٌ من الفولاذ أقوى من أنواع الفولاذِ الكَربونيّ العاديَّة وأرخَصُ تكلِفةَ إنتاجٍ من أنواعِ الفولاذِ السَّبائكيّ. ذلك لأنَّها تَحْوي كمِّيَّاتٍ أقلَّ من العناصرِ الغاليَةِ الثَّمَن كالڤاناديُوم. وهذه الأنواعُ المُسْتَجِدَّةُ من الفولاذ تُسْتَخْدَمُ بَديلًا جيِّدًا واقتِصاديًّا لأنواع الفولاذِ الكربونيّ.

وحيثُ إنّ أنواعَ الفولاذِ المُستجِدَّةَ العاليةَ المتانة والأَخفَضَ ثَمنًا أمتنُ وأقوى من الفولاذ الكربونيّ؛ فقد قَلَّ الطَّلَبُ على استِخْدامِ الفولاذِ الكربونيّ. فالعارضةُ أو الجائزُ من الفولاذ المُسْتَجِدِّ، مثلًا، أرفعُ وأخفُّ وَزنًا من العارضةِ العاديَّةِ ذاتِ المتانة نَفْسِها.

صُنْعُ الفُولاذ

يُصَنَّعُ حديدُ الزَّهْر من خاماتِ الحديد في فُرْنِ السَّفْع (الفُرْنِ العالي). وهو نوعٌ قَصِفٌ من الحديد يَحوي بين 4 وَ 5 بالمئة من الكربون. يُخْلَطُ حديدُ الزَّهْر غالِبًا مع خُرْدةِ الفُولاذ ويُسْكَبُ الخليطُ في وعاءٍ ضَخْمٍ يُسَمَّى المُحَوِّل. في المُحَوِّل، يَسْفَعُ أُنبوبٌ الأُكسجينَ عَبْرَ الفلزِّ المُنْصَهِر، فيَتَّحِدُ الأُكسجينُ مع مُعظمِ الكربون في الحديد مُكَوِّنًا غازاتٍ يُمكِنُ إزالتُها. ثُمَّ يَجْري تَفْريغُ الفولاذِ الصهير من المُحَوِّل.



أنواعُ الفولاذِ اللَّاصَدوءِ تَحْوي الكرومَ والنيكل اللَّذين يَجْعلانها لَمَّاعة مُقاوِمةً لِلصَّدا والتبَقُّع. هذه الأنواعُ من الفولاذ تُستَخْدمُ في صُنْع ضروبٍ من الأشياءِ تشمَلُ أحواضَ الغَسيل المَطْبخيَّةَ وسَكاكينَ الموائد والأَدواتِ الجِراحيَّةَ كالمَشارط.

في الصِّناعة، يُستَخْدمُ الفولاذُ اللَّاصَدوء في صُنْع المَواسير والأَنابيبِ والحاوياتِ لِنَقْلِ وحِفْظِ الكيماويَّاتِ الأَكَّالةِ بأمان. وهو يُستَخْدمُ أيضًا في صُنْعِ محامِلِ الكُرَيَّات.

سَبائكُ مُتطوِّرة

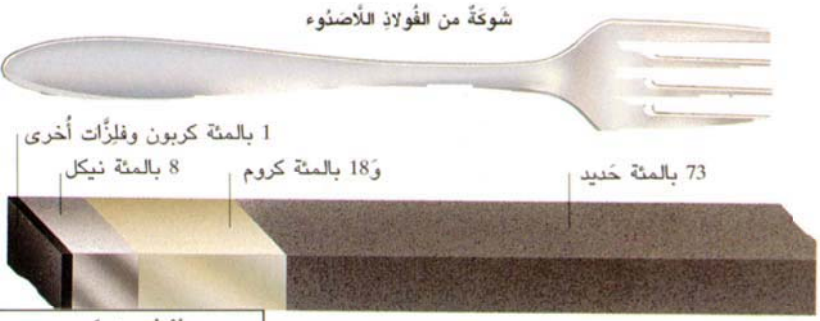
لقد صُنِّعَ عَددٌ من السَّبائكِ المُتَطوِّرة ذاتِ الخصائصِ المُتَمَيِّزة جِدًّا. منها مثلًا، المُوَصِّلاتُ الفائقةُ المُوَصِّليَّةِ والسَّبائكُ ذاكِرِيَّةُ التَّشَكُّل.

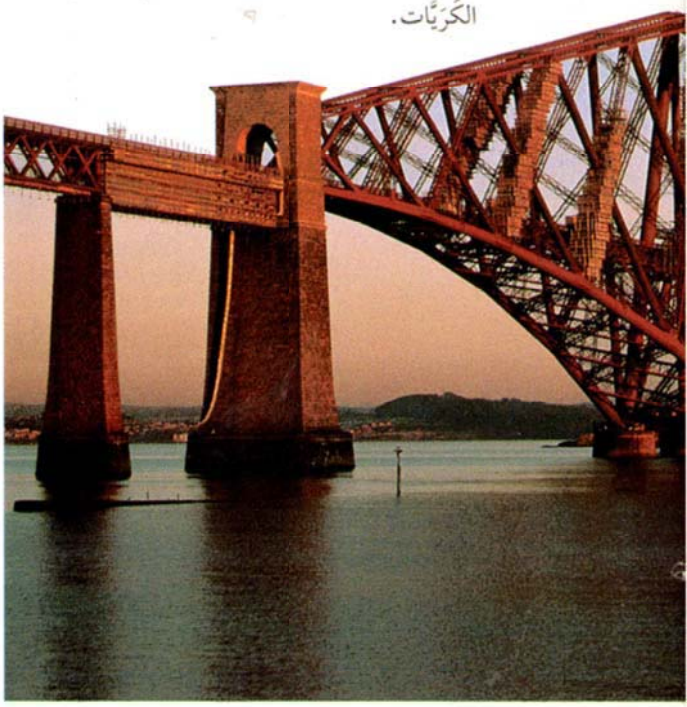
تَتَمَيَّزُ السَّبائكُ الفائقةُ المُوَصِّليَّة، كسَبيكةِ القَصْدير والنيُوبيُرم، بانعِدام المُقاومَةِ الكَهْربيَّة تَقريبًا، عندما تُبَرَّدُ إلى درجاتِ حرارةٍ خفيضةٍ قُصْوى.

أمَّا السَّبائكُ ذاكِرِيَّةُ التَّشَكُّل فتَتَذَكَّرُ شَكْلَها وتَعودُ إليه. فيُمكِنُ مثلًا لَيُّ أو فَتْلُ السَّبيكةِ وهي باردةٌ لِتُغيِّرَ شَكْلَها. لكِنَّها عندما تُحْمَى، تَعودُ إلى شَكْلِها الأَصليّ. السَّبائكُ الذاكِرِيَّةُ التَّشَكُّل مُفيدةٌ لأُطُرِ النظَّاراتِ ولأَسلاكِ وشِكالاتِ تَقويمِ الأَسْنان.

المُهَنْدِسُ البريطانيُّ هِنْري بَسِمَر (1813 – 1898) ابتكرَ وعاءً أسماهُ المُحَوِّلَ لِصُنْعِ الفولاذ على نِطاقٍ واسِع.

▼ توجَدُ أنواعٌ مُختلِفةٌ عديدةٌ من الفُولاذِ اللَّاصَدُوء. فالنَّوعُ المُسْتَخْدمُ في صُنْعِ سكاكينِ المائدة يُسَمَّى أحيانًا 18 – 8. ذلك لأنَّه يَحوي 18 بالمئة من الكروم وَ 8 بالمئة من النيكل.





▶ جِسْرُ فُورث باسكُتلندا، الذي أُنجِزَ عامَ 1889، كان أوَّلَ جِسْرٍ كابوليٍّ لسِكَّةِ حَديد. وقد استُخْدِمَ في بنائه حوالى 55 000 طُنٍّ من الفُولاذ.

أُنْظُر أيضًا

المَحاليل ص 158 – 159
الكربون ص 170، الحديد ص 198
النُّحاس ص 199
الموادُّ الجديدة ص 217

تَشكيلُ المَوادّ

كثيرٌ من الموادِّ يَنْبغي قصُّها أو قَطْعُها إلى الحَجْم المَطْلوب، أو تشذيبُها أو تشكيلُها أو وَصْلُها معًا، قبلَ استِخْدامِها على النَّحو الأمثَل.

الأدَواتُ الأُولى كانتْ قِطَعًا مُثَلَّمَةً مُؤسَّلَةً من الظِّرَان استُخْدِمتْ في كَشْطِ الجُلودِ الحيوانيَّةِ وقَطْعِ النَّباتات وتَنْصيلِ الرِّماح.

قَلَّما تَتواجَدُ الموادُّ الطبيعيَّةُ بالشَّكْلِ الأمثَل للاستِخْدام البَشَريّ. في البِدايات، استَخْدمَ الناسُ الموادَّ بأشكالِها المُتاحَة. فقد كانت الجُدرانُ مثلًا تُبْنَى بِمُلافَقةِ كُتَلٍ صَخْريَّةٍ غيرِ مُنْتظِمةٍ معًا باهتِمامٍ وعِناية. ومع مُرور الزَّمَن، تعَلَّمَ البَشَرُ طرائقَ يَدويَّةً لِمُعالَجةِ تَشْكيلِ الموادِّ للأغراضِ والاحتِياجاتِ المُعَيَّنة.

الخشَبُ والحَجَر

الخشَبُ مادَّةٌ أوَّليَّةٌ عامَّةٌ شائعةٌ مُنْذُ آلافِ السِّنين. ذلك لأنَّه مُتَوَفِّرٌ في أماكِنَ عديدةٍ، ولأنَّه سَهْلُ التَّشْكيل ولمُتَناوَل. فالخشَبُ يُمكِنُ نَشْرُه وسَحْجُه وثَقْبُه ونَقْشُه أشكالًا مُنَوَّعةً باستِخْدامِ الأدواتِ المُلائمة. والشَّيءُ ذاتُه صَحيحٌ جُزْئيًّا بالنِّسْبةِ للحَجَر، رُغْمَ أنَّ الحَجَرَ يَحْتاجُ إلى أدواتٍ أصلَدَ وجُهْدٍ أشَدّ.

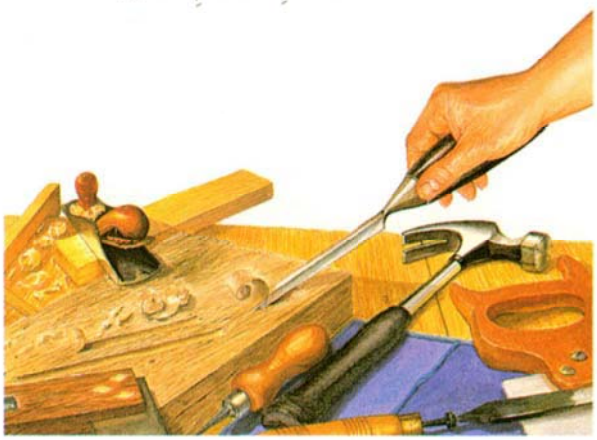
الفلِزَّات

الفلِزَّاتُ عادةً صَلْدةٌ قَصِفَةٌ وعَصِيَّةٌ على التشكيل وهيَ بارِدَةٌ. لكِنَّها عنْدَما تُحْمَى، تُصْبِحُ، في مُعظمِها، لَيِّنةً طَروقةً.

عمليَّاتُ تَشكيل الفلِزَّاتِ، كجَوابِدَ ساخِنةٍ، تُسَمَّى الجِدادة. الحدَّادون يَستَخْدمون عُدَدًا كالمَطارِقِ والمَلاقِط لِتَشْكيلِ الحديدِ حَدَواتٍ أو أسياخًا أو مَوادَّ جِدادةٍ أُخرى.

تُصَبُّ الفلِزَّاتُ بالصَّهرِ ثُمَّ السَّكْبِ في قَوالِب. وعندما يَبْرُدُ الفلِزُّ الصَّهيرُ يَتصَلَّدُ مُتَّخِذًا شَكْلَ القالَب.

تُستَخْدمُ الأدواتُ والعُدَدُ، كالأزاميل والمَساحيج والمَناشير، لِتَشكيل الخشَبِ مُنْذُ أقدَمِ العُصور.

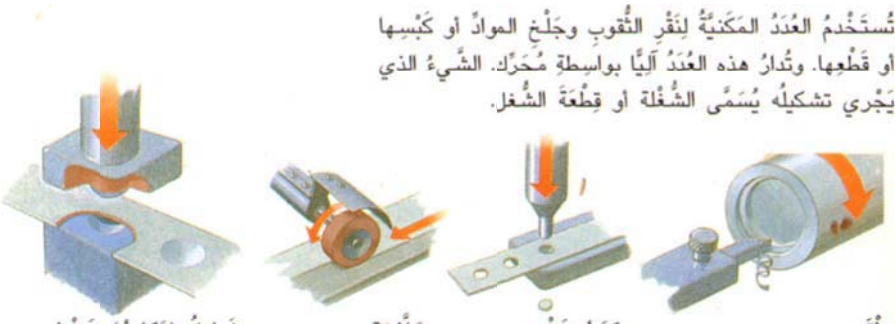


الفلِزُّ المُحْمَى يُمكِنُ تشكيلُه أيضًا بالجِدادةِ الآلِيَّة. فالمِطْرَقةُ السَّاقِطَةُ تُشكِّلُ كُتَلًا من الفلِزِّ المُلَيَّنِ بالتَّسخين بين نِصْفَي قالَبِ التَّشكيل. فيَسْقُطُ نِصْفُ القالَبِ الأعلى بقُوَّةٍ عظيمةٍ على الفلِزِّ في النِّصْفِ الأسْفل. أمَّا دَلافينُ (دَحاريجُ) التشكيل فتَضْغطُ كُتَلَ الفلِزِّ السَّاخِنَةَ إلى شرائحَ طويلةٍ بطَلْمِ (دَلْفَنةِ) الفلِزِّ جَيْئةً وذَهابًا بينها.

وإذا سُخِّنَ الفلِزُّ إلى دَرَجةٍ تَفوقُ دَرجةَ انْصِهاره فيُمكِنُ صَبُّه سائلًا في قالَب - حيثُ يَبْرُدُ ويتجَمَّدُ مُتَّخِذًا شَكْلَ التجويفِ داخِلَ القالَب. المَعْدنانِ الفلِزِّيَّان الأوَّلان اللذان عُوملا بطريقةِ السَّبْك هذه كانا النُّحاسَ والبرونْز - ولا يَزالان يُسْبكان بالطريقةِ نَفْسِها حتَّى اليَوم.

يُصْنَعُ أحَدُ أنماطِ قوالبِ الصَّبِّ من خَليطِ الرَّمْل والطِّين. فيُوضَعُ نَموذجُ الجِسْمِ المُرادُ سَبْكُه في صُندوقٍ ويُرَصُّ هذا الخليطُ حولَه جَيِّدًا.

تُستَخْدمُ العُدَدُ المَكَنيَّةُ لِنَقْرِ الثُّقوبِ وجَلْخِ الموادِّ أو كَبْسِها أو قَطْعِها. وتُدارُ هذه العُدَدُ آليًّا بواسِطةِ مُحَرِّك. الشَّيءُ الذي يَجْري تشكيلُه يُسَمَّى الشُّغْلة أو قِطْعَةَ الشُّغل.



مِثْقَب — مِكبَسُ تَخْريم — جَلّاخة — فَرامِلُ (مَكابحُ) ضَغْط

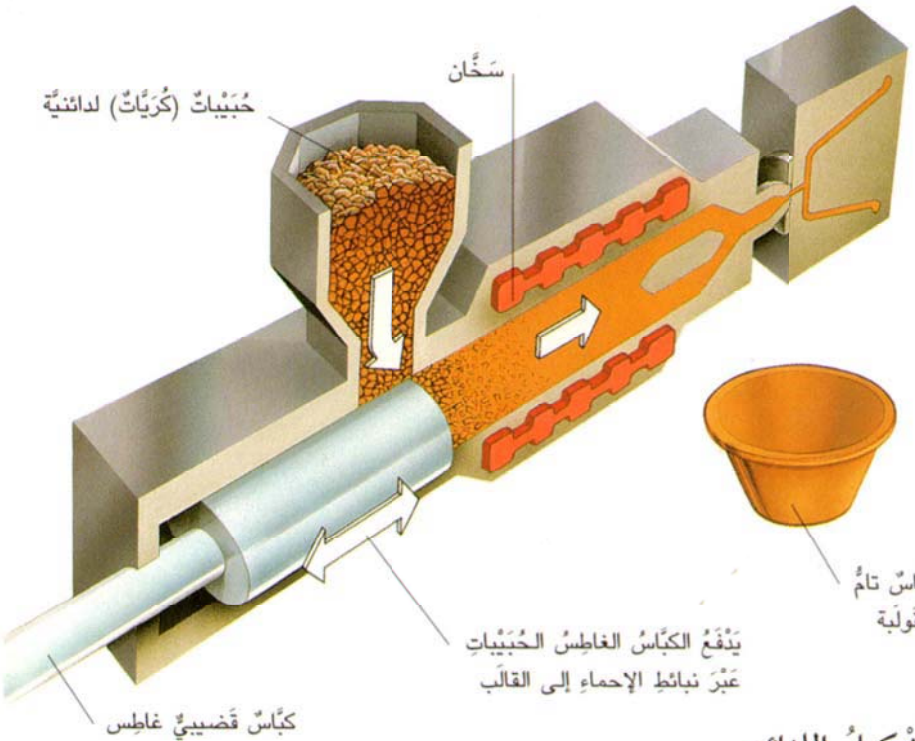
عُدَّةُ تَقْوير — مِخْرطةُ نَشْر — عُدَّةُ تَفْريز (فَرّازة) — قَلَمُ خِراطة

◄ هذا العالِمُ يَخْتبرُ نَبيطةَ قَطْعٍ تَجْريبيَّة. النَّبيطةُ تَحوي جِهازًا ليزَريًّا مُركَّبًا على ذِراعٍ روبُوتيَّة. إنَّ أمثالَ هذا اللِّيزرِ تُستَخْدمُ كثيرًا في شَقِّ الألْواحِ الفلِزِّيَّة. فاستِخْدامُ الرُّوبوتيَّات يضْمَنُ الحُصولَ على قَطْعٍ دَقيقٍ مُتْقَن.

يُمكِنُ وَصْلُ مُعظمِ الفلِزّات معًا بالتَّلْحيم. فيُستَخْدمُ مَصْدرٌ حراريٌّ لِصَهْرِ الحافَّتين من سَطْحَي الفلِزَّين اللتين تَدمجَان معًا عندما تبرُدان أو يَبْرُدُ فلِزُّ اللِّحام ويَتَصَلَّد.

بعدَما يَتصَلَّدُ القالَب، يُزالُ النَّموذَجُ ويُثقَبُ ثَقْبان في أعلاه. يُسْكَبُ الفلِزُّ السائلُ عَبْرَ أحدِ الثَّقْبَيْن ويُفلِتُ الهواءُ عَبْرَ الثَّقْبِ الآخَر.

ومتى تَمَّ صَوغُ الشَّكْلِ الأساسيِّ للجِسْمِ الفلِزِّيِّ بالسَّبْك أو الجِدادة، يُمكِنُ إضافةُ مَزيدٍ من التَّفاصيل إليه بالمَكِنات. فالعُدَدُ المَكِنيَّةُ تُؤدِّي جُمْلَةً مُتَنَوِّعةً واسعَةَ النِّطاق من الشُّغْلات كالثَّقْبِ والنَّقْر وثَنْي الأنابيبِ والمَواسير النُّحاسيَّةِ إلى التَّسْنين الحَلَزونيِّ للمَسامير المُلَولَبة (البَراغي).



تَشْكيلُ اللدائن

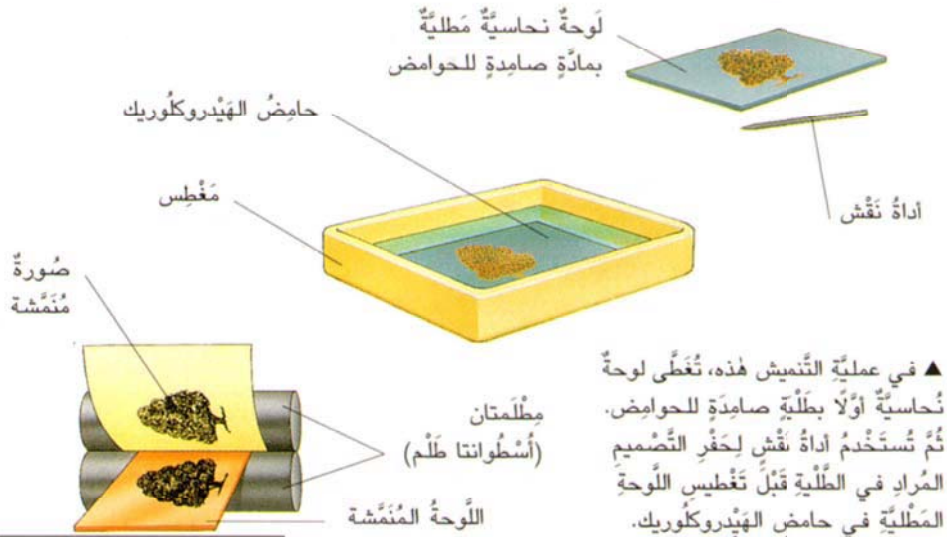
لدائنُ كثيرةٌ تَلينُ على درجاتِ حرارةٍ أخفضَ بكثيرٍ مِمَّا تتطلَّبُه الفلِزَّات، وهذا يجعلُها أسهلَ للتَّشْكيلِ بالقَوْلَبة.

التَّشْكيلُ بالحَقْن مَثيلٌ لِلصَّبِّ، لكِنَّ درجاتِ الحرارة المُسْتَخْدمةَ فيه أَخْفَض. فتُضْغطُ الحُبَيْباتُ أو الكِسَرُ اللدائنيَّةُ الساخِنَةُ اللَّيِّنةُ داخِلَ القالَب وتَتَّخِذ الشَّكلَ المَطلوبَ عندما تبْرُد.

التشكيلُ بالبَثْق يُنْتِجُ رَقائقَ وأنابيبَ لدائنيَّةً بضَغْطِ اللدائنِ السَّاخنةِ عَبْرَ ثُقوبٍ تُشْبِه المُنْتَجَ المُكتَمِلَ الصُّنْع.

في التَّشْكيلِ بالنَّفْخ، تُسَخَّنُ أصابعُ لدائنيَّةٌ جَوفاءُ سابِقةُ التَّشْكيلِ، وتُنْفَخُ داخِلَ القالَب.

في مَكَنةِ التَّشكيلِ بالحَقْن، يَدْفَعُ الكبَّاسُ الغاطِسُ الحُبَيْباتِ اللدائنيَّةَ عَبْرَ حُجْرةٍ مُسَخَّنَة. فتَلينُ الحُبَيْباتُ وتُضْغَطُ داخلَ القالَب. عندما تَبْرُدُ اللدينةُ يُفْتَحُ القالَبُ ويُسْتَخْرجُ الجِسْمُ التامُّ القَوْلَبة. في هذه الحال، القالَبُ يُشَكِّلُ طاسات.



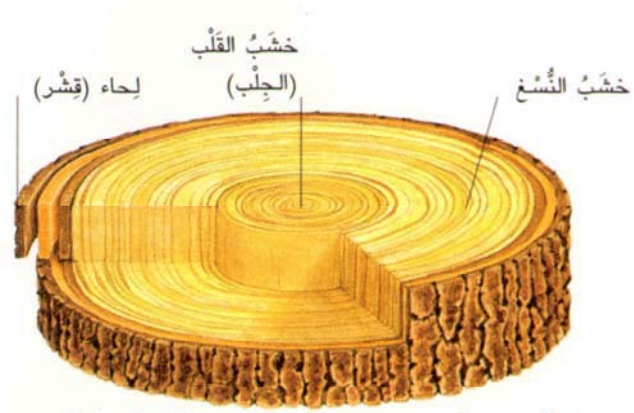
▲ في عمليَّةِ التَّنميش هٰذه، تُغَطَّى لوحةٌ نُحاسيَّةٌ أوَّلًا بطَلْيةٍ صامِدَةٍ للحوامِض. ثُمَّ تُستَخْدمُ أداةُ نَقْشٍ لِحَفْرِ التَّصْميمِ المُرادِ في الطَّلْيةِ قَبْلَ تَغْطيسِ اللَّوحةِ المَطْليَّةِ في حامِضِ الهَيْدروكلُوريك. يَتغَلْغَلُ الحامِضُ عَبْرَ الثُّقوبِ المُحتَفَرةِ في الطَّلْيةِ وينْمُشُ النمُوذجَ المَنْقوشَ على سَطْحِ اللَّوحة. ومن ثَمَّ يُمكِنُ استِخْدامُ اللَّوحةِ المُنَمَّشة لِطبْعِ التَّصْميمِ المُنَمَّشِ بواسطةِ مكنةِ الطباعة.

اُنْظُر أيضًا

خصائصُ الفلِزّات ص 196 – 197
الحَديد ص 198، الخشَبُ والوَرَق ص 206، اللَّدائن ص 216
المَوارِدُ الطبيعيَّة ص 456 – 457

الخشَبُ والوَرَق

الخشَبُ مادَّةٌ مَتينةٌ عاسِيَةٌ تُكَوِّنُ جُذوعَ الأَشجارِ وأَغْصانَها. وهو يُستَخْدمُ في أعمال البناءِ كما يُستَخْدمُ وَقُودًا ومادَّةً أَوَّليَّةً لِصُنْعِ الوَرَق.



الطبَقةُ الخشَبيَّةُ، تحتَ لِحاءِ الشَّجَر، التي تَنْقُلُ الرُّطوبةَ تُسَمَّى خشَبَ النُّسْغ؛ والخشَبُ المُصْمَتُ الصَّلْدُ في وَسَطِ الجِذْعِ يُسَمَّى خشَبَ القَلْب أو الجِلْب.

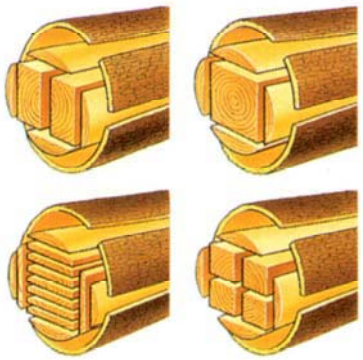
الخشَبُ مادَّةٌ مُتعَدِّدةُ الإستِعْمالات. فهو عاسٍ مَرِنٌ وسَهْلُ التشكيل وقَويٌّ نِسْبيًّا. صِناعةُ الإخْتِشابِ تَعْمَلُ على قَطْعِ الأشجارِ ونَشْرِ خَشَبِها ألواحًا ثَخينةً ورَقيقةً وعوارِضَ ومأطوراتٍ لِاستِخْدامِها في البِناءِ وفي صُنْعِ الأثاث والسِّلَعِ الخشبيَّةِ الأُخرى.

أنواعُ الخشبِ المُختلِفةُ ذاتُ خصائصَ مُتَباينةٍ. فخَشَبُ البَلْسَا، مثلًا، خفيفٌ جِدًّا، فيما خَشَبُ الدَّرْدار عاسٍ متينٌ يَحْتَمِلُ قُوى الثَّني والمَطّ المُفاجئةَ والمُتَكرِّرَة.

الخشَبُ المُجَهَّزُ، أو المَنْشورُ ألواحًا، يُستَخْدمُ في صُنْعِ أُطُر النوافذِ والأبوابِ والسُّقوف.

الوَرَقُ وإعادةُ التَّدْوير

يُصْنَعُ الوَرَقُ بِصورةٍ رئيسيَّةٍ من السِّلْيولُوز في الخَشَب. ويُستَخْدمُ في صُنْعِ الكُتُبِ والقِرطاسيَّةِ وعُلَبِ الوَرَق المُشَمَّع لِحِفْظِ السَّوائل ووَرَقِ المُرَشِّحاتِ لِمُحَرِّكاتِ السيَّارات. ويُمكِنُ صُنْعُ الوَرَقِ باستِخْدامِ السِّلْيولوز من مَصادِرَ أُخرى غير الخشَب. فأوراقُ النَّقْد ووَرَقُ الكتابةِ الغالي الثَّمَن تَحْوي أَلْيافَ السِّلْيولوز من نبات القُطْن. وهذه الأَلْيافُ تُكسِبُ الوَرَقَ مَتانةً ونُعومَةً فائقة.



يُنْشَرُ الخشَبُ ألواحًا في المِنْشَرة. فبَعْدَ إزالةِ اللِّحاءِ يُقْطَعُ الخشَبُ بِمَناشيرَ آليَّةٍ إلى ألواحٍ رَقيقةٍ أو عوارِضَ اثْخَنُ تَبَعًا لِنَوعيَّةِ الاستِخْدامِ ومُتَطلَّباتِه.

الشَّخْصُ في البُلدانِ المُتَطوِّرة يَستَخْدِمُ في المُعَدَّل، حوالى 300 كيلوغرام من الوَرَق سَنَويًّا. وحوالى النِّصْفِ من هذه الكمِّيَّة يُعادُ تَدْويرُه لِصُنْعِ وَرَقِ الصُّحفِ ووَرَقِ اللَّفِّ ومختلِفِ أنواعِ وَرَقِ الخِدْمة الخفيضِ النوعيَّة. أمَّا الباقي فيُرَمَّدُ أو يُطْرَحُ في مَرادِمَ أرضيَّة.

صُنْعُ الوَرَق

يُصْنَعُ الوَرَقُ الحديثُ غالِبًا من فَصيلةِ الأشجارِ الصنَوبَريَّة، كالصَّنَوبَر والتِّنُّوب والشُّوح. وتتألَّفُ أَلْيافُ الخشَب من مادَّةٍ مَتينةٍ تُسَمَّى السِّلْيولوز – مِمَّا يجعَلُ الورقَ مَتينًا لا يَتفكَّكُ بِسُهولة عندما يُضْغَطُ أو يُطْوى أو يُبْسَطُ. في مَكِنةِ صُنْعِ الوَرَق الحديثةِ تُغْلى شقَفُ الخشَبِ المُشظَّاةُ أوَّلًا مع الصودا الكاويَة أو مع مادَّةٍ كيماويَّةٍ أُخرى في وعاءٍ صِهْريجيّ لِتَحْريرِ أَلْيافِ السِّلْيولوز القويَّة. وتُصَفَّى الأَلْيافُ من السَّوائل للحُصولِ على عَجينةٍ طَريَّة. ثُمَّ تُنْشَرُ العَجينةُ السِّلْيولوزيَّةُ على سَيْرٍ ناقِلَةٍ وتُكبَسُ بين مِطْلَمَتَيْن ساخِنَتَيْن لإزالةِ الرُّطوبة والحُصولِ على الوَرَقِ التامِّ الصُّنْع.

أُنْظُر أيضًا

تَشْكيلُ الموادّ 204 – 205
الأَلْياف ص 207
البِناءُ والإنشاءات ص 222 – 223
الموارِدُ الطبيعيَّة ص 456 – 457

الأَلْياف

تُستَخدَمُ الأَلْيافُ في صُنْعِ القُماشِ للمَلابِس وأغطيةِ الفِراش (البياضات) ومُنْتَجاتٍ عديدةٍ أُخرى. بعضُ الأَلْيافِ مُنْتَجاتٌ طبيعيَّةٌ، وبعضُها الآخر مُصَنَّعٌ بطرائقَ كيماويَّة.

الأَلْيافُ الطبيعيَّةُ يُسْتَحْصَلُ عليها من الحيَواناتِ والنَّباتات. وهٰذه الأَلْيافُ يُمكِنُ غَزْلُها لِصُنْع خُيوطٍ تُحاكُ على نَوْلٍ لِصُنْعِ القُماش.

الصُّوفُ، أكثَرُ الأَلْياف الحيوانيَّةِ شُيوعًا، يُصَنَّعُ من صُوبِ الأغنام (الضأن بخاصَّةٍ). وتعتَمِدُ نَوعيَّةُ الصُّوف على سُلالةِ الغنَمِ التي يُجَزُّ منها.

الحريرُ الطبيعيُّ تُفرِزُه أساريعُ دُودةِ القَزّ (دُودة الحرير) التي تَغْزِلُه فَيالجَ (شَرانقَ) حولَ نَفْسِها تتحوَّل داخِلها إلى عُثٍّ فَراشيّة. مُربُّو دودةِ الحرير يَجْمعونَ الأَلْياف الطويلةَ قبْلَ تكَوُّنِ الفَيالِج.

ويُسْتَحْصَلُ من النَّباتات على أنواعٍ كثيرةٍ من الأَلْياف. فالقُطْنُ يُقْطَفُ كُتَلًا من الأَلْيافِ المُتكَوِّنةِ حوْلَ رُؤوس نَبَتات القُطْن. والجُوتُ والسِّيزالُ والقِنَّبُ أَلْيافٌ نباتيَّةٌ مَتينةٌ تُسْتَخْدمُ في صُنْعِ الحِبال وقُماشِ الخِيام وخَيْشِ الأكياس. ويُصَنَّعُ الكَتّانُ من أليافِ ومُشاقةِ سُوقِ نباتات الفصيلةِ الكَتّانيَّة.

الحَرير

القُطْن

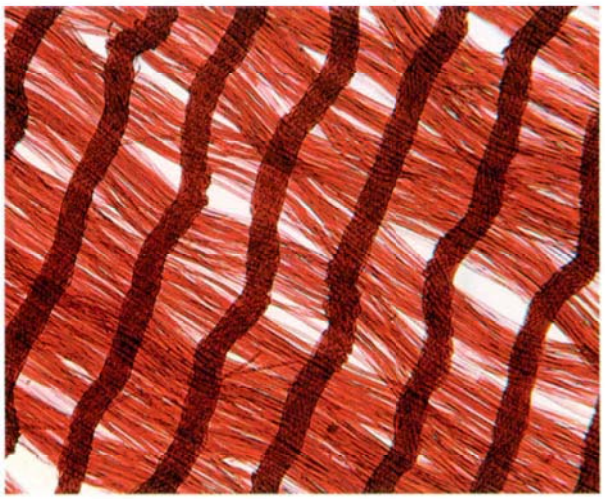
الصُّوف

الكَتّانُ والقُطْنُ مَصْدَرُهما النباتات. والصُّوفُ يُجَزُّ من الأغنام؛ والحَرير تُنْتِجُه ديدانُ القَزّ (ديدانُ الحرير).

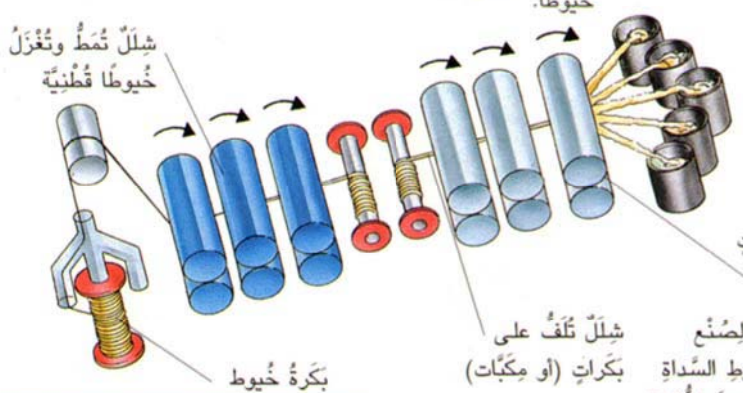
الأَلْياف الاصطِناعيَّة

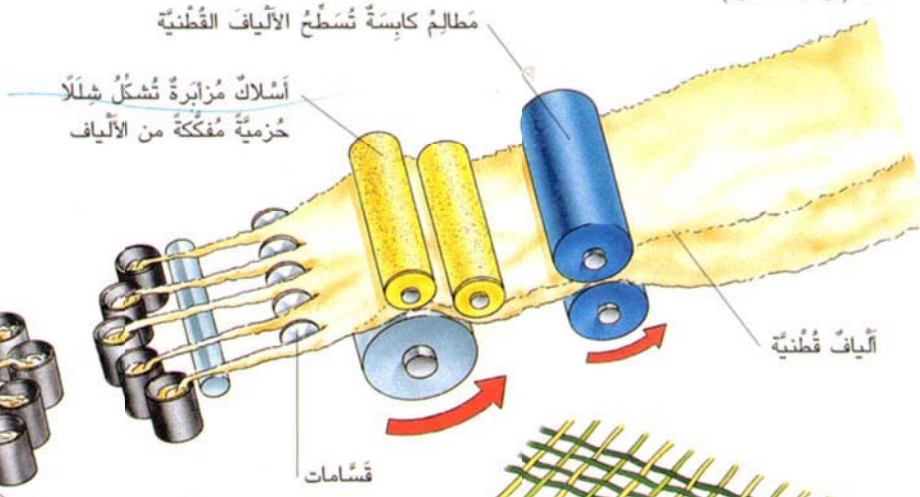
الحَريرُ الصِّناعيُّ أو حَريرُ الخشَب، الذي سُمِّي لاحقًا الرايون، هو أوَّلُ الأَلْياف الاصْطِناعيَّة. وقد صُنِّع الرايون من السِّلْيولوز أوائل القَرْنِ العِشْرين. ويُحَضَّر حاليًّا بطريقةٍ مَثيلة – بإذابةِ لُبِّ الخشَبِ في مَحْلولٍ قِلْويّ. ثُمَّ يُعالَجُ المَزيجُ بمادَّةٍ كيماويَّةٍ تُحوِّلُه إلى سائلٍ غليظٍ دَبِق يُسَمَّى الفِسْكوز. ويُرَشُّ المَحْلولُ الفِسْكوزيُّ عَبْرَ ثُقوبٍ دقيقةٍ في مَغْطِسٍ من حامِضِ الكِبْريتيك يجعَله يَتصَلَّدُ أَلْيافًا شَبيهةً بأَلْيافِ الحَريرِ الطبيعيّ. هذه الأَلْيافُ يُمكِنُ غَزْلُها خُيوطًا يُحاكُ منها القُماشُ الحَريريُّ المَظْهر.

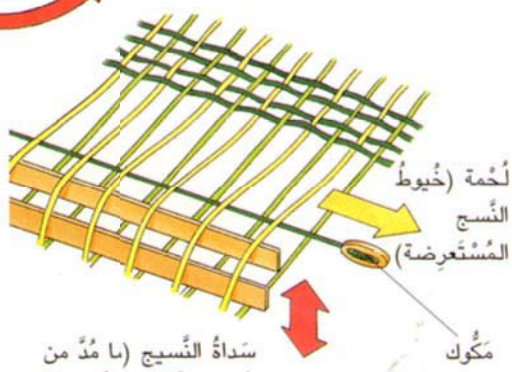
أمَّا الأَلْيافُ الأُخرى كالنَّيلون والپولْيِسْتَر والأَلْيافِ الأكريليَّة فتُنْتَجُ من النِّفْط بعَمليَّاتٍ كيماويَّةٍ مُعَقَّدة؛ وهي شَبيهةٌ باللَّدائن. الأَلْيافُ الاصْطِناعيَّةُ غالِبًا أمتنُ من الخُيوطِ الطبيعيَّة. ويُمكِنُ حِياكَتُها أَقْمشةً مُقاوِمةً للتَّغَضُّن. كما يُمكِنُ استِخْدامُها أيضًا في صُنْعِ الحِبالِ والسَّجّاد.


هذه صورةٌ عن قُرب، مُكبَّرةٌ 70 مرَّةً، للْكريپ الصّينيّ. هذا النَّسيجُ مُصَنَّعٌ بِحِياكةِ أَلْيافٍ حريريَّةٍ دقيقةٍ مع خُيوطٍ حريريَّةٍ أثْخَنَ حِيكَتْ مُسْبقًا بغَزْلِ أليافٍ حَريريَّةٍ معًا.

في عمليَّةِ الغَزْل، تُشَكَّلُ الأَلْيافُ القُطْنيَّةُ خيُوطًا دقيقةً. المَطالِمُ والأَسْلاكُ المُزَنِّبرةُ تُسَطِّحُ الأَلْيافَ القُطْنيَّةَ وتُقَسِّمُها. ثُمَّ تُجْمَعُ الأَلْيافُ في شِلَلٍ، وتُمَدُّ بين مَزيدٍ من مَجْموعاتِ المَطالِمِ قبْلَ غَزْلِها خيُوطًا.







◄ نَوْلُ الحِياكةِ يُشابِكُ الخُيوطَ لِصُنْع القُماش. تُمَدُّ مَجْموعتان من خُيوطِ السَّداةِ عَبْرَ إطارِ النَّوْل، ويُشَدُّ المَكُّوكُ خيطَ اللُّحْمةِ بين مَجْموعتَي خُيوطِ السَّداة. ثُمَّ يَعْكِسُ النَّوْلُ خيُوطَ السَّداةِ العُلْويَّ والسُّفْليَّةَ قبْلَ مُرورِ المَكُّوكِ عَودًا بينهما.

اُنْظُر أيضًا

النَّباتاتُ والنَّاس ص 66 – 67، القواعِدُ والقِلْويَّات ص 185، البوليمَرات (المَكْثُورات) ص 215، اللَّدائن ص 216

الزُّجاج

الزُّجاجُ مادَّةٌ شَفَّافةٌ تُصْنَعُ بِصَهْرِ مَزيجٍ من الرَّمْلِ والأَمْلاح على دَرجاتِ حرارةٍ عالية. ويَتجَمَّدُ المَزيجُ زُجاجًا عندما يَبْرُد.

صُنِّعَ الزُّجاجُ من الرَّمْل والظِّرَّان، أو الكوارتْز، مُنْذُ أكثرَ من 4000 سنة. حاليًّا يُصَنَّعُ الزُّجاجُ من مَزيجٍ يتألَّفُ في مُعْظَمِه من الرَّمْل. ثُمَّ يُشَكَّلُ ويُنْفَخُ ويُطْلَم لِصُنْع أَجْسامٍ كالعَدَسات والحُلِيِّ والمَرايا وألواحِ الزُّجاج للنوافذ وسِواها.

يُمكِنُ سَحْبُ الزُّجاج أَلْيافًا تُستَخْدم للعَزْلِ و لِتَقْوِيَةِ اللَّدائن.

وتُسحَبُ أنماطٌ خاصَّةٌ من الزُّجاج لإنتاجِ الأَلْيافِ البَصَريَّة، التي تَسْتطيعُ نَقْلَ الضَّوءِ على مَدى مَسافاتٍ بعيدة. وهي تُستَخْدمُ لإرسالِ الصُّوَرِ والمُعْطَياتِ المَعْلوماتيَّةِ كإشاراتٍ تِلِفونيَّة.

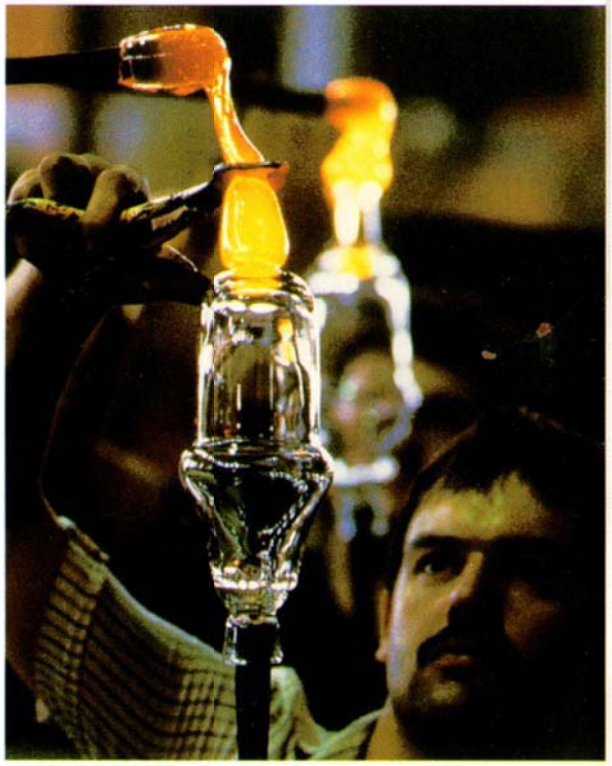
زُجاجُ النوافذ المُزَخرفُ (أو المُعَشَّق) يُصْنَع بوَصْلِ قِطَعٍ صَغيرةٍ من الزُّجاجِ المُلَوَّن باستِخْدام شرائحَ من الرَّصاص. يُلَوَّنُ الزُّجاجُ بإضافةِ أَملاحٍ فلِزِّيَّةٍ أثناءَ عمليَّةِ التَّصْنيع.

خَصائصُ الزُّجاج

يُمكِنُ تَغْييرُ خصائصِ الزُّجاجِ بإضافةِ كمِّيَّاتٍ ضئيلةٍ من الكيماوِيَّات إلى المَزيجِ الزُّجاجيِّ الأساسيّ. فالوَرَقُ (بورات الصوديُوم المائيَّة) مثلًا، يَجْعَلُ الزُّجاجَ أشدَّ مُقاومةً للحرارة – فيُسْتَخْدمُ في صُنْع زُجاجِ الأَفران. وأُكسيدُ الرَّصاص يُحَسِّنُ تألُّقَ الزُّجاج المُحَفَّر – فيُسْتَخْدمُ في صُنْعِ الأَواني الزُّجاجيَّة المُزَخْرفة.

زُجاجُ الأمان الرقائقيُّ لِحَاجِبات الرِّيح في السيَّارات يُصْنَعُ بحَشْوِ طَبَقةٍ لَدائنيَّةٍ بين صَفيحتَيْن من الزُّجاج. هذه الطَبَقةُ اللَّدائنيَّةُ تَعْمَلُ على تماسُكِ الزُّجاج إذا ما تحَطَّم.

نافِخُ زُجاجٍ يَستَخْدمُ مِقْراضًا لِقَطْعِ كُتْلةٍ من الزُّجاج الحارِّ المُتَلَيِّن لِيُشَكِّلَها بنَفْخِ الهواءِ عَبْرَ أُنْبوب.



صانِعُ الزُّجاج البريطانيُّ البِسْتير بِلْكِنْغتون (1920 – 1995)، ابتدعَ طريقةَ الطَّفْو لِصُنْع الزُّجاج المُستوي في الخَمْسينيَّاتِ من القَرْنِ العِشْرين – حيثُ يُصَبُّ الزُّجاجُ السَّائلُ من الفُرْن مُباشرةً ويُترك ليَبْرُدَ ويَجمُدَ تَدْريجيًّا فوقَ طبَقةٍ من القَصْدير الصَّهير. هذه الطريقةُ تُنْتِجُ زُجاجًا مَليسًا ناعمَ السَّطْح جِدًّا.

اُنْظُر أيضًا

خَصائصُ الجوامد 194 – 195
اللَّدائن ص 216
الاتِّصالاتُ البُعاديَّة ص 366 – 367

الخَزَفيَّات

تؤلِّفُ الخَزَفيَّاتُ فِئةً من الموادِّ نَشْمَلُ الصَّلْصالَ والزُّجاجَ والفَخَّار. والكثيرُ من الخَزَفيَّاتِ موادُّ صامِدةٌ للحرارةِ رعَوازِلُ كهربائيَّةٌ جَيِّدة.

السُّطوحُ الخَزَفيَّةُ لِمواقد الطَّبْخ مَلْساءُ سَهْلةُ التَّنْظيف. وأجزاءُ السَّطْح التي ليستْ فوق سَخَّانٍ مُباشرةً تَبْقى باردةَ المَلْمَس نوعًا.

المُنْتَجاتُ الخَزَفيَّةُ العاديَّة تَشْمَلُ الفَخَّاريَّاتِ والآجُرَّ والحُلِيَّ وأنابيبَ جَرِّ المياه وقساطِلَ المَجارير. وهذه الأَشياءُ تُصنَّع من مُختلفِ أنواع الطينِ (الصَّلْصاليِّ أو الطَّفاليِّ أو الغَضاريِّ) المُلَيَّنةِ الطيِّعة التي تَغْدو صَلْدةً قصِفةً عندما تُشْوَى على دَرجاتِ حرارةٍ عالية.

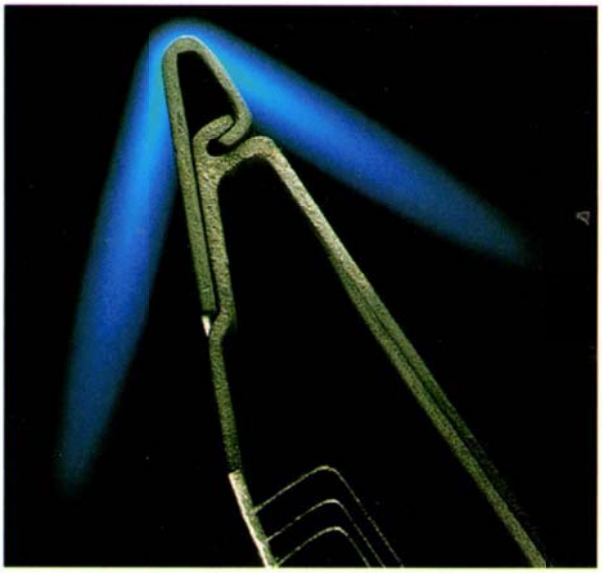
مُصْطلَحُ «الخَزَفيَّات» كان يَقْتصِرُ سابِقًا على الطِّين والفخاريَّات فقَطْ؛ لكِنَّه اليومَ يشمَلُ كَثْرَةً من الموادِّ التُّرابيَّةِ التي يُمكِنُ تَصْليدُها بالشَّيّ.

الخَزَفيَّاتُ عادةً صامِدَةٌ للماءِ ولِمُعظمِ الكيماويَّات. وتَنْزِعُ غالبًا لأن تكونَ عوازِلَ كهربائيَّةً جيِّدة. والكثيرُ من الخَزَفيَّاتِ ذو دَرَجاتِ انصِهارٍ عاليةٍ جِدًّا، ولا يَعطَبُ أو يَتأذَّى بدرَجاتِ الحرارة العالية. وأمثالُ هذه الخَزَفيَّات، المُسمَّاة «حَراريَّات»، تُسْتَخْدمُ في تَبْطين الأَتاتين والأَفران.

الفَخَّاريَّاتُ الخَزَفيَّةُ استُخدمَتْ منذُ القِدَم في إبداعِ أوعِيَةٍ جميلةٍ، كهذه الزَّهريَّةِ القديمة.

استِخْداماتٌ جَديدةٌ للخَزَفيَّات

لِلَّدائنِ أفضليَّةٌ على الخَزَفيَّاتِ في كثيرٍ من لِاستِخْدامات التقليديَّة. فالأنابيبُ اللَّدائنيَّةُ، مثلًا، أخَفُّ وأسهَلُ تَشْكيلًا من الأنابيبِ الفَخَّاريَّة. لكِنَّ العُلماءَ طوَّروا أنماطًا جديدةً من الخَزَفيَّاتِ ذاتَ خصائصَ مُختلِفةٍ تَجْعلُها ملائمةً لِاستِعْمالاتٍ جَديدةٍ شَتَّى.



◄ الحافَّةُ الأماميَّةُ لِجنَاحِ هذه الطائرة مُصَنَّعةٌ من مادَّةٍ خَزَفيَّةٍ مَمْزوجةٍ بأَليافٍ كَرْبونيَّة. هذه المادَّةُ قادِرَةٌ على مُقاوَمةِ دَرجاتِ حرارةٍ قد تبلُغُ حوالى 1100°س.

تُمْزَجُ الخَزَفيَّاتُ بِفلِزَّاتٍ سَحيقةٍ وتُضْغَطُ ثُمَّ تُشْوَى لِتُنْتِجَ سبائكَ صامِدَةً للحرارة تُسَمَّى خَزَفيَّاتٍ فلِزِّيَّةً. هذه الخَزَفيَّاتُ تُستَخْدمُ في الفضاءِ الجَوِّيِّ لِصُنْع مخاريطِ المُقدِّمة في الطائراتِ الصاروخيَّة والقَرمَدِ الآجُريِّ الصامدةِ للحرارة في المَكاكيكِ الفَضائيَّة لِوكالةِ الفَضاء والطيران الأمريكيَّة (ناسا).

كذلك تُطوَّرُ حاليًّا أغلِفَةٌ خَزَفيَّةٌ لِمُحَرِّكاتِ السيَّارات أَمْتَنُ وأشدُّ صُموديَّةً للحرارةِ، وأخَفُّ وَزْنًا بكثيرٍ، من أغلفةِ حديدِ الصَّبِّ المُعْتادة.

ورُغْمَ أنَّ مُعظمَ الخَزَفيَّات عوازِلُ جَيِّدةٌ، فإنَّ بعضَها، الحاوي أُكسيدَ النُّحاس، مُوَصِّلاتٌ فائقةٌ على درجاتِ الحرارةِ الخفيضةِ جِدًّا (أُنظُر ص 360). ويعمَلُ العُلماءُ حاليًّا على تَطْويرِ مُوَصِّلاتٍ فائقةٍ تَعْمَلُ على دَرَجاتِ حرارةٍ أعلى.

▼ الخَزَفُ الصِّينيُّ العَظْميُّ نوعٌ من الصِّينيِّ الفائقِ المَصْنوع من سَحيقِ الكاوْلين والطُّفالِ المَعْدنيِّ وعِظام الثيران المُحَمَّصة. تُمْزَجُ هذه المَساحيقُ بالماء لِتُصْبِحَ طينًا يُمكِنُ صَبُّه وتشكيلُه في قوالبَ، ثُمَّ يُشْوَى الشيءُ المُقولَبُ في أتُونٍ لِتَصْليده. وبعد ذلك يُزَجَّجُ بِطِلاءٍ زُجاجيٍّ لمَّاعٍ ويُشْوَى ثانيةً لِتَصْليدِ الطِّلْيةِ الزُّجاجيَّة.

أُنْظُر أيضًا

خَصائصُ الجوامد ص 194 – 195
الموادُّ الجديدة ص 217
المُوَصِّلات ص 360 – 361
العَوازِل ص 362

النِّفْطُ والتَّكْرير

النِّفْطُ (أو البترول) سائلٌ طَبيعيُّ التواجُد يُمكِنُ تكريرُه للحُصولِ على وُقُدٍ ومُزَلَّقاتٍ بالإضافةِ إلى موادَّ أوَّليَّةٍ للصِّناعةِ الكيماويَّة.

أبراجُ استِخْراجِ النِّفْطِ مُصَمَّمَةٌ لتُوفِّرَ مِنَصَّاتٍ مُسْتَقِرَّةً لِلُقَمِ الحَفَّاراتِ الجبَّارةِ للنَّقْبِ عميقًا في باطِنِ الأرضِ والتوصُّلِ إلى مَكْمَنٍ نَفْطيّ. الحياةُ على مِنَصَّاتِ استِخْراجِ النِّفْطِ قاسيَةٌ مُلَوَّثة، وأحيانًا خَطِرةٌ؛ لكِنَّها، عادةً، مُجزِيةٌ بالأجْرِ المُرتفِع.

اِكْتِشافُ النِّفْطِ وإنتاجُه

يُسَمَّى البَحْثُ عن النِّفْطِ تَنْقيبًا؛ ويُسَمَّى استِخْراجُه من مَكامِنِه الطبيعيَّة إنتاجًا.

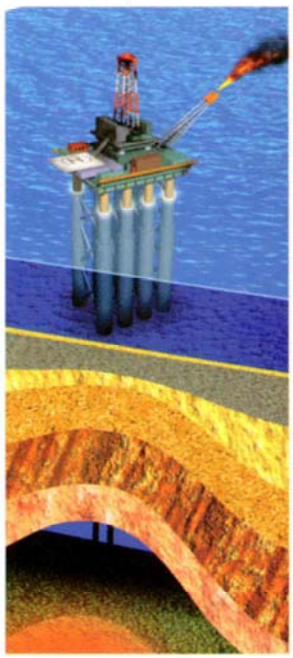
يَنْزِعُ النِّفْطُ عند تكوُّنِهِ في باطِنِ الأرضِ إلى السُّروبِ صُعُدًا عَبْرَ الصُّخورِ المَساميَّةِ نحو السَّطْح. فإذا صادفَ سَقْفًا من الصَّخْرِ الأصَمِّ اللَّامَساميِّ، فإنَّه يُحْتَبَسُ ويُكَوِّنُ مَكْمَنًا نَفطيًّا أشبهَ بمُسْتَودعٍ ضَخْم.

النِّفْطُ هو البَقايا المُنْحلَّةُ لِمُتعَضِّياتٍ دقيقةٍ عاشَتْ في البِحارِ منذُ عِدَّةِ ملايينَ من السِّنين؛ وبعدَ مرتِها تغَطَّتْ بطَبَقاتٍ مُتَعاقبَةٍ من الرُّسابات. وبِمُرورِ الزَّمَن، مع الحرارةِ وثِقْلِ هذه الطبقات الضاغط وفِعْلِ البكتيريات تحوَّلَتْ هذه البَقايا العُضْويَّةُ إلى نِفْطٍ خام. يَخْتلِفُ مَظْهَرُ النِّفْطِ الخام بين سائلٍ أصفَرَ شاحبٍ وقارٍ أسْودَ لزِجٍ. والمَعْروفُ أنَّ أكثرَ من نِصْفِ احْتِياطيِّ النِّفْطِ في العالَمِ مَوجودٌ في الشَّرقِ الأوسط.

أمثالُ هذه المِضَخَّةِ المطاطئةِ الرأس تُشاهَدُ في شتَّى الحقولِ النِّفْطيَّةِ تَسْحَبُ النِّفْطَ إلى السَّطْحِ بِنَوَدانِها صُعُودًا وهُبوطًا.

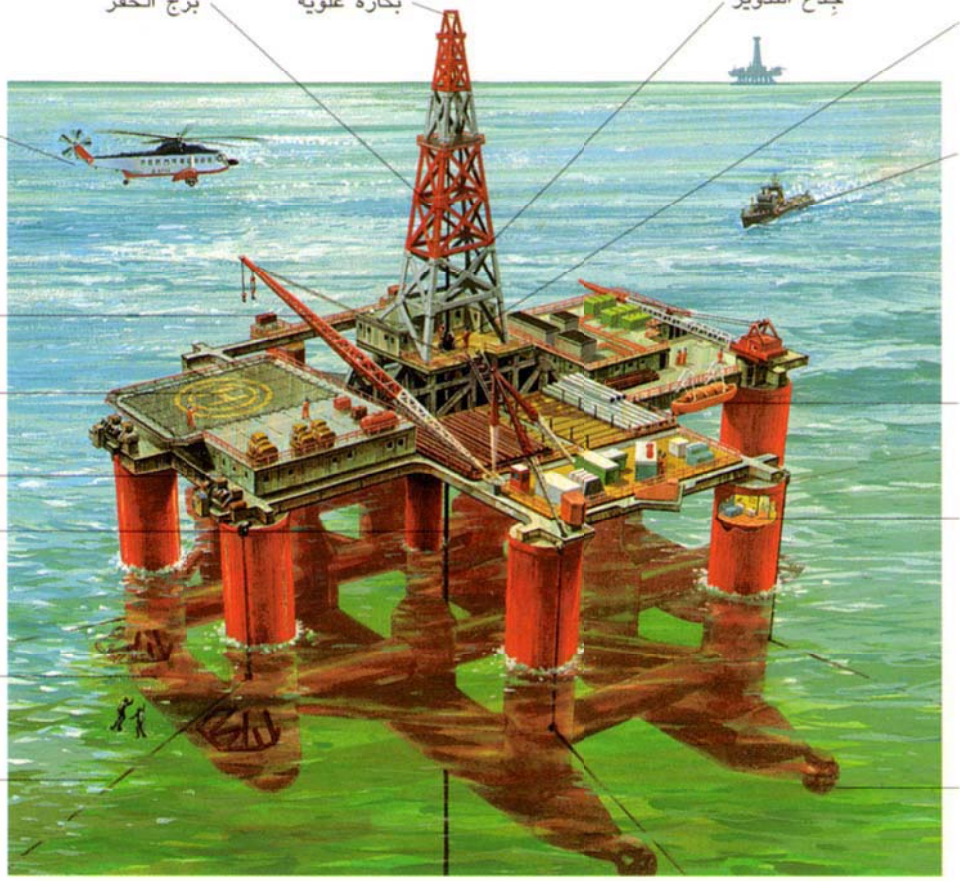
النِّفْطُ (البترول) مَزيجٌ مُعَقَّدٌ من المُرَكَّباتِ الكيماويَّةِ المُؤَلَّفةِ بِصُورةٍ رئيسيَّةٍ من الهِدْروجين والكَرْبون. هذا المَزيجُ يُفْصَلُ ويُعالَجُ في مَعاملِ تكرير النِّفْطِ لإنتاجِ مَدًى ضَخْمٍ من مُشتقَّاتِه المُسَمَّاةِ بِتْروكيماويَّات.

مُشتَقَّاتُ النِّفْطِ الأساسيَّةُ هي الوُقُدُ، كوَقُود الدِّيزِل والكيروسين والبِنْزين. وتَشْمَلُ المُشتَقَّاتُ الأُخرى الأَصباغَ، والمُزَلِّقاتِ، والعقاقيرَ الطِّبِّيَّةَ، ونُسُجَ النَّيْلون والپوليسْتَر، واللَّدائنَ والپوليمَرات (المكثورات)، والمُذيباتِ، والمَطَّاطَ الاِصْطِناعيَّ والشُّموع.



يَتجَمَّعُ النِّفْطُ والغازُ الطبيعيُّ في قُبَبٍ أو حُيُودٍ من الصَّخْرِ المَساميِّ الواقِعِ تحتَ صخرٍ مُصْمَتٍ. وعندَ ثَقْبِ الصَّخْرِ فوقَ المَكْمَنِ بِمِثْقابِ حَفْرٍ، فإنَّ الضغطَ الطبيعيَّ في المَكْمَنِ يدفَعُ الغازَ والنِّفْطَ نافوريًّا إلى السَّطْح.

يُوجَدُ الكثيرُ من المكامن النفطيَّةِ في عُرْضِ البَحْر. أحدُ أنماطِ مِنَصَّاتِ استِخْراجِ النِّفْطِ يَطْفو على أرماثٍ (أطوافٍ) ضخمة، ويُثَبَّتُ في موقِعِه بِمُحَرِّكاتٍ حاسُوبيَّةِ التحَكُّم. وتُغَطَّسُ من المِنَصَّاتِ مَثاقِبُ حَفْرٍ ضَخْمةٌ إلى قاعِ البَحْرِ بَحْثًا عن قُراراتِ النِّفْط.



▲ خطُّ الأنابيب عَبْرَ الاسْكا يَنْقُلُ النِّفْطَ الخامَ عَبْرَ 1284 كم نِصْفُها أراضٍ مُتجَمِّدة – قاطِعًا ثلاثَ سلاسِلَ جبليَّةٍ واكثرَ من 300 نَهْرٍ وجَدْول. ويَبْلُغُ قُطْرُ خَطِّ الأنابيب هذا 1,2 متر، وبإمكانِه نَقْلُ مليونَي بِرميلٍ من النِّفْطِ الخام يوميًّا.

◄ كثيرًا ما يُنْقَلُ النِّفْطُ بِسُفُنٍ صِهْريجيَّةٍ أو ناقِلاتٍ ضَخْمة. والناقِلاتُ الأضخمُ، كناقلةِ النِّفْط آرْكو الاسْكا، تُسَمّى ناقِلاتٍ عملاقةً، وقد يَبْلُغُ طولُها مئاتِ الأمْتار.

الجيُولوجيُّون يَعْرِفون أنماطَ الصُّخور التي يُحْتَمَلُ أنْ يَتَجَمَّعَ فيها النِّفْط. وقد طَوَّروا تِقانيَّاتٍ بِسَاحِيَّةً تُساعِدُهم في تَحديدِ الأماكِنِ التي يُرَجَّحُ تواجدُ القُرارات النفطيَّة فيها.

أحَدُ هذه الأَساليب في المَسْحِ السِّيزْموغرافيّ يَنْطوي على إحداثِ انْفِجاراتٍ تُرسِلُ ذَبْذباتٍ جَوْفيَّةً (تحت أرضيَّة)؛ ثُمَّ تسْتَبان أَصْداءُ هذه التَّفْجيراتِ وتُحَلَّلُ لِتَكْوينِ صورةٍ لِلْبِنْيةِ الصَّخْريَّةِ الجَوْفيَّة. فإذا كان احتِمالُ تواجُد النِّفْط في تلك البِنْيَة مُرَجَّحًا، يُحْفَرُ عددٌ من الآبارِ الإخْتِباريَّة. فإنْ تأيَّدَ تواجُدُ النِّفْط، تُتَمَّمُ الإستِعداداتُ لتهيئةِ الموقِعِ وحَفْرِ آبارِ الإنتاج في الحَقْل.

يُقاس إنتاجُ النِّفْط بوَحْدَةِ البِرميل – عِلْمًا أنَّ بِرميلَ النِّفْط يُعادِلُ 159 لِتْرًا. يبلُغُ الإنتاجُ العالميُّ الحاليُّ من النِّفْط الخام حوالَى 25 000 مليون بِرميل سَنويًّا. ويُقَدِّرُ الخُبَراءُ أنَّ هناك ما بين 1,5 إلى مِلْيونَي بِرميل من النِّفْط المُتَبَقّي في مَكامنَ جَوفيَّةٍ يُمكِنُ استِخْراجُها في المُسْتَقْبَل.

تَكْريرُ النِّفْط

يُنْقَلُ النِّفْطُ الخامُ إلى مَعامِلِ التَّكْرير بواسِطةِ خُطوطِ الأنابيب أو السُّفُنِ الصِّهْريجيَّةِ الضَّخْمة. وهناكَ تُسْتَخْدمُ عمليَّةُ التَّقْطير النَّجْزيئيّ لِفَصْلِه إلى مَزيجاتٍ من المُنْتَجاتِ ذاتِ دَرَجاتِ الغَلَيانِ المُتَقارِبَة. ثُمَّ تُعالَجُ هذه المَزيجاتُ مُعالَجةً إضافيَّةً لإنتاجِ مدًى مُتباينِ النوعيَّة من الوُقُودِ وعَدَدٍ وافِرٍ من الموادِّ الأوَّليَّةِ للصِّناعاتِ الكيماويَّة.

▲ يُشْتَقُّ من النِّفْطِ عَددٌ هائلٌ من المُنْتَجاتِ – تَشْمَلُ المَكْثُوراتِ (البوليمَرات)، ومُذيباتِ الدِّهاناتِ، وزُيوتَ التَّزْليق، والشُّمُوعَ، والوُقُود.

► يُعالَجُ النِّفْطُ الخامُ في مَعامِلِ تكريرٍ ضَخْمةٍ كهذا المَعْمل – حيثُ يَبْلُغ ارتفاعُ أعمِدةِ التَّجْزئة قُرابةَ 75 مترًا تُفْصَلُ فيها مُقَوِّماتُ النِّفْط وتُجْمَع.

اُنْظُر أيضًا

الكيمياءُ العُضْويَّة ص 174 – 175
البِتْروكيماويّات ص 190 – 191
البوليمَرات (المَكْثُورات) ص 215
اللِّدائن ص 216
الموارِد الطبيعيَّة ص 456

الغازُ الطَّبيعيُّ

الغازُ الطبيعيُّ مَوردُ طاقةٍ مُهِمٌّ. فهو، إضافةً إلى استِخْدامه لتَوفيرِ الحرارة والطاقة، مادَّةٌ أوَّليَّةٌ مُهِمَّةٌ للصِّناعةِ الكيماويَّة.

يُحْرَقُ فائضُ الغاز الطبيعيّ أحيانًا في شُعَل (ج. شُعْلة)، كهذه الشُّعْلةِ على مِنَصَّةٍ لإنتاجِ الغاز في بَحْر الشَّمال.

الغازُ الطبيعيُّ، كالنِّفْطِ الخام، تكوَّنَ من بَقايا المُتعَضِّيات البَحْريَّة على مَدى مَلايين السِّنين. وهو أيضًا يَتجَمَّعُ في أنماطٍ من البِنَى الصَّخْريَّة حيثُ يتواجَدُ النِّفْطُ الخام. لذا تتواجَدُ التجمُّعاتُ الغازيَّةُ غالبًا مُرافقةً للتَّجَمُّعات النِّفْطيَّة.

المُقَوِّمُ الرئيسيُّ للغازِ الطبيعيِّ هو الميثان – أبسَطُ وأخَفُّ الهِدْروكربونات (مُرَكَّبات الكربون والهِدْروجين). وتوجَدُ، مَمْزوجةً مع الميثان، كمِّيَّاتٌ أقلُّ من الهِدْروكربونات الأُخرى كالإيثان والپروپان والبيُوتان.

يُونِرُ الغازُ الطبيعيُّ تقريبًا خُمْسَ مَواردِ الطاقة في العالَم. كما إنَّ مُقَوِّماتِه هي أيضًا مَوادُّ أوّليَّةٌ مُهِمَّةٌ للعمليَّاتِ الكيماويَّة.

مُعْظَمُ الغازِ الطبيعيِّ في العالَم مَصْدرُه آبارٌ في كَنَدا، وسَيْبيريا، والولايات المُتّحدة الأمريكيَّة؛ واحتياطيُّ الغازِ في إيران والإمارات العربيَّة المُتّحدة والمملكة العربيَّة السعوديَّة يأتي في الطليعة بعدَ سَيْبيريا.

إنتاجُ الغازِ ومُعالَجتُه

يُسْتَخْرَجُ الغازُ الطبيعيُّ من آبارٍ شَبيهةٍ بآبارِ النِّفْط. يوجَدُ الكثيرُ من تجمُّعاتِ الغاز على مَبْعَدةٍ من الشاطِئ ويَتِمُّ نَقْلُ الغازِ بالأَنابيب من مِنَصَّاتِ الإنتاج المُشاطِئَة إلى نُقْطةٍ تجميعٍ على الشاطئ ومنها إلى مَعْملِ تَكْريرٍ حيثُ يُنَقَّى.

في مَرْحلةِ التَّنْقيةِ الأُولى، يُزالُ الماءُ وأيُّ سوائلَ أُخرى من الغازِ بفِعْلِ الجاذبيَّة. ثُمَّ يُمَرَّرُ الغازُ الجافُّ عَبْرَ مُبَرِّدٍ حيثُ يَتسَيَّلُ الپروپان والبيُوتان ويُجْمَعان. ويُسَوَّقُ غازا البترول المُسَيَّلان كموادَّ أوّليَّةٍ لِتَصْنيع الكيماويَّات أو يُعَبَّآ في قواريرَ كوَقُودٍ للسَّخَّاناتِ ومَواقِد الطَّبْخ في المنازل.

ما يتبَقَّى من الغازِ الطبيعيِّ يُمكِنُ ضَخُّه عَبْرَ شَبكةِ إمدادٍ أو يُمكِنُ تَسْييلُه بالتبريد والضغط وتَسويقُه كغازٍ طبيعيٍّ مُسَيَّل. الغازُ الطبيعيُّ المُسَيَّلُ يَشْغَلُ حَيِّزًا أقلَّ بكثير من حَجْمِه غازًا؛ وهذا يُيَسِّرُ شَحْنَهُ في الناقِلاتِ الصِّهريجيَّة.

هذا المَنْظرُ، على امتِداد ظَهْرِ ناقلةِ غازٍ طبيعيٍّ مُسَيَّلٍ، يُبَيِّنُ رؤوسَ خَزّاناتِها الفولاذيَّة الضَّخْمة المَعْزولة. هذه الخَزّاناتُ تَحْوي غازًا مُسَيَّلًا على دَرجةِ – 162°س.

مناطيدُ الهواء السَّاخن تَحْرِقُ البروپان أو البيُوتان من أُسْطُواناتٍ لِتَسْخينِ الهواءِ داخِلَ المُنْطاد ورَفْعِه في الجَوّ.

يَخْتَلِفُ تركيبُ الغاز الطبيعيّ حسَبَ مَوقِع استِخْراجه، فغازُ بَحْر الشَّمال يَحْوي 92% ميثان و3,5% إيثان و2,5% نِتْروجين و 1% پروپان.

الغازُ المُعَبَّأُ في قواريرَ مَصْدَرُ وَقُودٍ نَقُولٍ مُيَسَّرٍ لكثيرٍ من الأَجهزة كالدَّفَّايات والمَواقد وشوَّايات اللَّحْم العامِلَة بالغاز.

اُنْظُر أيضًا

الكَرْبون ص 170
البِتْروكيماويّات ص 190 – 191
مَحَطّاتُ تَوليدِ القُدْرة ص 348

الفَحْمُ الحَجَريّ

الفَحْمُ الحَجَريُّ شَكْلٌ غيرُ نَقِيّ من الكربون تكَوَّنَ من بَقايا نَباتاتٍ ما قَبْل التاريخ. هذا الفَحْمُ يَحْتَرِقُ بِسُهولةٍ فائقةٍ، مُطلِقًا كمِّيّاتٍ كبيرةً من الحرارة.

الفَحْمُ الحَجَريُّ، كالنِّفْطِ والغازِ الطبيعيّ، وَقُودٌ أُحفُوريّ. وَبينما تكَوَّنَ النِّفْطُ والغازُ من بَقايا مُتَعضِّياتٍ حَيَّةٍ، فإنَّ الفَحْمَ الحَجَريَّ تكَوَّنَ من بَقايا نَباتاتٍ، من حِراجٍ ما قَبْلِ التاريخ، تفسَّخت وانحلَّتْ وتَفحَّمَتْ بالحرارة وضَغْطِ الطبَقاتِ الصخريّة فوقها.

هنالكَ ثلاثةُ أنواعٍ رئيسيَّةٍ من الفَحْم الحجريّ هي الأنثراسَيْت والفَحْم القاريّ واللِّجْنَيْت – كُلُّ نوعٍ منها يَحوي كمِّيَّةً مُختلِفةً من الكربون. فالأنثراسيتُ، أنقَى أشكال الفَحْم الحَجَري، يحوي حوالى 95% كربونًا. ويَحوي الفحمُ القاريُّ حوالى 70% كربونًا، بينما يَحوي اللجْنَيْتُ (أو الفَحْم البُنِّيّ) أقلّ من 50%. ويَتواجدُ مُعْظَمُ الفَحْم في نُطَقٍ أو طبَقاتٍ في باطِنِ الأرض.

تَسْتَخْرِجُ صناعةُ تَعْدين الفَحْم الحَجَريّ ما يفوقُ 4 إلى 5 ملايين طُنٍّ من الفَحْم سَنويًّا. وأكثرُ من نِصْفِ هذه الكمِّيّات تُعَدَّنُ في الصِّين والولايات المتّحدة الأمريكيّة. أمّا كمِّيَّةُ الفَحْم التي تُتَوَقَّعُ إمكانيَّةُ تَعْدينِها مُسْتَقبلًا من الاحتِياطيّاتِ المَعْروفةِ فتُساوي حوالى 1200 بليون طُنّ.

الأنْثراسَيْت، أصْلَدُ أشكالِ الفَحْم الحَجَريّ. وهو عِند احتِراقِه يُطلِقُ حرارةً أكثرَ من أيِّ نَوعٍ آخرَ من الفَحْم – كَوْنَهُ يَحوي حوالى 95% من الكربون النَّقِيّ. الغرافيتُ شَكْلٌ آخَرُ من الكربون يُستَخْدمُ في تَشْحيم الآلات الدَّقيقةِ وصُنْعِ مادَّةِ أقلام الرَّصاص.

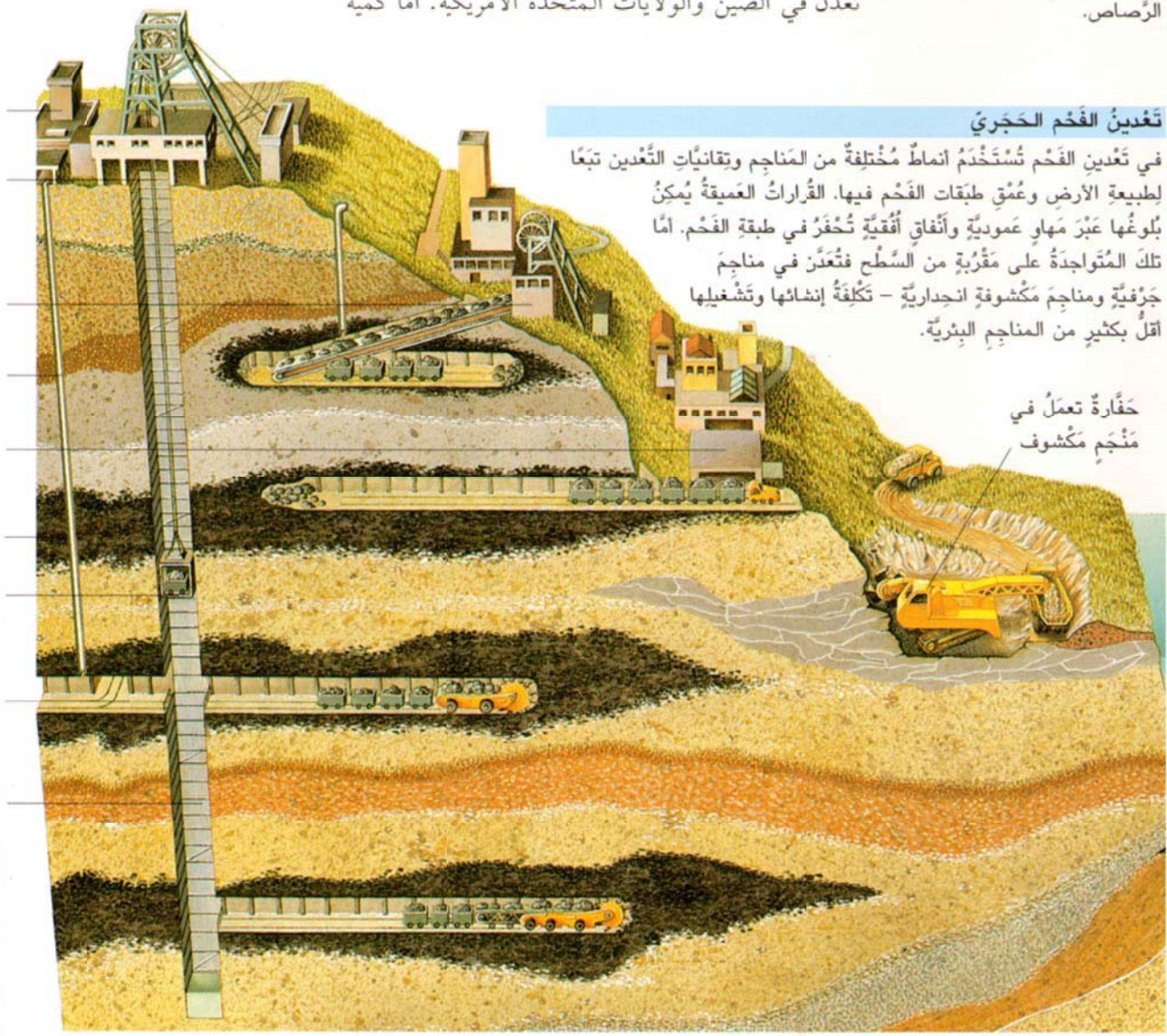
استِخْداماتُ الفَحْم الحَجَريّ

كانَ الفَحْمُ الحَجَريُّ الوَقُودَ الأساسيَّ للثَّورةِ الصِّناعيَّةِ في نِهايةِ القَرْن الثامِنَ عَشَر. فقَدْ زَوَّدَ المُحَرِّكاتِ البُخاريَّةَ بالقُدْرة واستُخْدِمَ في تَصْنيعِ الحديد والفُولاذ. حاليًّا، يُحْرَقُ مُعْظَمُ الفَحْم، في مَحطّاتِ القُدْرةِ لِتَوليدِ الكَهْرباء. ومَحطّاتُ القُدْرةِ العامِلَةُ بالفَحْم تَسْتَخدِمُ مُرَشِّحاتٍ ونبائطَ مُختلِفةً لاحتِباسِ السِّناجِ والمُلَوِّثاتِ الأُخرى الناتجةِ من احتِراقِ الفَحْم.

عندما يُحْمَى الفَحْمُ في إنْبيقٍ أو حَيِّزٍ في مَعْزِلٍ عن الهواء، يُطلِقُ غازًا وزَيْتًا وقارًا. الغازُ يُمكِنُ حَرْقُه كوَقُود؛ والزَّيْتُ والقارُ يَحويان كيماويَّاتٍ يُمكِنُ استِخْدامُها في تَصْنيعِ مُنْتَجاتٍ كالأَصْباغِ والعُطورِ والأَلْيافِ الاصطِناعيَّة. والمُتَخَلِّفُ الجامِدُ في الإنْبيق أو الحَيِّز هو فَحْمُ الكُوك الذي يُستَخْدمُ كوَقُودٍ لادُخانيٍّ وفي صُنْعِ الحديد.

تَعْدينُ الفَحْم الحَجَريّ

في تَعْدينِ الفَحْم تُستَخْدَمُ أنماطٌ مُخْتلِفةٌ من المَناجِم وتِقانيَّاتِ التَّعْدين تبَعًا لِطبيعةِ الأرض وعُمْقِ طبَقات الفَحْم فيها. القُراراتُ العَميقةُ يُمكِنُ بُلوغُها عَبْرَ مَهاوٍ عَموديَّةٍ وأنْفاقٍ أُفُقيَّةٍ تُحْفَرُ في طبقةِ الفَحْم. أمّا تلكَ المُتَواجدةُ على مَقْرُبةٍ من السَّطْح فتُعَدَّن في مناجِمَ جَرْفيَّةٍ ومناجِمَ مَكْشوفةٍ انحداريَّةٍ – تَكْلِفَةُ إنشائها وتَشْغيلِها أقلُّ بكثيرٍ من المناجِمِ البئريَّة.



أُنْظُر أيضًا

الكَرْبون ص 170
النِّفْطُ والتكرير ص 210 – 211
الغازُ الطبيعيّ ص 212
الخُشُبُ والأَصْباغ ص 219
الطاقةُ المُتَجَدِّدة ص 458 – 459

المَطَّاط

يُصنَّعُ المَطَّاطُ الطبيعيُّ من نُسْغِ شَجَر المَطَّاط. أمَّا المَطَّاطُ الاِصْطِناعيُّ فيُحضَّر بالصِّناعةِ الكيماويَّة من النِّفْط. وكلا النوعين مادَّةٌ مُتعَدِّدةُ الاستِعْمال على نِطاقٍ واسعٍ في مُختلِفِ المَجالات.

المَطَّاطُ الطبيعيُّ والاِصْطِناعيُّ كلاهما يُستَخْدمان في صُنْعِ مُنْتَجاتٍ مُنَوَّعة. المَطَّاطُ مادَّةٌ مَرُونةٌ سَهْلةُ القَبْضَةِ وصامِدَةٌ للماء.

منذُ مئاتِ السِّنين يَجري إنتاجُ المَطَّاطِ الطبيعيّ بِبَزْلِ النُّسْغِ (العُصارةِ اللَّبَنيَّة) دَوريًّا من شَجَر المَطَّاطِ ونَرْكِه يَجِفُّ ويَتَصلَّد.

خِلالَ القَرْن العِشْرين، أتاحَ التقَدُّمُ في الكيميائيَّات تَصْنيعَ نوعٍ اصْطِناعيٍّ من المَطَّاطِ باستِخْدامِ كيماويَّاتٍ مُشْتَقَةٍ من النِّفْط. ويُشَكِّلُ المَطَّاطُ الاِصطِناعيُّ اليومَ حوالى الثُّلُثَين من الـ 18 مليون طُنٍّ من المَطَّاطِ المُنْتَجِ سَنَويًّا.

يُمكِنُ مُعالَجةُ المَطَّاطِ بطُرقٍ مُختلِفةٍ لإكْسابِهِ مَتانةً مَرُونةً تجعَلُه صالِحًا لِصُنْعِ مدًى واسعًا من المُنْتَجاتِ تشمَلُ الملابِسَ وخراطيمَ المياه وإطاراتِ المَرْكَبات.

خَصائصُ المَطَّاطِ كمُخمِّدٍ للصَّدَمات تجعلُه مُلائمًا أيضًا لآلِيَّاتِ تَعْليقِ السيَّارات وكقواعدَ لِتَخْفيضِ الاِهْتِزازاتِ التي تُسَبِّبُها المكِناتُ الصِّناعيَّة.

وحيثُ إنَّ المَطَّاطَ صامِدٌ للماء، فإنَّه يُسْتَخْدمُ في صُنْعِ أطقُمِ الغَوْص ومَعاطفِ المَطَرِ والأنابيبِ الطِّبِّيَّة. وهو، كعازِلٍ جيِّدٍ للكهرباء، يُستَخْدمُ غالِبًا في تَغْليفِ كبُولِ نَقْلِ القُدْرةِ الكهربائيَّة.

كذلك يُمكِنُ تَضْريبُ المَطَّاطِ وخَفْقُه إلى رُغاوةٍ تَحوي ملايينَ فَقاقيعِ الهواء. هذه الرُّغاوةُ يُمكِنُ صَوغُها في قَوالِبَ واستِخْدامُها لِتَصْنيعِ مُنَوَّعاتٍ من المُنْتَجاتِ الخَفيفةِ الوَزْن كالإسفَنْج والوَسائد.

يُقَدَّرُ أنَّ الطاقةَ الناتِجَةَ عن حَرْقِ إطارٍ واحدٍ من المَطَّاط تكفي لتامينِ الاِحتياجاتِ الطاقيَّةِ اليوميَّةِ لِمَنْزِلٍ نَمُوذجيّ. وَحْدَةُ توليد القُدْرةِ هذه، في كاليفورنيا، تُنْتِجُ الطاقةَ بِحَرْقِ أكثرَ من 4 ملايين إطارٍ مُسْتَهْلَكٍ سَنَويًّا.

مَطَّاطٌ مُفَلْكَن

لُيونةُ المَطَّاطِ الخامِ تَحُدُّ من استِخْداماتِه كما هو. لكِنْ يُمكِنُ تَصْليدُه بالإحماءِ مع الكِبْريت في عمليَّةٍ تُسَمَّى الفَلْكَنَة.

جُزَيْئاتُ المَطَّاطِ ذاتُ شَكْلٍ مُتَعَرِّجٍ طويل؛ وهي تَسْتَقيمُ عندما يُمْطَلُ المَطَّاطُ، لكِنَّها أيضًا تَنْقطِعُ بسُهولة. الفَلْكَنَةُ تجعَلُ المَطَّاطَ يُشَكِّلُ روابطَ جانبيَّةً بينَ الجُزَيْئات. وهذا يُكسِبُه متانةً وقُوَّةً؛ وهو يَظَلُّ يَمْتَطُّ بالشَّدِّ، لكِنَّه يَرْتَدُّ بِسُرعةٍ إلى شَكْلِه الأَصْليِّ عندَ إعتاقِه.

▲ كُراتُ الغولْفِ الثُّلاثيَّةُ القِطَع تُصْنَعُ من لُبِّ قَلْبيٍّ جامِدٍ أو من كُرَةٍ من المَطَّاط اللَّبَنيِّ مُعبَّأةٍ بالماء. ويُلَفُّ حولَ اللُّبِّ شَريطٌ مَطَّاطيٌّ رفيعٌ طولُه عِدَّة كيلومترات. وتُحاطُ كُرَةُ الغولْفِ بغِلافٍ لدائنيٍّ مَتينٍ مُخَوَّش.

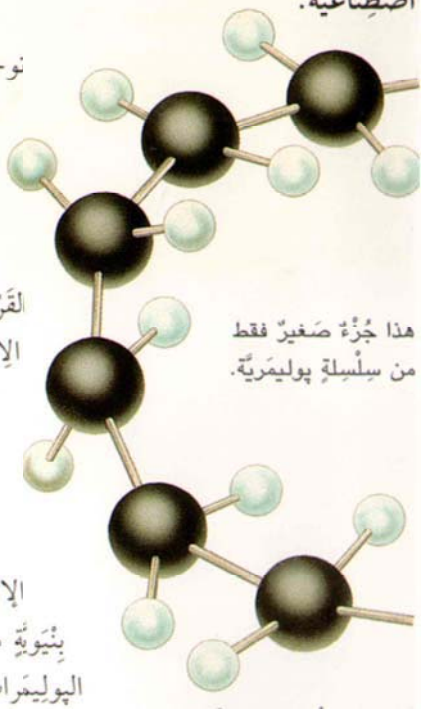
◄ يُصْنَعُ المَطَّاطُ الطبيعيُّ من نُسْغِ أشجارِ المَطَّاط، التي تَنْمو في المَناطِقِ المَداريَّة. يُبْزَلُ النُّسْغُ اللَّبَنيُّ، المُسَمَّى اللَّبَنَ، من جِذْعِ الشَّجَرة ويُخَثَّر، ثُمَّ يُدَلْفَنُ ويُجَفَّف. ويُمكِنُ صَبْغُ المَطَّاطِ الخامِ وتَشْكيلُه أو قَولَبَتُه لِتكوين المُنْتَجاتِ المُخْتلِفة.

أنْظُر أيضًا

الكيمياءُ العُضْويَّة ص 174 – 175
الكِبْريت ص 181
البِتْروكيماويَّات ص 190 – 191
البوليمَرات (المَكْثورات) ص 215
اللَّدائن ص 216

البوليمَرات (المَكْثُورات)

البوليمَراتُ (المَكْثُوراتُ) جُزَيئاتٌ ضَخمةٌ جِدًّا يَتألَّفُ واحدُها من آلافِ الجُزَيئات الأَصغر (المُونومِرات) مُتَرابطةً معًا كيماويًّا. وقد تكونُ البوليمَراتُ طبيعيَّةً أو اصْطِناعيَّة.



هذا جُزْءٌ صَغيرٌ فقط من سِلْسِلةٍ بوليمَريَّة.

نوجدُ البوليمَراتُ كثيرًا في الطبيعة. فالنَّشا والحامضُ النوويُّ د ن أ والخشَبُ والبروتيناتُ كُلُّها بُوليمرات - كما إنَّ بعضَ الأَلْيافِ الطبيعيَّة، كالصُّوفِ والحَرير هي بوليمرات.

البوليمراتُ الاِصطِناعيَّةُ عُرِفَت مُنْذُ أواخرِ القَرْنِ التاسِعَ عَشَر؛ وهي قِوامُ جميعِ اللَّدائن والأَلْيافِ الاِصطِناعيَّة.

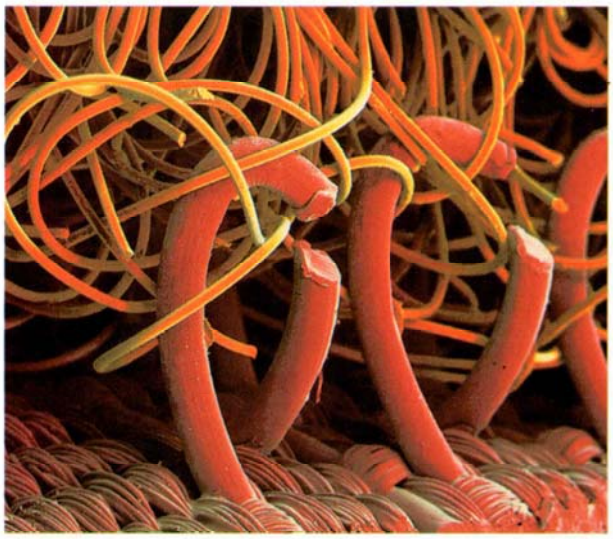
تَتألَّفُ البوليمراتُ من جُزَيئاتٍ سِلْسِلِيَّةٍ طويلةٍ تُصنَعُ بِضَمِّ جُزَيئاتٍ أصغرَ، تُسَمَّى مونومِراتٍ (مَوْحُوداتٍ)، معًا. فالبوليثيلين، مثلًا، يُصنَعُ بِضَمِّ آلافٍ عَديدةٍ من جُزَيئاتِ مَوْحُودِ الإثيلين. وتأخُذُ البوليمراتُ عادةً أحدَ ثلاثةِ أَنماطٍ بِنْيَويَّةٍ هي الخَطِّيَّةُ أو المُتفرِّعةُ أو المُتَصالِبَةُ التَّرابُط.

البوليمَراتُ الخطِّيَّةُ تتألَّفُ من سلاسِلَ بَسيطةٍ طويلةٍ من المُونومِرات (المَوْحُودات). فالنَّيْلون وكلوريد الفاينل المُتعَدِّد هما بُوليمران خطِّيَّان. بَعْضُ البوليمراتِ الخطِّيَّةِ تَحوي سَلاسِلَ مُلَوَّاةً تَسْتَقيمُ عندما تُمَطُّ، لكِنَّها تَرْتَدُّ فَورًا إلى وَضْعِها السابِقِ عند زوالِ القُوَّة. وهذا يُكسِبُ بعضَ البوليمراتِ مَرُونيَّةً وقابليَّةً للتَّمَدُّد.

البوليمَراتُ المُتفرِّعةُ تَحوي سلاسِلَ أقصَرَ مُتَّصِلَةً على طُولِ سَلاسِلِها الأساسِيَّة - أشبَهُ بأسنانِ المِشْط.

البوليمراتُ المُتَصالِبَةُ التَّرابُطِ تَحوي عُرًى وَصْلٍ حَلْقِيَّةً بين سَلاسِلِها تَجْعَلُ المَكْثُورَ أَصْلَدَ وأقلَّ مَرُونيَّةً.

تُحْمَى مَوادُّ تَصْنيعِ النَّيْلون الأَوَّليَّةُ لِتُكَوِّنَ مَسَالًا من البوليمَر السائلِ يَتحَوَّلُ إلى خَيطٍ من النَّيْلون عِندما يَبْرُدُ في مَغْطِسٍ مائيّ. يُجفَّفُ الخَيْطُ ويُقَطَّعُ ويُصْهَرُ ثُمَّ يُرَشُّ عَبْرَ مِغْزالٍ دقيقِ الفُتْحات (أشبَه بِرأسِ الدُّوش). فيَتحَوَّلُ الرَّشاشُ بالهواءِ الباردِ إلى أَلْيافٍ أو خُيوطٍ دقيقةٍ تُمْطَلُ بعدئذٍ وتُجَعَّد.



القِلْكرو، المُبَيَّنُ هنا مُكَبَّرًا 24 مَرَّةً، يَتألَّفُ من نَسْجَتين من النَّيْلون. الخطاطيفُ السُّفْليَّةُ تَعْلَقُ بالشُّعَيْراتِ الأُنشوطيَّةِ العُلْويَّة.

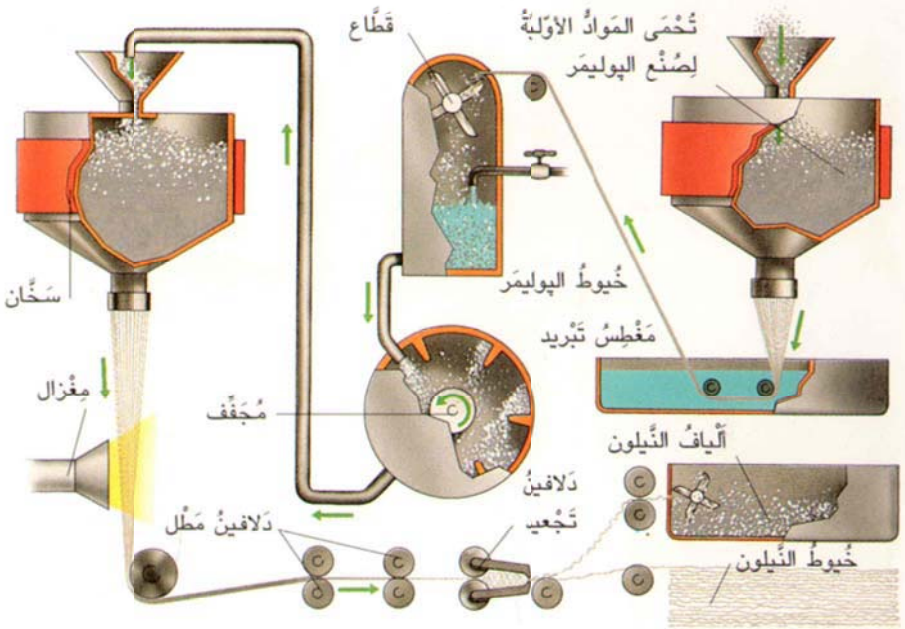
النَّيْلون

كان النَّيْلون أوَّلَ الخيوطِ الاِصطِناعيَّةِ في العالَم. وكان الكيميائيُّ الأمريكيُّ وَالاس هـ. كاروثَرْز (1896 - 1937) رائدَ تَطْويره في عَقْدِ الثلاثينيَّات من القَرْنِ العِشْرين.

صُمِّمَ النَّيلون أَصْلًا كبَديلٍ رَخيصِ الثَّمَن للحَرير. فخُيوطُه أَمْتَنُ من خُيوطِ القُطْن والصُّوف؛ ويُمكِنُ مَزْجُه مع الخيوطِ الطبيعيَّةِ أو يُسْتَخْدَمُ مُسْتَقِلًّا في صُنْعِ الخيُوطِ المَبرومة لِحياكة النُّسُج.

يُمكِنُ صُنْعُ أنماطٍ مُخْتلِفةٍ من النَّيلون بتَنْويع الموادِّ الأَوَّليَّةِ المُسْتَخْدمةِ في تَصْنيعها. فبعضُ أنواعِ النَّيلون صَلْدةٌ بما يكفي لِاستِخْدامِها في صُنْعِ المُسَنَّاتِ والمَحامِلِ للمَكِنات. وهذه الأَنماطُ صامِدةٌ أيضًا للحرارةِ والتآكُلِ الكيماويِّ.

▲ صَيَّادُ السَّمَك هذا يَسْتَخْدِمُ خَيْطًا من النَّيلون على قَصَبَتِه. مَتانةُ النَّيلون تجعَلُه مِثاليًّا لهذا الغَرَض.



اُنْظُر أيضًا

الكربون ص 170
الكيمياءُ العُضْويَّة ص 174 - 175
اللَّدائن ص 216
اللَّواصِق ص 218

اللَّدائن

اللَّدائنُ مَوادُّ مَطولةٌ سَهْلةُ المَدِّ والتشكيل؛ ومُعْظمُها مُصَنَّعٌ من كيماوِيَّاتٍ مُشْتَقَّةٍ من النِّفْط.

اللَّدائنُ شَكْلٌ من البوليمَرات. وقد صُنِعتِ اللَّدائنُ الأُولى، كالسلّيولُويد، من بوليمَراتٍ طبيعيّة. كان الباكليتُ، الذي ابتكَره الكيميائيُّ الأمريكيُّ لِيُوبيكلَنْد عام 1907، أوَّلَ لَدينةٍ اصْطِناعيَّةٍ بالكامِل. ومنذُئذٍ طُوِّرتْ مئاتُ اللَّدائن المُخْتلِفةِ، صُنِعتْ كُلُّها تقريبًا من كيماوِيَّاتٍ مُشْتَقَّةٍ من النِّفْط.

الكثيرُ من الأشياءِ المألوفة، كعُلَبِ الأدواتِ الكهربائيَّة والأكياسِ وحاوياتِ الأشربةِ والخُوَذِ الرياضيَّة تُصَنَّعُ من أنواعٍ مُخْتلِفةٍ من اللَّدائن.

الاستِخْداماتُ الواسِعَةُ النِّطاق لِلَّدائن تَعودُ إلى خصائصِها. فهي قد تكونُ جاسِئةً يابسَةً أو مَرونةً قابلةً للتَثَنّي، كما يُمكِنُ أنْ تُلَوَّنَ وتُصاغَ وتُشَكَّلَ بطرائقَ مُتعَدِّدة. واللَّدائنُ عوازلُ كهربائيَّةٌ جيِّدة، والكثيرُ منها مُقاومٌ للتأكُّلِ الكيماويّ.

وتَختلِفُ اللَّدائنُ من حيثُ سلوكُها عندَ الإحماء. فبعضُ اللَّدائن تَلِينُ بالإحماءِ، كالپوليثين – وتُسَمَّى هذه اللَّدائنَ الحراريَّة.

وبعضُ اللَّدائن الأُخرى، المُسَمَّاةُ الحراريَّةَ التَّصَلُّب، تتصَلَّدُ بالإحماء. ومتى تمَّ توَضُّعُها الصَّلدُ خِلالَ التَّصنيع، فلا يُمكِنُ إعادةُ تشكيلِها. القوابسُ الكهربائيَّةُ تُصَنَّعُ من اللَّدائنِ الحراريَّةِ التَّصَلُّب؛ لذا فهي لا تَنْصَهِرُ إذا ما تعرَّضتِ الأَسْلاكُ بِداخلِها إلى إحماءٍ زائد.

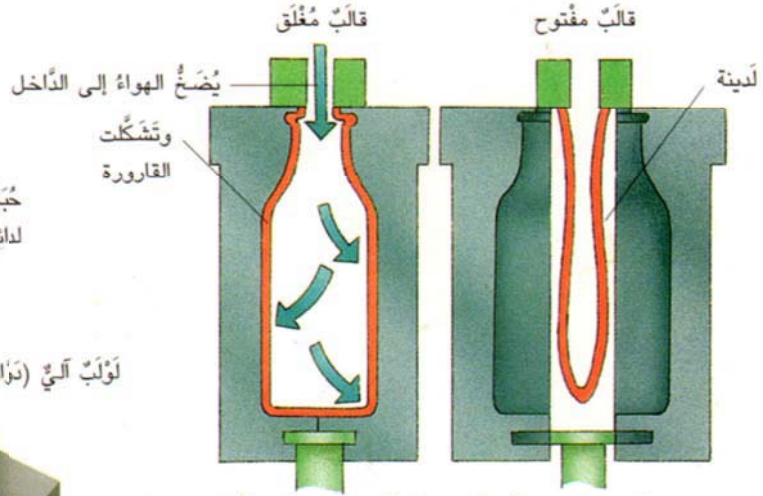
تُصَنَّعُ بعضُ الأدوات، كفراشي الأسنان وأمشاطِ الشَّعْر، بتَشْكيلِ اللَّدائن في قوالِب. أمّا هُلْبُ فراشي الأسنان فهي أَلْيافٌ من النَّيلون.

جُدْران مَلْعب السكواش الاستِعراضيّ هذا مَصْنوعةٌ من البرسْپِكْس الشَّفَّافِ كالزُّجاج، لكنِ الأكثرِ منه مُقاوَمةً للصَّدَماتِ العاليةِ السُّرعة.

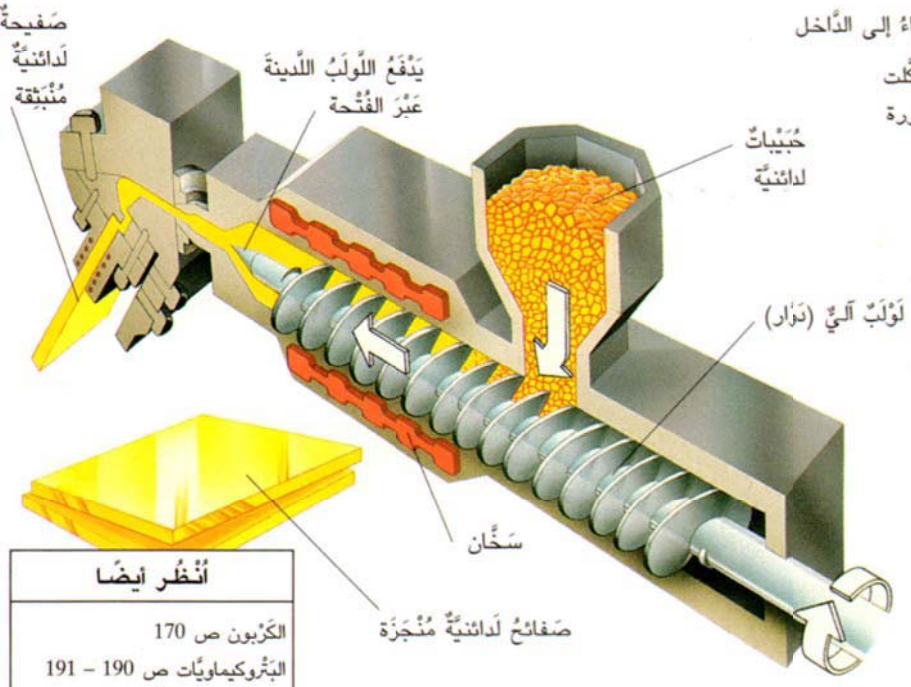
قَضايا بيئيَّة

خاصَّةُ المُقاوَمةِ الكيماويَّةِ لِلَّدائن جيِّدةٌ ومُفيدةٌ في مُعظمِ استِخْداماتِها. لكِنَّ هذه المُقاوَمةَ تَغْدو مُشْكِلةً في المَرادمِ الأرضيَّة للنُّفايات. فالبَكْتِريا التي تُسَبِّبُ الإنحِلالَ الحيَويَّ أو التعَطُّنَ، في الموادِّ الدَّروكةِ حيَويًّا، كالخشَبِ والوَرَقِ والأَلْيافِ الطبيعيَّةِ لا يُمكِنُها تَعْطينُ مُعْظمِ اللَّدائن. ونَتيجةً لذلك، تَبْقَى الموادُّ اللَّدائنيَّةُ في المَرادِمِ الأرضيَّة دُونَ تَغَيُّر.

ويَقومُ العلماءُ بتَطْويرِ لدائنَ دَروكةٍ حيَويًّا، قِوامُ بعضِها موادُّ نباتيَّة. لكِنْ تظَلُّ إعادةُ تَدْويرِ القَدْرِ الأَقصى المُمْكنِ من اللَّدائن الطريقةَ العَمَليَّةَ الأَجْدى لِتجَنُّبِ تَراكُم اللَّدائن في مَواقِع المَرادِم.



▲ القَواريرُ والأَجْسامُ المُجَوَّفةُ الأُخرى تُصَنَّعُ عادةً بقَولَبةِ اللَّدينةِ بالنَّفْخ. فَتُضْغَطُ اللَّدينةُ السَّاخِنَةُ بالهواءِ المَنْفوخ نحو سُطوحِ القالبِ الخارجيَّةِ وتَتَّخِذُ شَكْلَه.



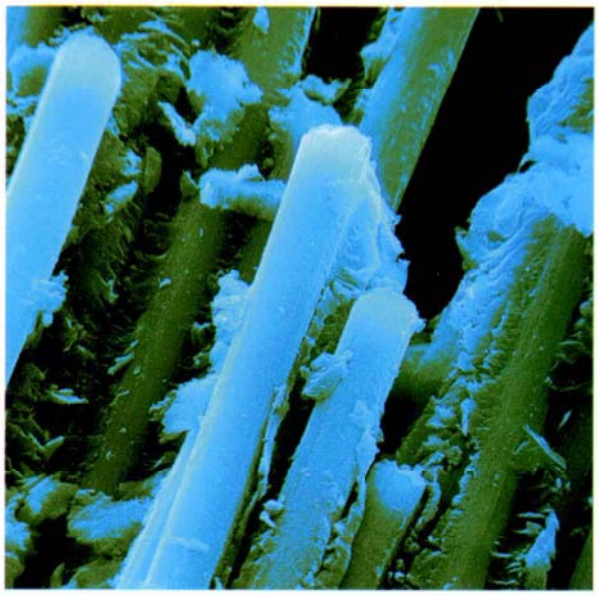
◄ يُسْتَخْدمُ التشكيلُ بالبَثْق في تَصْنيعِ الصَّفائح اللَّدائنيَّة. فتُمْزَجُ الحُبَيْبُاتُ اللَّدائنيَّةُ وتُلَيَّنُ بالحرارة قبْلَ دَفْعِها عَبْرَ فُتْحةٍ بواسِطةِ لَوْلَبٍ آليّ.

اُنْظُر أيضًا

الكَرْبون ص 170
البَتْروكيماويَّات ص 190 – 191
البوليمَرات (المَكْثُورات) ص 215

المَوادُّ الجديدة

تَحُلُّ الموادُّ الجديدةُ محلَّ الموادِّ التَّقليديَّة بشَكْلٍ مُتَزايدٍ في تَطْبيقاتٍ واستِعمالاتٍ تُضفي فيها الموادُّ الجديدةُ تَحْسيناتٍ هامَّةً أو تَعودُ بفوائد مَحْسوسة.



اللَّدينَةُ في هذه الصُّورة الفوتوغرافيَّة الصُّغْريَّة المُكَبَّرة 923 مرَّةً مُعَزَّزةٌ بالياف كَرْبونيَّة. إنَّ وَزْنَها النَّوعيَّ هو رُبْعُ الوَزْن النوعيّ للفولاذ؛ لكنَّ متانتَها ضِعْفا مَتانته.

لقد ازدادَ مَدى الموادِّ المُتاحةِ للبناءِ وتَصْنيعِ السِّلَع بشَكْلٍ هائلٍ، بخاصَّةٍ منذُ بدايةِ القَرْنِ العِشْرين.

فالكثيرُ من الموادِّ الجديدة، كالخَرَسانةِ والفُولاذ، يَفْضُلُ الموادَّ التقليديَّةَ بتفوُّقٍ واضِح. وكثيرًا ما يكونُ التَّحْسينُ في المَتانةِ والوَزْن وسُهولةِ التَّشكيل ومُقاوَمةِ درجاتِ الحرارة الدُّنيا والقُصْوى. وفي بعضِ الحالات، قد تكونُ المادَّةُ الجديدةُ أرخصَ ثَمنًا، أو أفضلَ بيئيًّا، من المادَّةِ التقليديَّة.

التوليفاتُ المُرَكَّبة

الكثيرُ من الموادِّ الجديدةِ توليفاتٌ مُرَكَّبةٌ تتألَّفُ من مادَّتَيْن مُختلِفَتَيْن أو أكثرَ. وتُصَمَّمُ التوليفةُ بحَيثُ تَجْمَعُ الخصائصَ المُفيدةَ لِكُلِّ مادَّةٍ فيما تُقَلِّلُ ما يَشُوبُها من خصائصَ رديئةٍ إلى الحدِّ الأدنى. وغالبًا ما تتركَّبُ التوليفةُ من أَلْيافٍ مَتينةٍ مُرَسَّخةٍ في مادَّةٍ تَشُدُّ هذه الأَلْيافَ معًا.

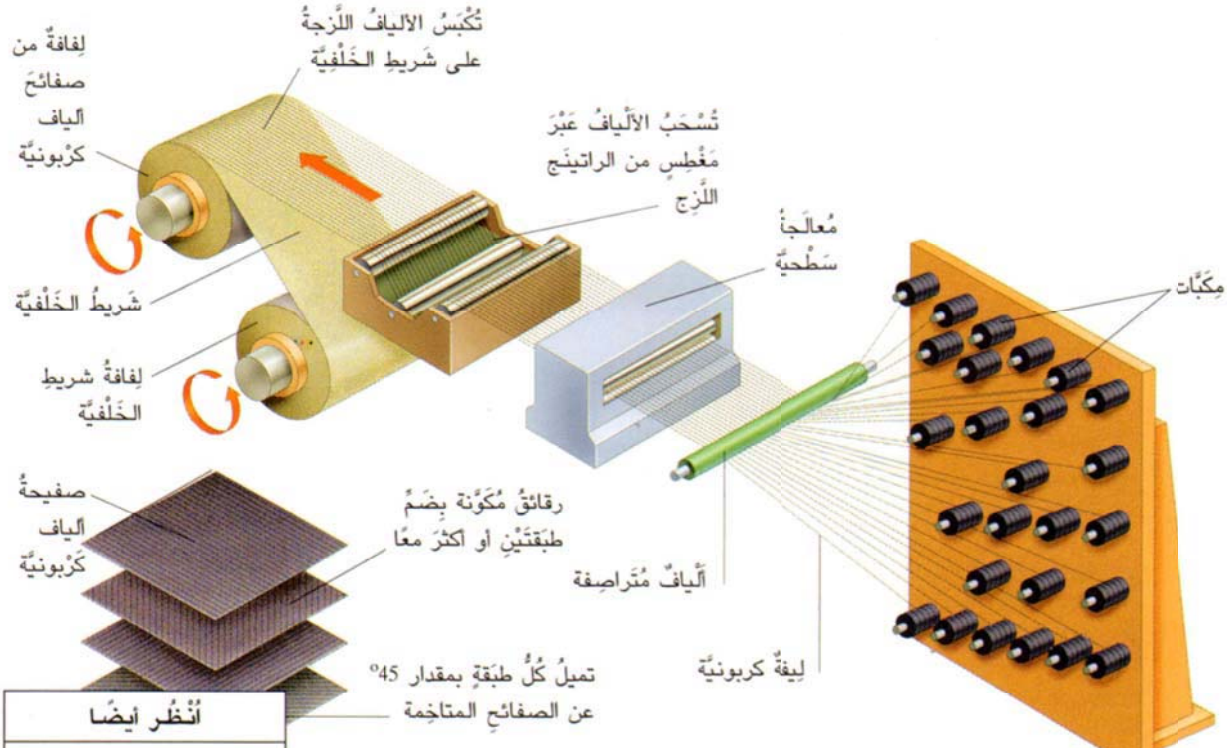
اللَّدينةُ المُعَزَّزةُ بالأَلْيافِ الزُّجاجيَّةِ تَجْمَعُ مَرُونيَّةَ اللَّدائنِ مع مَتانةِ الأَلْيافِ الزُّجاجيَّةِ المُرَسَّخة في اللَّدينة. إنَّ قَصافةَ الأَلْيافِ الزُّجاجيَّةِ لا تُشَكِّلُ مُشْكِلاً عندما تكون مُتَّحدةً مع اللَّدينةِ في التوليفة. هذه التوليفةُ المَتينةُ تُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ أَلْواحِ هياكلِ المَرْكبات وَهياكلِ القوارب. غالبًا ما تُسْتَخْدَمُ الأَلْيافُ الكربونيَّةُ في تَوليفاتٍ مع اللَّدائنِ والخَزَفيَّاتِ والفلِزَّات. وهذه التوليفاتُ خَفيفةٌ ومَتينةٌ جِدًّا وصامِدَةٌ للإنفِعالاتِ القُصْوى دونَ تَصَدُّعٍ حتَّى على دَرجاتِ حرارةٍ عالية.

تُسْتَخْدمُ موادُّ أساسُها الياف كربونيَّةٌ في صُنْعِ مَضاربَ لِلُعبةِ التِّنِس خَفيفةٍ لكنْ متينةٍ جِدًّا.

هيكلُ هذه الدرَّاجةِ ودُولاباها مُصَنَّعةٌ من تَوليفَةِ أَلْيافٍ كَرْبونيَّة.

الكَفْلار مادَّةٌ خَفيفةُ الوَزْن لكنْ مَتينةٌ. وهي تُسْتَخْدمُ في صُنْعِ الدُّروعِ الجَسَديَّةِ والصَّداري التي لا يَخْتَرِقُها الرَّصاص.

أُطُر النَّظَّارات المَرونةِ «فلِكْسون» تُصَنَّع من مادَّةٍ تَسْتَعيدُ شَكْلَها الأصليَّ بعدَ فَتْلِها أو لَيِّها.



يُصَنَّعُ هذا لنوعُ من تَوليفة الأَلْيافِ الكربونيَّة بلَصْقِ أَلْيافِ الكربون المُغَشَّاةِ بالراتينَج على شريط الخَلْفيَّة. وحيثُ إنَّ قُوَّةَ التوليفةِ هي في اتِّجاهِ الأَلْياف، فإنَّ الرقيقةَ القويَّةَ تُصَنَّعُ برَصِّ الصفائحِ ذاتِ الأَلْيافِ المُتَراصِفةِ باتِّجاهاتٍ مُخْتلِفة.

اُنْظُر أيضًا

خَصائصُ الجوامد ص 194 – 195، السَّبائك (الأُشابات) ص – 203 202، الزُّجاج ص 208، الخَزَفيَّات ص 209، البوليمَرات (المَكْثُورات) ص 215، اللَّدائن ص 216

اللَّواصِق

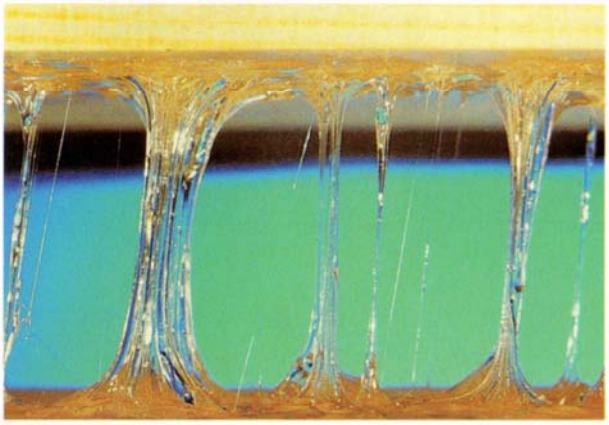
اللَّواصِقُ موادُّ طبيعيَّةٌ أو اصْطِناعيَّةٌ تُسْتَخْدمُ لإلصاقِ السُّطوح معًا. الغِراءُ والإسمَنْتُ والراتينَجاتُ كُلُّها لَواصِق.

تُصْنَعُ حُجُبُ الرِّيح الرَّقائقيَّةُ في السيَّاراتِ بلَصْقِ طبَقاتٍ من الزُّجاج معًا براتينَجٍ لَصُوق.

تَلْزَقُ اللَّواصِقُ بالسُّطوح بواسطةِ مَلْءِ الثُّقَرِ والثُّقوبِ الدقيقةِ، حتَّى في أكثَرِ السُّطُوح مَلاسَةً، ثُمَّ تَتصَلَّد. فإذا لَزِقَتْ قَطْرةٌ من لاصِقٍ بين سَطْحين، فإنَّ هٰذين السَّطْحين سيَلْتَصقان بِقُوَّةٍ عندما يَتصَلَّدُ للَّاصِق.

الأَغْراءُ والصُّموغُ الطبيعيَّة

يُحَضَّرُ أحدُ أنواع الغِراء (أو الغَرا) بِغَلْيِ العِظامِ الحيَوانيَّةِ في الماء. ويُمكِنُ أيضًا تَحْضيرُ غِرًا مُفيدٍ من النَّباتات التي تَحْوي وَفْرةً من النَّشا، كالذُّرةِ والبَطاطا. ويُسْتَخْدمُ صَمْغُ الأَلْجين، الذي يُحَضَّرُ من الأعشابِ البَحْريَّة، لِتَصْميغ قَفا الطوابعِ البَريديَّة وبعضِ ظُروف الرسائل. والعَيْبُ الرئيسيُّ في اللَّواصق الطبيعيَّةِ أنَّها، بمُرورِ الزَّمَن، قد تُصْبِحُ واهِنَةً بفِعل نُتَعَضِّياتٍ مِجْهريَّةٍ كالعَفَن.



تَشُدُّ اللَّواصِقُ القِطعَ الخَشبيَّةَ معًا باختِراقِها سَطْحَي قِطْعَتَيْن ثُمَّ تَتصَلَّد – إمّا عنْدَ تبَخُّرِ مُذيبِ اللَّاصِقِ أو عندما تَبْدأُ اللواصِقُ تَنْضَجُ وتتصَلَّب.

اللَّواصِقُ الصُّنْعيَّة

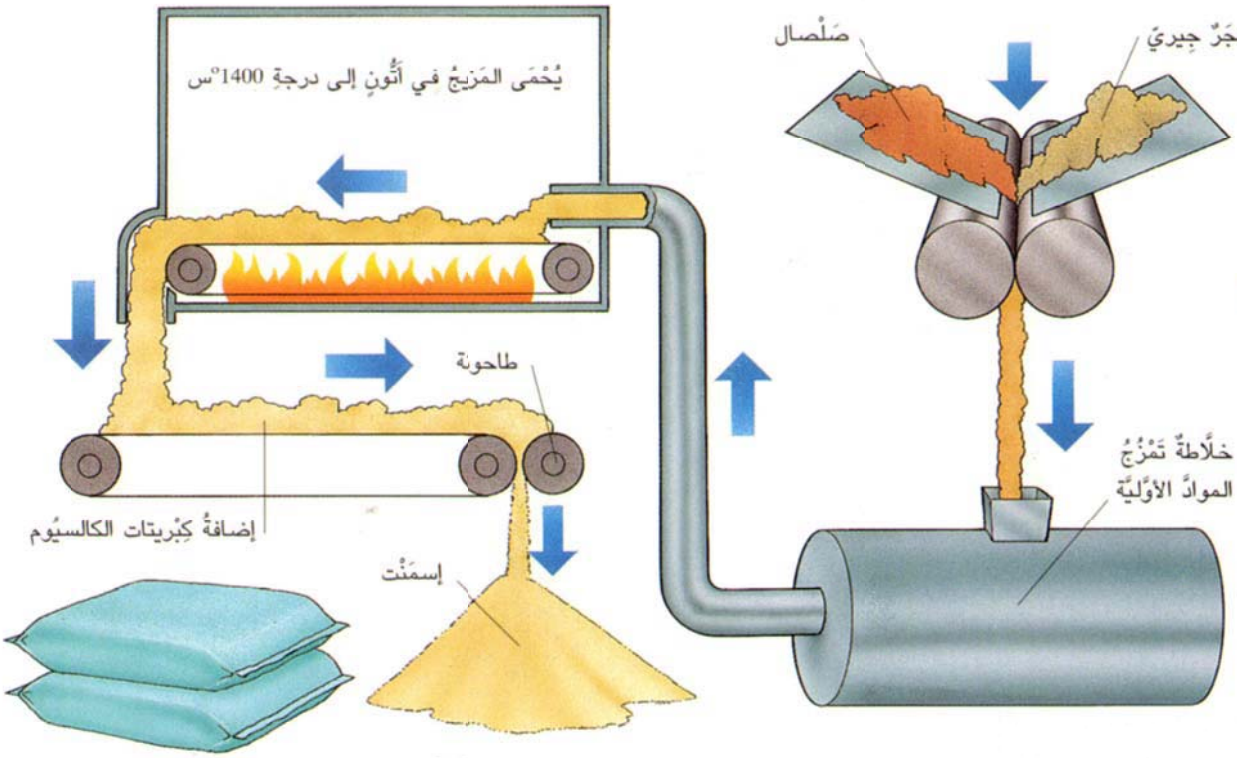
اللَّواصِقُ الصُّنْعيَّةُ هي عادةً مَحاليلُ من البُوليمَرات في مُذيباتٍ خاصَّة. بعضُ هذه اللَّواصقِ يتصَلَّد بِتَبَخُّر مُذيباتِها؛ وبَعْضُها يُعَبَّأُ كمَحْلولَيْنِ مُنْفَصلَيْنِ يُمْزَجان قبْلَ الاستِعمالِ مُباشرةً. وبَمزْجِ المَحْلولين تَبْدأُ عمليَّةُ النَّضْجِ والتَّصَلُّد.

تَتبايَنُ قوَّةُ اللَّواصِقِ تَبايُنًا كبيرًا. فتِلكَ المُسْتَخْدمةُ في بِناءِ هياكلِ الطائرات فائقةُ القُوَّة، فيما غِراءُ بِطاقاتِ التَّسعيرِ القابِلَةِ للقَشْرِ واهِنٌ قَصْدًا.

راتينَجٌ لَصوق يَشُدُّ الأَلْيافَ الزُّجاجيَّةَ معًا في التوليفةِ المُسْتَخْدمةِ لِصُنْعِ القوارِب.

الإسْمَنْت

إسمَنْتُ البنَّائين نوعٌ من اللَّواصِقِ يُصْنَعُ من سَحيقِ الصُّخور وبعضِ الكيماويَّات. الإسمَنْتُ مَسْحوقٌ يُمْزَجُ مع الماءِ والرَّمْلِ مُكَوِّنًا خليطًا لَزِجًا يُسَمَّى المِلاط. يُوَضَّعُ المِلاطُ في الفَجَواتِ بين مَداميكِ الطُّوبِ والآجُرِّ فيُكَوِّنُ ترابُطًا قويًّا بينها عندما يَجِفّ.



في تَحْضيرِ الإسمَنْت، يُضافُ الماءُ إلى مَزيجٍ من الحجَرِ الجيريِّ والصَّلْصال. يُحْمَى المَزيجُ في أتُونٍ دوَّارٍ إلى درجة 1400°س؛ ثُمَّ يُبَرَّدُ المَزيجُ، المُسَمَّى مُخَلَّفاتِ الاحتِراق، ويُمْزَجُ مع كِبْريتات الكالسيُوم، وبَعدها يُسْحَنُ المَزيجُ سَحيقًا ناعِمًا ويُعَبَّأُ في أكياس.

اُنْظُر أيضًا

البُوليمَرات (المَكْثُورات) ص 215
اللِّدائن ص 216
الآجُرُّ والحِجَارةُ والخَرَسانة ص 220 – 221
البِناءُ والإنشاءات ص 222 – 223

الخُضُبُ والأَصْباغ

هنالك خُضُبٌ وأَصْباغٌ عديدةٌ ومُختلِفة؛ وتُستَخدمُ الطبيعيَّةُ والاِصطِناعيَّةُ منها في تَلْوينِ الأَجْسامِ والموادِّ المُتنوِّعة.

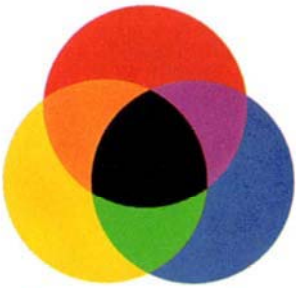
في العام 1856، اكتشفَ الكيميائيُّ البريطانيُّ وِلْيَم پِرْكين (1838 – 1907) أوَّلَ صِبْغٍ اصطِناعيٍّ في العالَم مُصادَفةً. وكان ذاك صِبْغُ الأرجُوان الفاتِح المُشْتَقُّ من قارِ الفَحْم.

تَبْدو الأجسامُ بألوانِها المُختلفةِ لأنَّها تَمْتَصُّ ألوانًا مُعَيَّنةً من الضَّوءِ وتَعكِسُ ألوانًا أُخرى. وتتَّحِدُ الألْوانُ المُنْعكِسَةُ معًا لتُكَوِّنَ اللَّونَ الذي تراهُ العَيْنُ البَشَريَّة. والمُرَكَّباتُ الكيماويَّةُ التي تُحْدِثُ هذه الألْوان تُسَمَّى أَصْباغًا وخُضُبًا. الأَصْباغُ ذَوَّابةٌ في الماءِ وفي مُذيباتٍ أُخرى؛ أمَّا الخُضُبُ فجوامِدُ غيرُ ذَوَّابة.

يَتواجَدُ الكثيرُ من الأصباغِ والخُضُبِ طبيعيًّا في النَّباتات. فصِبْغُ النِّيلَة، مثلًا، هو صِبْغٌ نباتيٌّ استُخْدِمَ لِتَلْوينِ النُّسُجِ منْذُ العَهْدِ الرُّومانيّ. وتُصنَّع خُضُبٌ صبيعيَّةٌ أُخرى بالسَّحْنِ الدقيقِ للصُّخور. فالمُغْرةُ الصَّفْراءُ تُستَحصلُ بِسَحْنِ بعضِ خامات الحديد. والخِضْبُ اللَّازَوَرديُّ الأَزْرقُ يُصْنَعُ بِسَحْنِ اللَّازَوَرْد – وهو من الأَحجار الكريمة.

وبِالإضافةِ إلى عواملِ التَّلْوين الطبيعيَّة، فإنَّ العديدَ من الأَصْبغِ والخُضُبِ هي من مُنْتَجاتِ الصِّناعةِ الكيماويَّة – بعضُها أَمْلاحٌ فِلِزِّيَّةٌ، وبعضُها الآخَرُ مُشْتَقٌّ من النِّفْط.

يُمكِنُ الحُصولُ على مَدًى غيرِ مَحْدودٍ من الألْوان باستِخْدامِ تَوْليفاتٍ مُخْتلِفةٍ من الأَصْباغِ والخُضُب.



▲ يُمكِنُ إنتاجُ أيِّ لَوْنٍ للطباعةِ أو الرَّسْم بِمَزْجِ الألوان الثلاثةِ الأَوَّليَّة وهي: السَّيَان (الأَزْرق) والماجِنْته (الأَحْمر) والأَصْفَر.

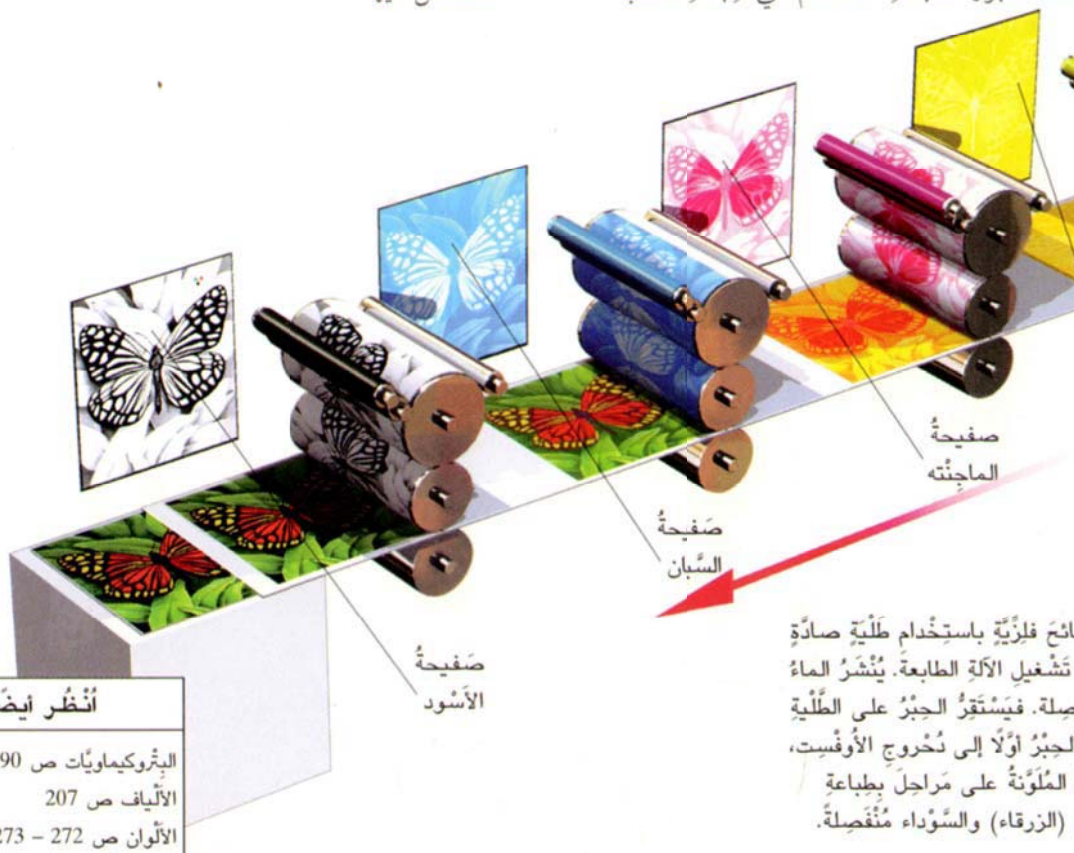
الحُبرُ والدِّهاناتُ والصِّباغة

تُسْتَخْدمُ الأَصْباغُ والخُضُبُ في تَلْوين الحُبور (ج. حِبْر) والدِّهانات. حُبورُ الطِّباعةِ تُسْتَخْدمُ في طِباعةِ الكُتُب وبِطاقاتِ المُعايدَةِ والمجلَّات والمُلْصَقات الإعلانيَّة. فعندما تُخَطُّ الحبُورُ أو تُطْبَعُ على سَطْحٍ تَجِفُّ تاركةً الأصباغَ والخُضُبَ على السَّطْحِ المُحَبَّر.

تُسْتَخْدمُ الدِّهاناتُ لِتُوَفِّرَ للسُّطوحِ تَغْشِيَةً زِينِيَّةً واقِيَة. وهي عادةً تُطْلَى سوائلَ ثُمَّ تَتَصَلَّدُ مُكَوِّنةً غِشاءً سَطْحيًّا يَحْوي الأَصْباغَ والخُضُب.

في عمليَّاتِ الصِّباغة، تَتَغَلْغلُ مَحاليلُ الأَصْباغِ في نَسيجِ الجِسْمِ المُرادِ تَلْوينُه. الخُضُبُ الجامِدةُ لا تُسْتَعْمَلُ للصِّباغة لأنَّها غيرُ ذَوَّابةٍ – فتَسْتَقِرُّ على سَطْحِ المادَّةِ دُونَ التَّغَلْغُل فيها.

هذا التِّقْنيُّ يُراقِبُ آلِيَّةً ضَخْمةً تُصَنِّعُ خِضْبًا أصفَر للدِّهانات. والخِضْبُ الجاري إنتاجُه هو أُكسيدُ الحديد الأَصْفَر.



في طِباعةِ الأُوفْسِت، تُطْبَعُ التَّصاميمُ على صفائحَ فِلِزِّيَّةٍ باستِخْدامِ طَلْيَةٍ صادَّةٍ للماء. تُرَكَّبُ الصَّفيحةُ على أُسْطُوانةٍ تَدورُ عندَ تَشْغيلِ الآلةِ الطابعة. يُنْشَرُ الماءُ ثُمَّ الحِبْرُ على الصَّفيحةِ بواسِطةِ دَحاريجَ مُنْفَصِلة. فيَسْتَقِرُّ الحِبْرُ على الطَّلْيةِ الصادَّةِ للماء لِيَتَساوقَ مع التَّصْميم. ثُمَّ يَنْتَقِلُ الحِبْرُ أوَّلًا إلى نُخْروجِ الأُوفْسِت، ثُمَّ إلى الوَرَقةِ الجاري طَبْعُها. وتُؤلَّفُ الصُّورةُ المُلَوَّنةُ على مَراحِلَ بِطِباعةِ الصُّور الصفراءِ والماجِنْته (الحمراء) والسَّيان (الزرقاء) والسَّوْداء مُنْفَصِلةً.

اُنْظُر أيضًا

البِتْروكيماويَّات ص 190 – 191
الأَلْياف ص 207
الألْوان ص 272 – 273
مَزْجُ الألْوان ص 274 – 275

الآجُرُّ والحِجارةُ والخَرَسانة

الآجُرُّ والحِجارةُ والخَرَسانةُ هي بَعْضُ أقدمِ الموادِّ المُسْتَخْدمةِ في البِناء. وهي صَلْدةٌ ومَتينةٌ ومُتاحةٌ بِيُسْرٍ وسُهولةٍ في الكثيرِ من المَواقِع.

الآجُرُّ والحِجارةُ والخَرَسانةُ ثلاثةٌ من أكثَرِ الموادِّ المُتعَدِّدة الاستِعْمالاتِ في البِناءِ والإنشاءات. لقد استُخْدِمَ الآجُرُّ (الطُّوبُ) في بلادِ ما بين النَّهْرين (العِراق) منذُ عام 7000 ق.م. واستُخْدِمَت الحِجارةُ مُنْذُ أَزْمِنَةٍ أقْدَمَ. أمَّا الخَرَسانةُ فقد استَخْدمَها الرُّومانُ في المَباني المُهِمَّة كالپانْثيُون - وهو هيكلٌ في روما تَمَّ إنشاؤه عام 128 م.

هذا الطُّوبُ النِّيءُ أو اللَّبِن سيُجَفَّفُ بالشَّمْس قُرابَةَ أُسبوعَيْن. وهو يتألَّفُ من نوعٍ من الطِّينِ الصَّلْصاليّ سَهْلِ التشكيل وهو رَطْبٌ، لكِنَّه يَتصَلَّدُ بشِدَّةٍ وهو جافٌّ. ويُسْتَخْدمُ هذا النوعُ من الطُّوبِ للبِناءِ في المناطقِ الجافَّةِ كشمالي إفريقيا وشِبْهِ الجزيرة العربيَّة، حيثُ لا خطرَ في أن يتلَيَّنَ الطُّوبُ ويُدَمِّرَ البناءُ بالمَطَر الغزير.

الآجُرُّ

الآجُرُّ أو الطُّوبُ كُتَلٌ من الطِّينِ يَجْري تَصْليدُها بالحرارة؛ بعضُها يَحْوي قَشًّا أو تِبْنًا - وهٰذا يُجَفَّفُ بحرارةِ الشَّمْس. أمَّا الآجُرُّ فمُعْظمُه يُشْوَى في أفرانٍ خاصَّة.

للطُّوبِ بِمُخْتَلفِ أشكالِه خصائصُ تَجْعَلُه مُلائمًا كمادَّةٍ للبِناء. فأشكالُه المُنْتظِمةُ تَتلاقَى معًا بِسُهولة؛ والمَشْويُّ منه صامِدٌ للرُّطوبةِ والحرارة.

الحِجارة

أنواعُ الحِجارةِ المألوفةُ هي الحَجَرُ الجيريُّ والباسَلْت والغرانيت والرُّخامُ والحَجَر الرَّمليّ. وتُقْتَطعُ الحِجارةُ من مَحاجِرَ أو مقالِعَ تُحْتَفرُ في الأرض أو في سُفوحِ التِّلال.

في طريقةِ اقتِطاعِ الحِجارةِ ذاتِ الأَبْعادِ المُعَيَّنَةِ تُسْتَخْدمُ عُدَدٌ يَدَويَّةٌ ومَناشيرُ آليَّةٌ لِقَطْعِ الكُتَلِ الحَجَريَّةِ من الصُّخور بأشكالٍ وحُجومٍ مُناسِبَة.

أمَّا في طريقةِ الاحتِجارِ التَّهْشيميِّ فَتُنْسَفُ الصُّخور، كالغرانيت والصُّخور الجيريَّةُ والرَّمليَّة، باستِخْدام المُتَفَجِّرات. ثُمَّ يُجْمَعُ الدَّبْشُ والكُساراتُ وتُسْتَخْدمُ في صُنْعِ الخَرَسانةِ وفي رَصْفِ الطُّرُق.

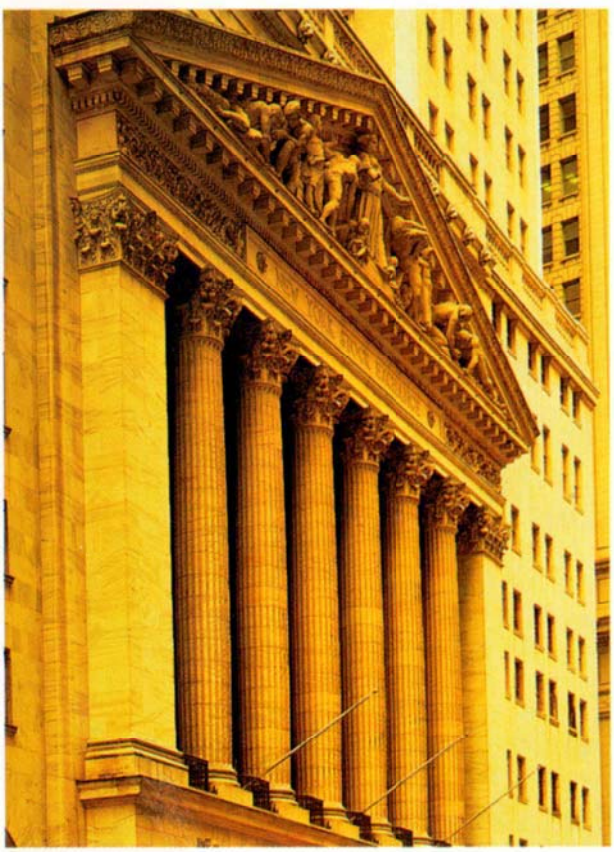
▼ يُمكِنُ الحُصولُ على الحِجارةِ الجيريَّة من المَحاجِر، كهذا المَقْلَعِ السَّفْحيّ. يُمكِنُ استِخْدامُ الكُتَلِ الحَجريَّةِ الجيريَّةِ للبِناء؛ وتُسْتَخْدمُ الكُسارةُ كموادَّ أوَّليَّةٍ في صُنْعِ الإسمَنْت والخَرَسانة.

يُرَتِّبُ البنَّائون الطُّوبَ في أنماطٍ تُسَمَّى عَرَقاتٍ أو مَداميك. ويُثَبَّتُ الطُّوبُ والمَداميكُ في مكانِها بِطبَقةٍ من المِلاطِ تَتَصَلَّدُ في الفَجَواتِ بينها.

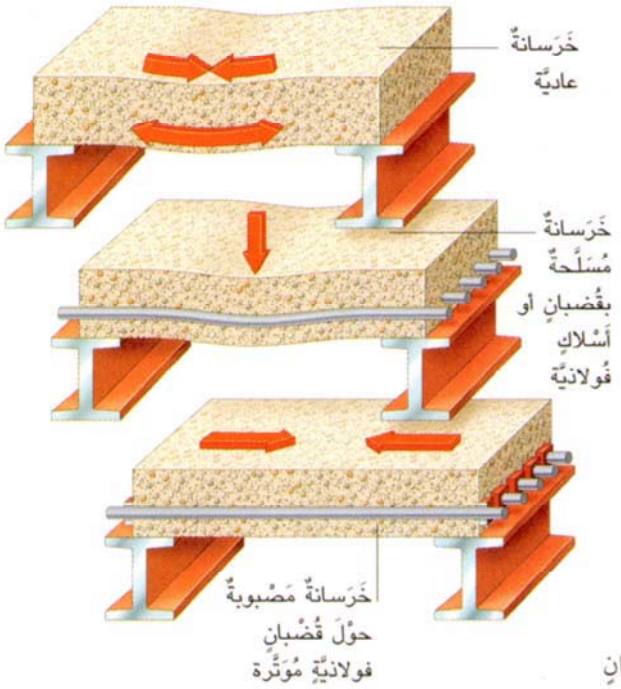
الخَرَسانة

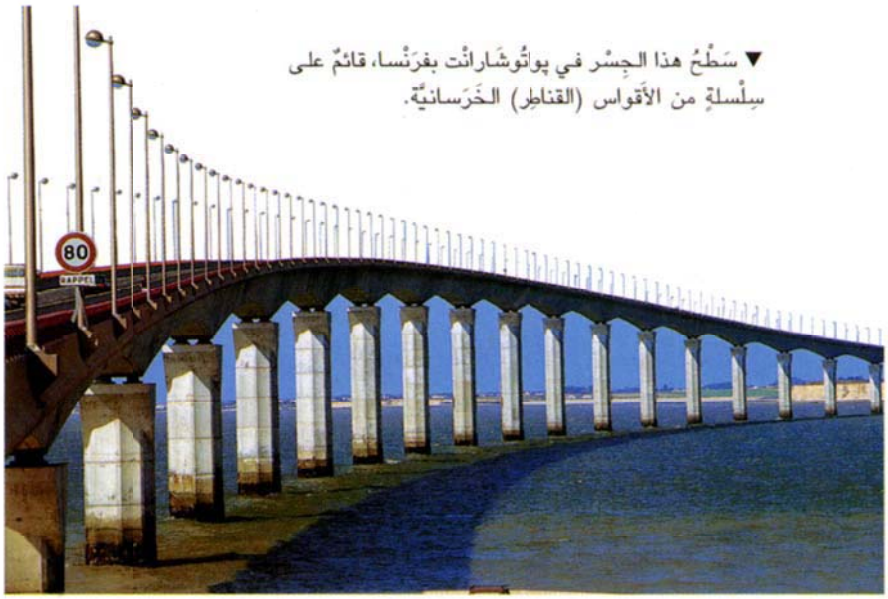
تُصْنَعُ الخَرَسانةُ بِمَزْجِ الإسمَنْت مع جوامِدِ الرُّكامِ الحَجَريِّ من رَمْلٍ وحَصًى. وعندَ إضافةِ الماء يتَحَوَّلُ المَزيجُ إلى عَجينةٍ غَليظةِ القَوام تَجْمُد وتَتصَلَّدُ تَدْريجيًّا.

من حَسناتِ الخَرَسانةِ الكثيرةِ أنَّها رَخيصةُ الثَّمن ومِصْمادٌ شَديدةُ الاحتِمال، وموادُّها الأوَّليَّةُ مُتاحةٌ على نِطاقٍ واسِعٍ في مُعظمِ أنحاءِ العالَم. ويُمكِنُ مَزْجُ الخَرَسانةِ في مواقِعِ البِناء حيثُما وكُلَّما تدعو الحاجة إليها، أو يُمكِنُ



▲ نُحِتَت هذه الواجِهةُ الفَخْمةُ التي تُذكِّرنا بأعمدةِ بَعْلَبك ومَعْبِد البارثيُّون في أثينا، من كُتَلٍ حَجَريَّة. وقد أُنْجِزَ هذا المَبْنى في نيويورك عامَ 1903.





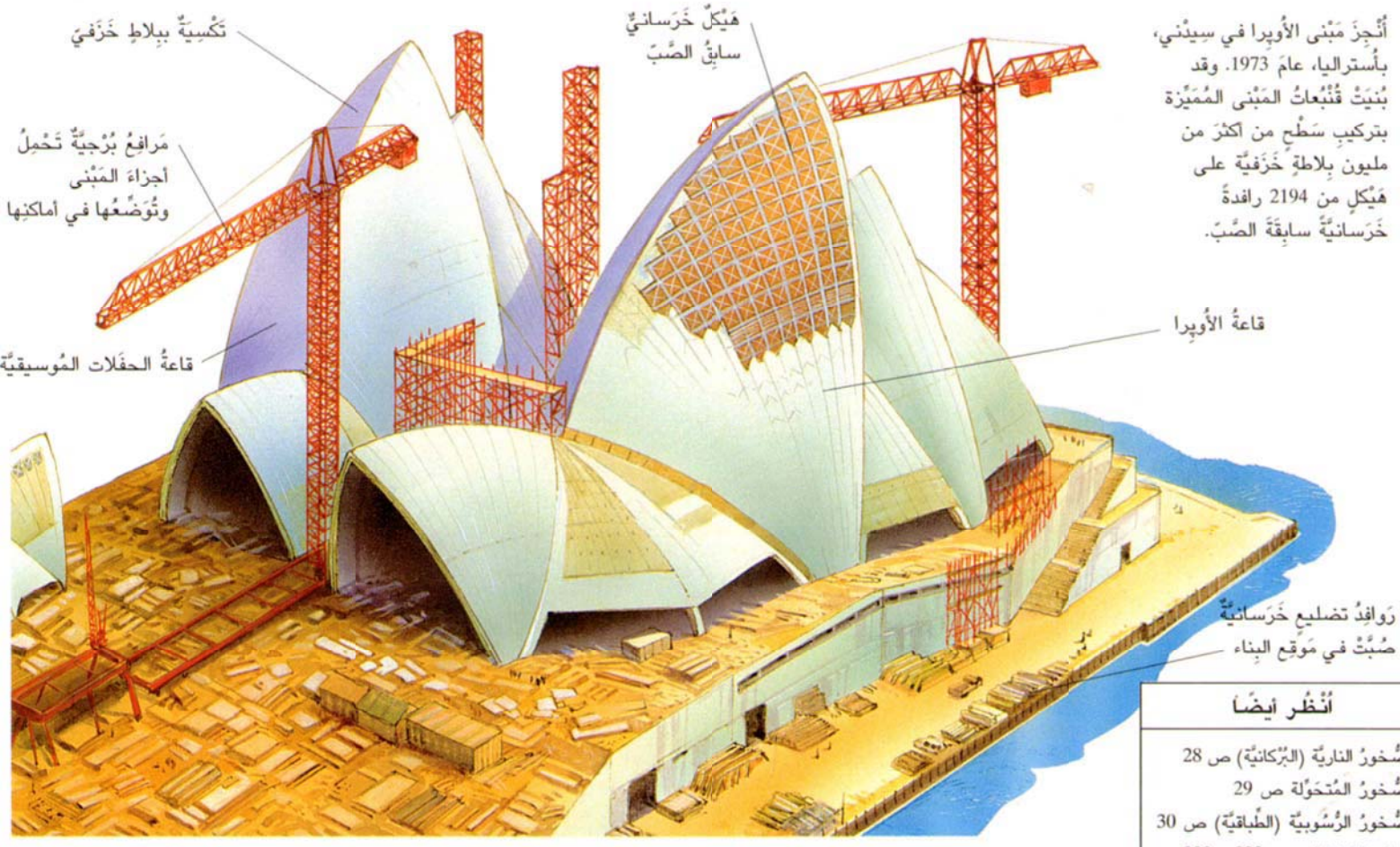
▼ سَطْحُ هذا الجِسْر في پواتُوشَارانْت بفرَنْسا، قائمٌ على سِلْسلةٍ من الأَقواس (القناطِر) الخَرَسانيّة.

نَقْلُها إلى الموقِع مَزيجًا جاهِزًا للاستِخْدام. وبخِلافِ الآجُرِّ والحِجارة، فإنَّه يُمكِنُ قَوْلَبَةُ هذا المَزيج أو صَبُّه أو رَذُّهُ ليُكوِّنَ عِدَّةَ أشكالٍ مُختلِفة. وتُسْتَخْدمُ الخَرَسانةُ في بِناءِ الجُسُورِ والسُّدودِ والأَرْصفةِ البَحْريَّة والطُّرُقِ بالإضافةِ إلى المُجمَّعاتِ السَّكَنيَّةِ والمَكْتَبيَّة.

الخَرَسانةُ تَحْتمِلُ قُوًى ضاغِطةً (هاصِرةً) بالغةَ القُوَّة؛ لكِنَّها أَقَلُّ صُمودًا لِقُوى الشَّدِّ المَطيلةِ التي تَنْزعُ إلى تَفْكيكِها. ويُمكِنُ التغَلُّبُ على هذ الوَهَنِ بتَسْليحِ الخَرَسانةِ بالفُولاذِ، الذي يُقاوِمُ قُوى الشَّدِّ. ففي الخَرَساناتِ المُسَلَّحةِ مثلًا، تُصَبُّ الخَرَسانةُ حوْلَ قُضْبانٍ أو شَبكاتٍ فُولاذيَّة.

ويُمكِنُ تَحْسينُ مُقاومَةِ الشَّدِّ بمَطْلِ الهَيْكلِ الفُولاذيِّ قبْلَ استِقْرارِ الخَرَسانةِ حوْلَه. وهذه التِّقْنيَّةُ تُسَمَّى الإجهادَ السابق. وفي تِقْنيَّةٍ أُخرى، تُسَمَّى الإجهادَ اللَّاحِقَ، تُحْزَقُ صواميلُ شَدٍّ على أطرافِ قُضْبانِ التقويَة بعدَ شَكِّ الخَرَسانة. وفي كلا الحالَيْن، فإنَّ القُضْبانَ أو الشَّبكاتِ الفُولاذيَّةَ تَزيدُ من قُوَّةِ الخَرَسانةِ إلى حدٍّ بعيد.

الخَرَسانةُ العاديَّةُ (أعلى الصُّورة) ضعيفةٌ وَاهِنَةٌ تحت الشَّدِّ الامِتطالي. أمَّا الخَرَسانةُ المُسَلَّمةُ (وَسَط الصُّورة) والخَرَسانةُ السابقةُ أو اللَّاحِقةُ الإجْهاد (أسْفَل الصُّورة) فكلتاهُما قويَّةٌ تحتَ الشَّدِّ.



أُنْجِزَ مَبْنى الأُوپرا في سِيدْني، بأُستراليا، عامَ 1973. وقد بُنِيَتْ قُنْبُعاتُ المَبْنى المُمَيَّزة بتركيبِ سَطْحٍ من أكثرَ من مليون بِلاطةٍ خَزَفيَّة على هَيْكلٍ من 2194 رافدةً خَرَسانيَّةً سابِقَةَ الصَّبّ.

اُنْظُر أيضًا

الصُّخورُ الناريَّة (البُرْكانيَّة) ص 28
الصُّخورُ المُتَحَوِّلة ص 29
الصُّخورُ الرُّسُوبيَّة (الطَّباقيَّة) ص 30
البِناءُ والإنشاءات ص 222 – 223

البناءُ والإنْشاءَات

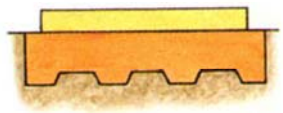
صِناعةُ البِناءِ تقُومُ بمُختلِف أَنواعِ الإنشاءات، من المَصانِعِ والبيوتِ والمكاتبِ والطُّرُقِ إلى الجُسُورِ والسُّدودِ وأَحْواضِ السُّفُن.

صِناعةُ البِناءِ تُوظِّفُ الآلافَ من الناس. ففي البُلدانِ المُتقدِّمةِ يؤلِّفُ قِطاعُ البِناءِ حوالى 15 بالمئة من مُجْمَلِ الوَظائف.

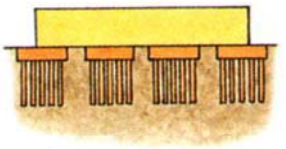
حتَّى أواخرِ القَرْنِ التاسِعَ عَشَر، كانت صِناعةُ البناءِ أَساسًا شُغْلَةَ البنَّائين والنَّجارينَ ومُعلِّمي العَمار. ورُغْمَ أنَّ العديدَ من هؤلاء الإختِصاصيِّين لا يَزالون يَعملون في هٰذه الصناعةِ، فإنَّ الموادَّ الجديدةَ والتِّقانيَّاتِ الحديثةَ قد بدَّلَتْ كثيرًا في أساليبِ البناءِ والمَباني.

الخَرَسانةُ المُسَلَّحةُ والفُولاذُ بأنواعِه مَوادُّ رئيسيَّةٌ حاليًا في صِناعةِ البناء. فالمَباني العاليةُ تُقامُ حولَ هياكِلَ من الفُولاذ والخَرَسانة. الجُدْرانُ والنوافِذُ تُعَلَّقُ على هَيْكَلِ المَبْنى؛ وخِلافًا لِواقعِ الحال في المباني الأَقدم، لا يُفْتَرَضُ في الجُدرانِ أن تَدْعمَ الجُدْرانَ فوقها. وبذلك يُمكِنُ أنْ تكونَ الجُدرانُ أقَلَّ سَماكةً وأخفَّ وَزْنًا.

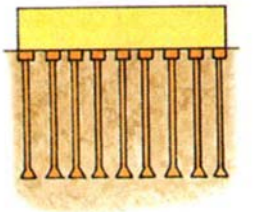
كذلك تُسْتَخْدمُ الخَرَسانةُ والفُولاذُ أيضًا لِتَنفيذِ تصاميمَ جديدةٍ للجُسور والمَصانعِ والمنازلِ ما كان يُمكِنُ تَنفيذُها باستِخْدامِ الآجرِّ والحِجارةِ والخَشَب.



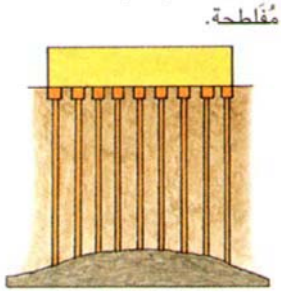
حَصيرةُ أساسٍ تتوَزَّعُ ثِقْلَ المَبْنى.



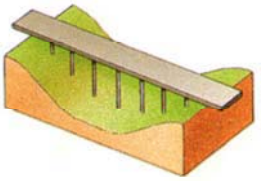
الرَّكائزُ الإحتِكاكيَّةُ هي تَحشُّداتٌ من الرَّكائزِ الصغيرة.



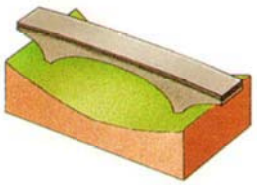
دعائمُ الأساسِ هي ركائزُ ذاتُ قواعدَ مُفَلطحة.



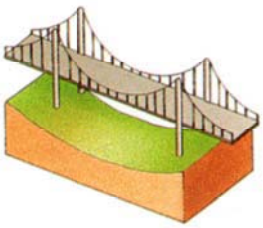
دعائمُ حَمْل.



الجِسْرُ العَتَبيُّ سَطْحٌ بَسيطٌ مُسَطَّحٌ تَدعَمُه أَعْمدةٌ مُفَسَّحةٌ على امتِدادِ طولِه.



الشَّكْلُ المُتقَوِّسُ (القَنْطَريُّ) يُحيلُ ثِقْلَ القَوسِ وسَطْحِ الجِسْرِ إلى الدَّعائم في طرَفَيْه.



يُعَلَّقُ سَطْحُ الجِسْرِ المُعَلَّقِ من كبُولٍ مَمْدودةٍ بين أبراجٍ فولاذيَّةٍ أو خَرسانيَّةٍ أو دعائمَ أخرى عالية.

التَّصْميمُ الإنشائيّ

عندما يُصَمِّمُ المُهَنْدِسُ المِعْماريُّ مَبْنًى؛ فإنّه يَسْتَعين بمُهَنْدِسِ إنشاءاتٍ يَحْتَسِبُ ثِقْلَ كُلِّ قِسْمٍ من المَبْنى، ويُصَمِّمُ إنشاءً أو هيكليَّةً تَدعمُ ذلك الثِّقْلَ. ويُفترَضُ في المُنْشآتِ أنْ تكونَ قادِرةً على الصُّمودِ أمامَ عَصْفِ الرِّياح

إنشاءُ الطُّرُق

تُقامُ الطُّرُقُ على تُرْبةٍ طُلِمَتْ وارتَصَّتْ بِمَحاريثَ أو مَداحِلَ ثَقيلة. القاعِدةُ التحتيَّةُ هي طبقةٌ حَجَريَّةٌ دَبْشِيَّةٌ تَنْشُرُ ثِقْلَ الطريقِ فوقَ سَطْحِ التُّرْبةِ المُرتَصَّة. وتُقَوَّى الطريقُ بِمِدْماكٍ من الخَرَسانةِ الخَشِنة. وتتألَّفُ رُصافةُ سَطْحِ الطريقِ من الخَرَسانةِ أو الزِّفْتِ مع الحَصى أو كُسارةِ الحجارة.

▲ العوارِضُ والرَّكائزُ والدَّعائمُ تَنْشُرُ ثِقْلَ المَبْنى على مِساحةٍ فَسيحة كيلا يَغوصَ في الأرضِ الرِّخْوة. وتَرتكِزُ دعائمُ الحَمْلِ على صَخْرِ الأَديمِ المُصْمَت.

رَكائزُ (خوازيقُ) الأَساس يُمكِنُ دَقُّها إلى عُمْقٍ حوالى 100 متر بطَرْقِ الخازوق تَكْرارًا بثِقْلٍ يَدْفعه في الأرض. الركائزُ الخَرسانيَّةُ يُمكِنُ صَبُّها في ثُقوبٍ تَحْفِرها مَثاقيبُ دَوّارة.

المباني الحَديثةُ الشامِخَةُ تُقامُ عادةً على هَيْكَلٍ فولاذيٍّ مَتينٍ تُشَدُّ إليه الأَرْضِيّاتُ والواحُ التكْسِيَةِ الجِداريَّةِ بالبَراغي والحزَقات – عِلْمًا أنَّ الهيكلَ يَدْعمُ ثِقْلَ المَبْنى بكامِله.

وأحيانًا أمامَ الزَّلازلِ والتيَّاراتِ النَّهْريَّة أو الأمواجِ تبَعًا لما يَقْتَضيهِ مَوقعُ البناء.

تُحَضَّرُ نَماذِجُ البِنَى المَنْوي إنشاؤُها وتُجَهَّزُ بِمُعَيِّراتٍ خاصَّةٍ تَقيسُ كافَّةَ القُوى والحَرَكات. ويُمكِنُ بعدئذٍ اختبارُ تلكَ النماذجِ في أنفاقٍ هوائيَّةٍ وخزَّاناتِ مياهٍ ومَناضِدَ رَجَّاجةٍ تُحاكي الظُّروفَ الطبيعيَّة. ويُساعِدُ التَّحليلُ الحاسُوبيُّ لِنتائجِ الاختِبارات في تَحْسينِ التَّصاميم.

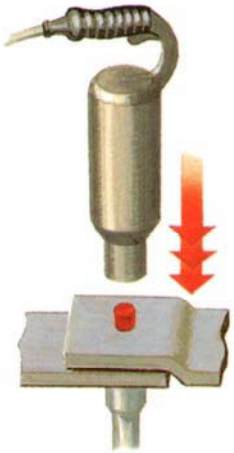
بعضُ الأَشْكال أقوى من سِواها بصُورةٍ مُتميِّزة. والشَّكلان الأُنبوبيُّ والمُثَلَّثيُّ هما الأقْوى بين مُختلف الأشكال. فمثلًا البِنَى الفولاذيَّةُ كالهوائيَّاتِ والجُسُورِ وأبْراجِ الكبُولِ الكهربائيَّة، تتألَّفُ من قوائمَ انضِغاطٍ فولاذيَّةٍ مُسَمَّرةٍ معًا (بالبراغي والحزَقات) في أنماطٍ من المُثَلَّثاتِ الفُولاذيَّة. وهذه هي الطريقةُ الأكثرُ فعَّاليَّةً لِنَشْرِ القُوى بالتَّساوي عَبْرَ كامِلِ المُنْشأة. ولِاحَظْ أنَّ الأنْفاقَ وقوائمَ أبراجِ الحَفْرِ لِاستِخْراجِ النِّفْط هي دَومًا أُنبوبيَّةُ الشَّكْل – ذلك لأنَّ الشَّكْلَ الأُنبوبيَّ أقوى على مُقاوَمَةِ قُوى الجِناية.

مَراحِلُ الإنشاء

هنالك ثلاثُ مراحِلَ أساسيَّةٍ في بناءِ مُنْشأةٍ ضَخْمة. أوَّلًا يَجِبُ مَدُّ الأَساساتِ الأرضيَّةِ لِدَعْمِ المُنْشأة. فتُسْتَخْدمُ موادُّ جاسِئةٌ مَتينةٌ كالأَعْمدةِ الفولاذيَّة والخَرَسانةِ لِتَقومَ بتَدْعيمِ المَبْنى أو الجِسْرِ أوالسَّدّ. ويُحَدَّدُ نَمَطُ الأساسِ بطبيعةِ وخصائصِ التُّربةِ في المِنْطَقة التي تُقامُ عليها المُنْشأة.

ثانيًا، تُبْنَى أجزاءُ المُنْشأةِ التي هي فوقَ الأَساسات. وفي كثيرٍ من الحالات، تُعَدُّ المُقَوِّماتُ في مَوقعٍ آخرَ ثُمَّ يَجْري تَجْميعُها في مَوقعِ البناء.

ثالِثًا وأخيرًا، يَتِمُّ إنجازُ السُّطوحِ الخارجيَّة. وفي حالِ المَباني، تُركَّبُ التَّجْهيزاتُ الداخليَّةُ التي تَشْمَلُ تَوْصيلاتِ الكهرباءِ والغازِ والمياهِ بالإضافةِ إلى مُكيِّفات الهواء.



مِدْفعةُ بَرْشَمةٍ تَدْفعُ بِرْشامًا فلِزِّيًّا ساخِنًا عَبْرَ صَفيحتَيْن فُولاذِيَّتَيْن.

يُبَشَّمُ طرَفُ مِسْمارِ البِرْشام الناتِئ ويُفَلْطَحُ، رابطًا الصَّفيحتَيْن معًا بثَبات.

يُمكِنُ مُشاهدَةُ الإقبال على المَباني الشامِخَةِ بوُضوح في هذه الصُّورة لإحدى المُدنِ الحديثة.

أُنْظُر أيضًا

الحديد ص 198
السَّبائك (الأشابات) ص 202 – 203
تَشكيلُ الموادّ ص 204 – 205
الآجُرُّ والحِجارةُ والخَرَسانة ص 220 – 221

مُحَرِّكاتُ البنْزين والدِّيزل

مُحَرِّكاتُ البنْزين والدِّيزل تَحْرِقُ وَقُودًا لِتَوليدِ طاقةٍ ميكانيكيَّة. وهذه الطاقةُ تُسْتَخْدمُ في الاستِعمالاتِ اليوميَّةِ لِتَشْغيلِ آليَّاتٍ تَشْمَلُ السيَّاراتِ والقواربَ.

في العام 1861، صَنَعَ المُهَنْدِسُ الألمانيُّ نيقولاوُس أوتو (1832 – 1891) أوَّلَ مُحَرِّكٍ بنْزينيٍّ عَمَليٍّ رُباعيِّ الأشْواط. ثُمَّ ابتكَرَ، عامَ 1876، مُحَرِّكَ الاحتِراقِ الداخليِّ الرُّباعيِّ الأشْواط؛ وسَجَّلَ براءةَ اختِراعه في السَّنةِ نَفْسِها.

مُحَرِّكاتُ البنْزين والدِّيزل أنماطٌ من مُحَرِّكاتِ الاحتِراقِ الداخليِّ؛ وهي تُسَمّى هكذا لأنَّها تَحْرِقُ الوَقُودَ داخِلَ أُسْطُواناتِها. يُحَرِّرُ بعضُ الطاقة عندَ احتِراقِ الوَقُودِ وتَتَحَوَّلُ مُباشرةً إلى طاقةٍ ميكانيكيَّة فيما يُفْقَدُ الباقي كطاقةٍ حراريَّة.

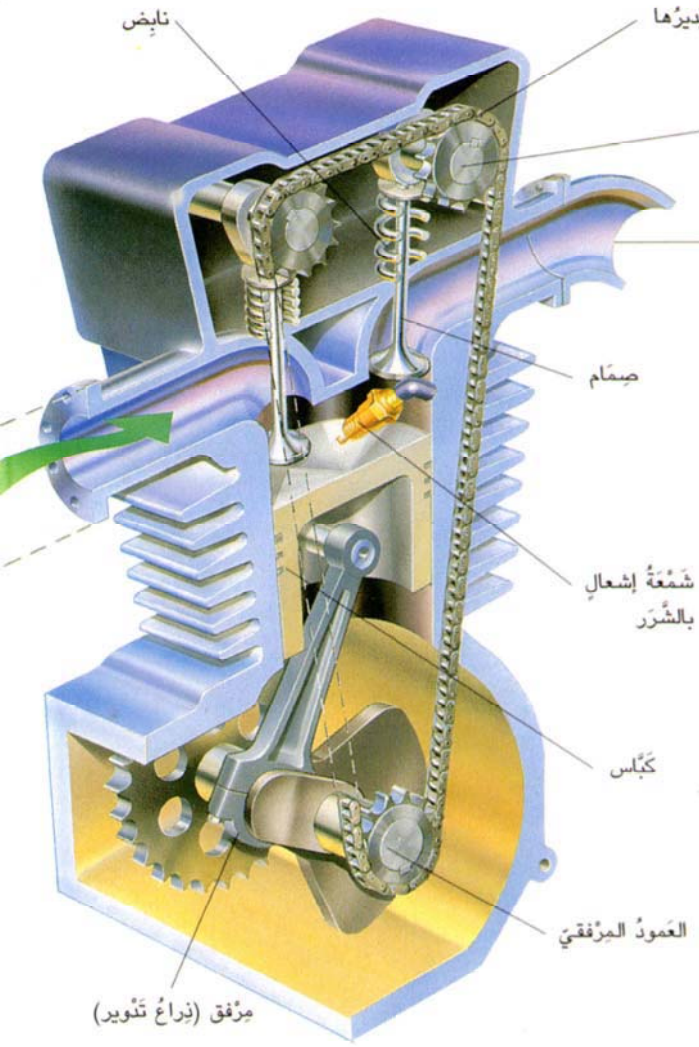
تُسْتَخْدمُ مُحَرِّكاتُ الاحْتِراق الداخليّ لِتَزْويدِ مُنْظمِ السيَّاراتِ والقواربِ بالقُدْرة. وهي أيضًا تُزَوِّدُ بعضَ الطائراتِ وقاطِراتِ السِّكَكِ الحديديَّةِ بالقُدْرة. وكثيرًا ما تُسْتَخدمُ مُحَرِّكاتُ البنْزين والدِّيزل لإدارةِ مُوَلِّداتِ الكهرباءِ المُعَدَّةِ لحالاتِ الطوارئ.

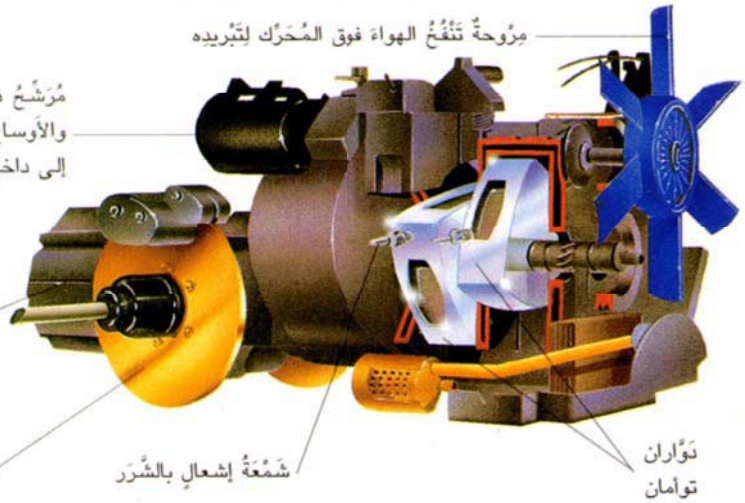
تَصاميمُ مُحَرِّكات البنْزين والدِّيزل الرُّباعيَّةِ الأشْواطِ مُتَشابِهَةٌ جِدًّا. ففي كلا الحالَيْن، يَحْترِقُ مَزيجٌ من الوَقُودِ والهواء داخِلَ أُسْطُواناتٍ ذاتِ كَبّاساتٍ مُلائمة. فعندما يتمَدَّدُ المَزيجُ المُحْتَرِقُ داخِلَ الأُسْطُوانة، يَدْفَعُ الكبّاسَ لِيَنْزِلقَ نَحو قُوَّهِ الأُسْطُوانة – دافعًا بدَوْره مِرْفَقًا على العمودِ المِرْفقيِّ، تمامًا ككَبْسِ الدَّرّاجِ على دَوّاسةِ درّاجتِه. ثُمَّ يَنْفَتِحُ صِمَامُ العادِم وتَبْدأُ غازاتُ الاحتِراق الفَضَلاتيَّةُ بالإفلات. في الوقتِ نَفْسِه، يدفَعُ العمودُ المِرْفقيُّ الكبّاسَ مُعيدًا إيّاهُ إلى داخلِ الأُسْطوانة، فتُطْرَدُ الغازاتُ المُتَبَقِّيَةُ إلى الخارج.

عندما يبلُغُ الكَبّاسُ قِمَّةَ الأُسْطُوانة، يَنْغَلِقُ صِمامُ العادِم (الإنفِلات) ويَنْفَتِحُ صِمامُ الإدخال. ومع شَدِّ العمودِ المِرْفقيِّ الكبّاسَ سَفْلًا، يَسْحَبُ مَزيجًا من الوَقُودِ والهواء إلى داخلِ الأُسْطُوانة. ويُسَمَّى هذا الشَّوْطُ شَوْطَ السَّحْب.

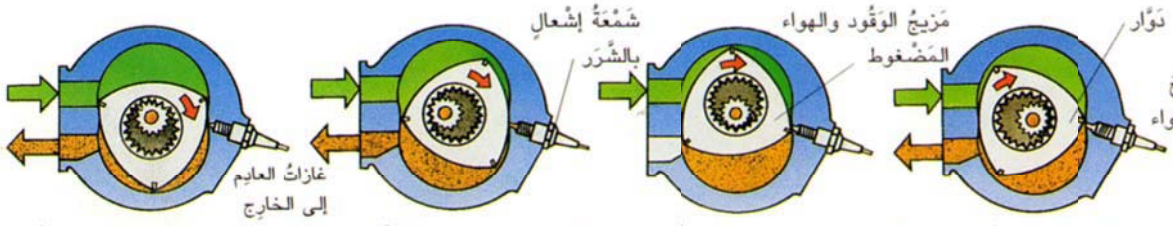
ثُمَّ يَنْغَلِقُ صِمامُ الإدخال ويُدْفَعُ الكبّاسُ، بواسطةِ المِرْفَق، إلى داخلِ الأُسطوانة ضاغِطًا ومُسَخِّنًا بالضغط مَزيجَ الوَقُود والهواء.

في مُحَرِّكِ البنْزين، تُشْعِلُ شَرارةٌ من شَمْعةِ الإشْعال المَزيجَ السَّاخِنَ فيَبْدأُ شَوْطُ قُدْرةٍ مُجَدَّدًا.





المُهَنْدِسُ الألمانيُّ فِلِكْس ڤانْكل (1902 – 1988) صنَعَ مُحَرِّكًا دَوّارًا، عامَ 1957، يَتَمَيَّزُ بكبّاسٍ مُثَلَّثيِّ الشَّكْل يَدورُ داخِلَ حُجْرةٍ خِلالَ دَوْرةِ الاحتِراق.



1 **شَوْطُ السَّحْب:** الدَّوّارُ الدائرُ يَسْفُطُ مَزيجَ البنْزينَ والهواء إلى الدّاخل.

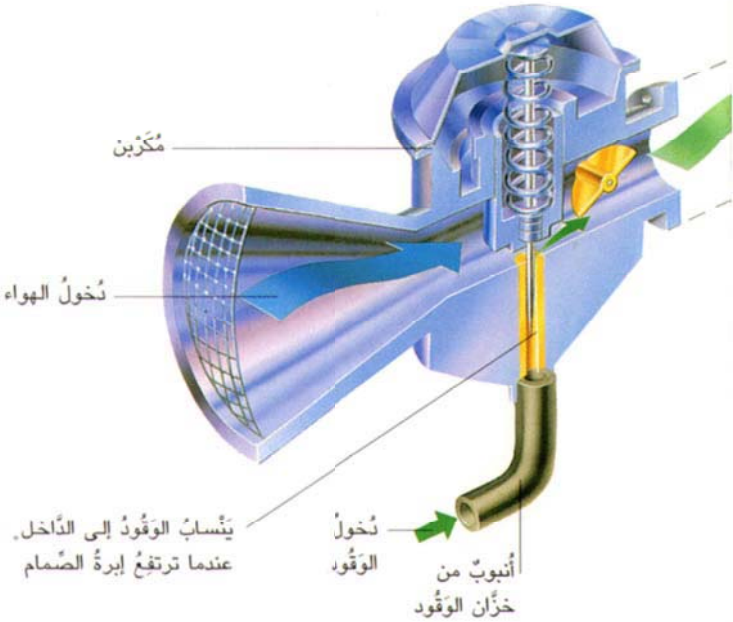
2 **شَوْطُ الانْضِغاط:** يَنْضغِطُ مَزيجُ الوَقُود والهواء عندما يَنْقُلُه الدوّارُ إلى مَوقعٍ مُقفَلٍ في الحُجْرة المُثَلَّثيّة.

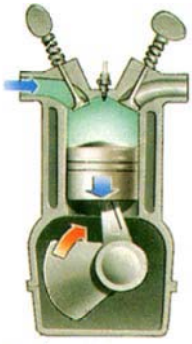
3 **شَوْطُ الإشعال:** يُشْعَلُ مَزيجُ الوَقُودِ والهواءِ المُنْضَغِطُ بواسطةِ الشَّرَر المُبْتَعِثِ من شَمْعةِ الإشْعال في موقعٍ التمَدُّد من الحُجْرةِ المُثلّثيّة.

4 **شَوْطُ الإنفِلات:** يُواصِلُ الدوّارُ دَورانَه في الحُجرةِ المُثَلَّثيّةِ دافِعًا مُخَلَّفاتِ الغازاتِ المُسْتَهلكة إلى الخارِج.

مُحَرِّكٌ بِنْزينيٌّ رُباعيُّ الأَشْواط

عَمِلَ المُهَنْدِسُ الأَلمانيُّ غوتْليب دِيمْلَر (1834 – 1900) مع نيقولاوس أُوتو على تَطْويرِ مُحَرِّكِ أُوتو. وسَجَّلَ دِيمْلَر براءَةَ اختِراع نَمَطٍ عالي السُّرعة من المُحَرِّكاتِ الرُّباعيَّةِ الأَشْواط عامَ 1887. المُحَرِّكاتُ البِنْزينيَّةُ النَّموذجيَّةُ قد تَحوي حتّى ثماني أُسْطُوانات. والكبّاسُ في كُلٍّ منها يُديرُ العمودَ المِرْفقيَّ عندما يَشْتَعِلُ مَزيجُ الوَقُود والهواء دافِعًا الكبّاسَ سَفْلًا. والصِّماماتُ النابضيَّةُ تَسْمَحُ لِمَزيجِ الوَقُود والهواء بالدخول إلى الأُسْطُوانةِ ولِغازاتِ العادم بالخروج منها.





1 شَوْطُ السَّحْب: يَهْبِطُ الكبّاسُ، ساحِبًا الهواءَ والوَقُودَ إلى داخلِ الأُسْطُوانة.

2 شَوْطُ الإنضِغاط: الكبّاسُ الصاعِدُ يَضْغَطُ مَزيجَ الوَقُود والهواء.

3 شَوْطُ القُدْرة: تُشْعِلُ شَرارةٌ مَزيجَ الوَقُود والهواءِ فيَشْتَعِلُ المَزيجُ مُتَفَجِّرًا دافِعًا الكبّاسَ سَفْلًا بقُوَّة.

4 شَوْطُ الإنفلات: يَصْعَدُ الكبّاسُ ويَطْرُدُ غازاتِ العادم إلى الخارج.

▲ تُسْتَخْدَمُ الدَّوْرةُ الرُّباعيَّةُ الأَشْواط في مُعْظَمِ مُحَرِّكاتِ السيّارات. وأشواطُ الكبّاس الأربعةُ هذه هي أشواطُ السَّحْبِ والإنضِغاطِ والقُدْرةِ والإنْفِلات. وشَوْطُ القُدْرةِ فقط هو الذي يُديرُ العمودَ المِرْفقيَّ. وفي المُحَرِّكِ الرُّباعيِّ الأَشْواط تكونُ كُلُّ أُسْطُوانةٍ في مَرْحلةٍ مُخْتلِفةٍ من التَّسَلْسلِ في أيِّ وَقْت.

مُحَرِّكاتُ الدِّيزِل

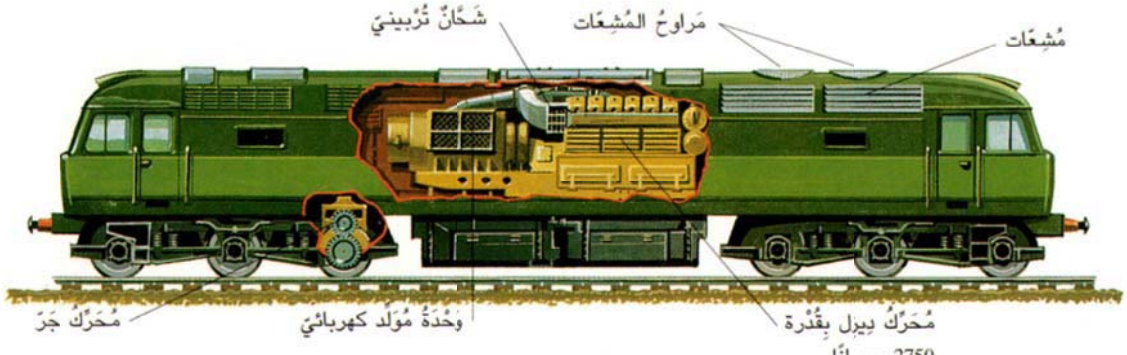
مُحَرِّكُ الدِّيزِل كان من اِبتِكار المُهَنْدِسِ الميكانيكيِّ الألمانيِّ، رُودولْف دِيزِل (1858 – 1913) عامَ 1896.

يَضْغَطُ مُحَرِّكُ الدِّيزِل مَزيجَ الوَقُود والهواءِ إلى حوالى ضِعْفِ ما يَضْغَطُه مُحَرِّكُ البِنْزين. وهذا يُسَخِّنُ المَزيجَ إلى ما فيه الكِفايةُ لِاشتِعالِه دونَ الحاجةِ إلى شَمْعةِ إشْعال. والمَعروفُ أنَّ وَقُودَ الدِّيزِل عادةً أَرْخَصُ ثَمَنًا من البِنْزين. كذلك فإنَّ مُحَرِّكاتِ الدِّيزِل تَحْرِقُ الوَقُودَ بِفَعاليَّةٍ أكثَرَ – فتَسْتَهْلِكُ بالتالي وَقُودًا أقَلَّ.

التَّحْسينات

يُمكِنُ تَحْسينُ مُحَرِّكاتِ البِنْزين والدِّيزِل بزِيادةِ فَعاليَّتِها الوَقُوديَّةِ وتَخْفيضِ التلَوُّثِ الذي تَبْتَعِثُه عَوادِمُها.

في كَثيرٍ من تصاميمِ المُحَرِّكاتِ الجديدة، استُبْدِلَ بالمُكَرْباتِ مَحاقِنُ الوَقُودِ الإلكترونيَّةُ التي تَضُخُّ الوَقُودَ داخِلَ الأُسْطُوانةِ أثناءَ شَوْطِ السَّحْب. ويتَحَكَّمُ مُعالِجٌ صُغْريٌّ في كَمِّيَّةِ الوَقُود المَحْقونَةِ وفي تَوقيتِ الحَقْن، بحيثُ يَحْتَرِقُ الوَقُودُ بِفعاليَّةٍ أكثَرَ وبمُلَوِّثاتٍ أقَلَّ.



► يُديرُ مُحَرِّكُ الدِّيزِل في قاطِرةِ دِيزِل كهربائيَّةٍ مُوَلِّدًا كهربائيًّا يُزَوِّدُ مُحَرِّكاتِ الجَرِّ الكهربائيَّةِ للقاطِرة بالقُدْرة. ويَضُخُّ شَحّانٌ تُرْبينيٌّ الهواءَ إلى داخلِ المُحَرِّك مِمّا يُنْتِجُ قُدْرَةً أكثَر.

اُنْظُر أيضًا

النَّفْط والتكرير ص 210 – 211
الإحتِراق ص 254
الشُّغْلُ والطاقة ص 294 – 295

المُحَرِّكاتُ النفَّاثة والتُّربيناتُ الغازيَّة

المُحَرِّكاتُ النفَّاثةُ تَدْسُرُ الطائراتِ إلى الأَمام بدَفْعِها الغازاتِ إلى الوراءِ بسُرعةٍ عالية. والتُّربيناتُ الغازيَّةُ تُحوِّلُ قُوَّةَ الغازاتِ المُتَمَدِّدة إلى طاقةٍ ميكانيكيَّة.

صَمَّمَ المُهَنْدِسُ البريطانيُّ فرانك ويتل (1907 – 1996) أوَّلَ مُحَرِّكٍ نفَّاث. وأُولى الطائراتِ التي جُهِّزَتْ بأحدِ مُحَرِّكاتِه بنَجاحٍ طارَتْ في العام 1941.

المُحَرِّكاتُ النفَّاثةُ تَسْتطيعُ دَسْرَ الطائرات بسُرعاتٍ أعلى من المُحَرِّكاتِ المِرْوحيَّة، وذلك بحَرْقِ مَزيجِ الوَقُود والهواء المَضْغوط في حُجْرةِ احتراقٍ وطَرْدِ غازاتِ الاحتراقِ خَلْفًا.

التُّربيناتُ الغازيَّةُ مَثيلَةٌ للمُحَرِّكات النفَّاثة؛ لكِنَّ الغازاتِ الحارَّةَ التي تُنْتِجُها تُسْتَخْدمُ لإدارةِ تُرْبين.

وفي كلا الحالَيْن، يَدْخلُ الهواءُ إلى المُحَرِّكِ من الجِهَةِ الأَماميَّةِ فَيُضْغَطُ بسِلْسِلةٍ من التُّربينات. ثُمَّ يَدْخلُ إلى حُجْرةِ الاحتِراق حيثُ يُمْزَجُ بالوَقُود؛ ويُشْعَلُ مَزيجُ الوَقُود والهواء فيَحْترِقُ بعُنْفٍ مُنتِجًا غازاتٍ حارَّةً مُتمَدِّدة.

الغازاتُ الحارَّةُ تَمُرُّ عَبْرَ تُرْبينٍ آخر وهي تُغادِرُ حُجْرةَ الاحتراق. هذا التُّرْبينُ يُديرُ الضاغِطَ في مُقَدِّمةِ المُحَرِّك.

في طائرةٍ ذاتِ مُحَرِّكٍ نفَّاث، هذه الغازاتُ تُفْلِتُ من المُؤَخِّرةِ بسُرعةٍ عالية فتَدْسُرُ الطائرةَ قُدُمًا.

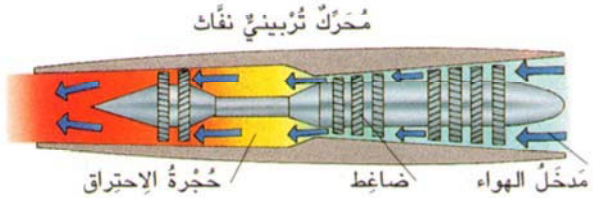
المُحَرِّكاتُ النفَّاثةُ البَسيطةُ تُسَمَّى مُحَرِّكاتِ تُربينيَّةً نفَّاثة. وهي قادِرَةٌ على دَفْعِ الطائرات بسُرعاتٍ عظيمة؛ لذا تُسْتَخْدمُ في دَسْرِ الطائراتِ العَسْكريَّة. لكِنْ يُؤخذ على المُحَرِّكاتِ التُّربينيَّةِ النفَّاثة أنَّها كثيرةُ الضَّجيج وغيرُ عاليةِ الكِفاية الوَقُوديَّة.

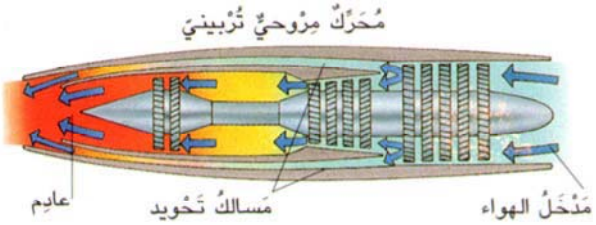
الطائراتُ النفَّاثةُ تُجَهَّزُ عادةً بمُحَرِّكاتٍ نفَّاثةٍ تُسَمَّى مُحَرِّكاتٍ مِرْوحيَّةً تُربينيَّة. الضاغِطُ في المُحَرِّكِ المِرْوحيِّ

طائرةُ الكونكُورْد تَنْطلِقُ، بقُدْرةِ الدَّسْر النفَّاث، بسُرعاتٍ تفوقُ سُرعةَ الصَّوْت.

الأَرياشُ الدوَّارةُ التي تُبْقي هِليكُوبْترات الشِّينوك مُحَلِّقةً في الهواء تُدارُ بأحَدِ أنواع التُّربيناتِ الغازيَّة.

في مَنْظومةِ تُرْبينٍ غازيّ، يَدْفَعُ ضاغِطٌ الهواءَ إلى داخلِ حُجْرةِ الإحتراق، حيثُ يُمْتزَجُ بالوَقُود، ويُشْعَلُ المَزيجُ بشَرارة. باحتراقِ الوَقُود تَنْتُجُ غازاتٌ حارَّةٌ وتتمَدَّدُ – فتُديرُ مُتواليةً سِلْسليَّةً من الأرياشِ المِرْوحيَّةِ تُسَمَّى تُرْبينًا (عَنَفَةً). يُمكِنُ استِخْدامُ دَوَرانِ التُّرْبين لإدارةِ مُوَلِّدٍ كَهْربائيّ بالإضافةِ إلى إدارةِ الضاغِطِ في مَدْخلِ هواءِ التُّرْبين.

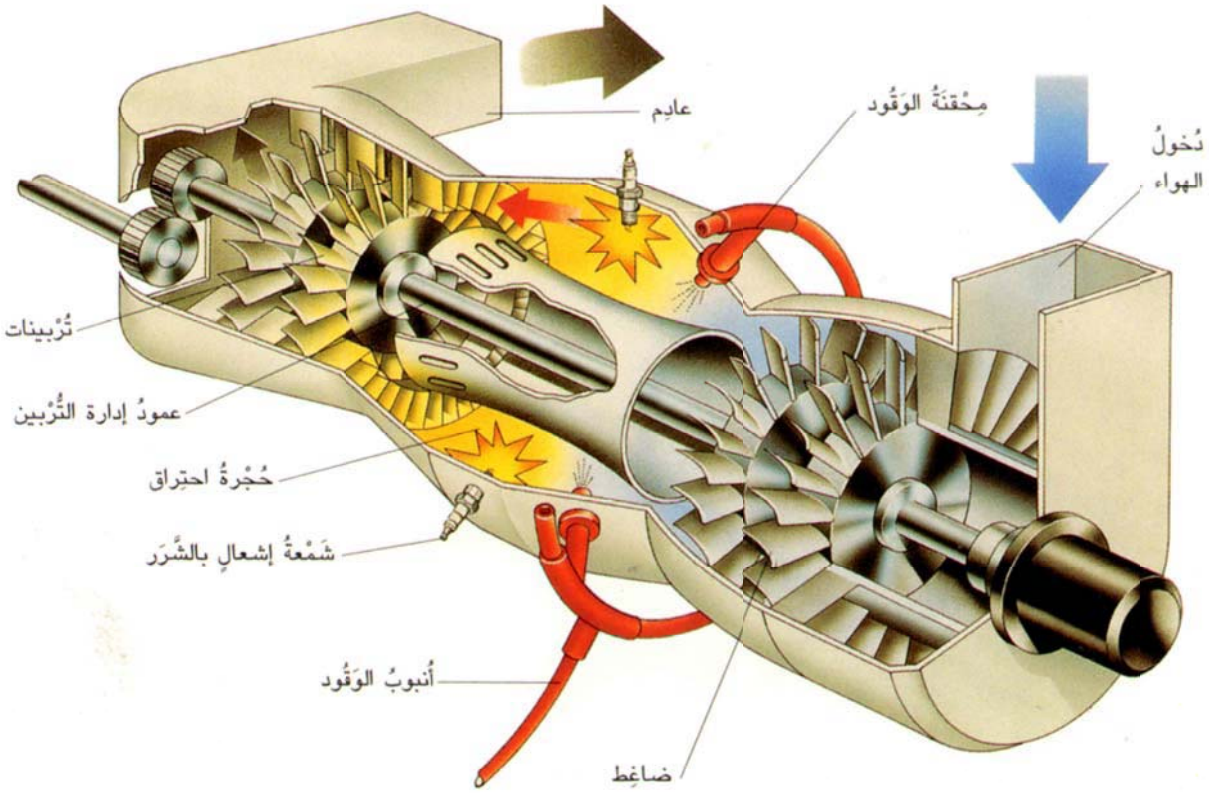




المُحَرِّكاتُ المِرْوحيَّةُ التُّرْبينيَّةُ أهدأُ وأكثَرُ فعاليَّةً من المُحَرِّكاتِ التُّرْبينيَّةِ النفَّاثة البَسيطة. المُحَرِّكاتُ المِرْوحيَّةُ التُّرْبينيَّةُ تدفَعُ الهواءَ حوْلَ مُحَرِّك الإحتِراق وعَبْرَه.

التُّرْبينيّ يَسْتَفِطُ هواءً أكثرَ مِمَّا يَحْتاجُه الوَقُودُ الذي يَحرِقُه. والهواءُ الفائضُ يَمُرُّ حولَ حُجْرةِ الاحتِراق ويُدْفَعُ خارِجًا عَبْرَ مُؤَخَّرةِ المُحَرِّك. المُحَرِّكاتُ المِرْوحيَّةُ التُّرْبينيَّةُ أقَلُّ ضَجيجًا وأكثَرُ فعاليَّةً من المُحَرِّكاتِ التُّرْبينيَّةِ النفَّاثة.

في التُّرْبينِ الغازيِّ، تُسْتَخْدمُ قُوَّةُ الهواءِ المُتمَدِّد المُنْفَلِتِ من حُجْرةِ الاحتِراق في تَدْويرِ تُرْبين. ودَورانُ عمود الإدارة في هذا التُّرْبين يُمكِنُ استِخْدامُه في تَدْويرِ مُوَلِّدٍ كَهْربائيٍّ مثلًا.

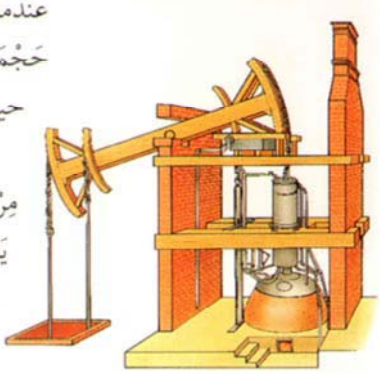


المُحَرِّكاتُ البُخاريَّة

المُحَرِّكاتُ البُخاريَّةُ تَسْتَخْدِمُ البُخارَ المَضْغوطَ من مِرْجَلٍ لِدَفْعِ الكبّاسات (المكابِس). فهي تُحَوِّلُ الطاقةَ الحراريَّةَ، من حَرْقِ الوَقُود، إلى طاقةٍ ميكانيكيَّة.

عندما يُغْلَى الماءُ في قِدْرٍ مكشوفةٍ، يُنْتِجُ حوالى 2000 مرَّةٍ حَجْمَه من البُخار. أمّا إذا أُغلِيَ في وعاءٍ مُحْكَمِ السَّدِّ، حيثُ لا يَسْتطيعُ التمَدُّد، فإنَّ ضغطَ البُخار يَزْداد.

المُحَرِّكاتُ البُخاريَّةُ تُتيحُ للبُخارِ المَضغوط، من مِرْجَلٍ مُحْمًى، التمَدُّدَ في أُسْطُواناتِها. وهذا التمَدُّدُ يَدْفَعُ الكبّاسَ للتَّحرك على طُولِ الأُسْطُوانة. وعندما يَقْتَرِبُ الكبّاسُ من أحدِ طرَفَي الأُسْطونة، يَنْفتِحُ صِمامٌ فيَدْفَعُ البُخارُ المَضغوطُ الكبّاسَ في الإتِّجاهِ لمُعاكِس. وبينما يَحْدُثُ ذلك، يُفْلِتُ البُخارُ على الجانبِ الآخر من الكبّاس. ويُحَوِّلُ ذِراعُ التوصيل والمِرْفَقُ (ساعدُ التدوير) حركةَ الكبّاس جَيئةً وذَهابًا إلى دَورانٍ في عمودِ الإدارة.



المُهَنْدِسُ البريطانيُّ تُوماس نيُوكومِن (1663 – 1729) ابتكرَ نَمطًا من المُحَرِّكاتِ البُخاريَّة الأوائل عامَ 1705. وكان يُسْتَخْدَمُ في ضَخِّ الماءِ من المناجِم.

تاريخُ المُحَرِّك البُخاريّ

بعضُ المُحَرِّكاتِ البُخاريَّة الأُولى كانت من تصميم تُوماس نيُوكومِن أوائلَ القَرْنِ الثامِنَ عَشَر. وهي كانت تُسْتَخْدَمُ لِضَخِّ الماءِ من مَناجِم الفَحْم. وفي عَقْدِ السِّتِّينيّاتِ من القَرْنِ الثامِنَ عَشَر، أدخَلَ جيمْس واط تَحْسيناتٍ على تَصاميم نيُوكومِن السابقة. ومع نِهايةِ ذلكَ القَرْن كانت المُحَرِّكاتُ البُخاريَّةُ تُسْتَخْدَمُ على نِطاقٍ واسِعٍ لإدارةِ المكِناتِ في المَصانع.

في العام 1804، قامَ المُهَنْدِسُ البريطانيُّ ريتْشارد تْريفِيثِك (1771 – 1833) بتَصْميمِ وبناءِ أوَّلِ قاطِرةٍ بُخاريَّة. وظَلَّتِ القاطِراتُ البُخاريَّةُ تُستَعْمَلُ على نِطاقٍ واسِعٍ حتَّى السِّتِّينيّات من القَرْنِ العِشْرين.

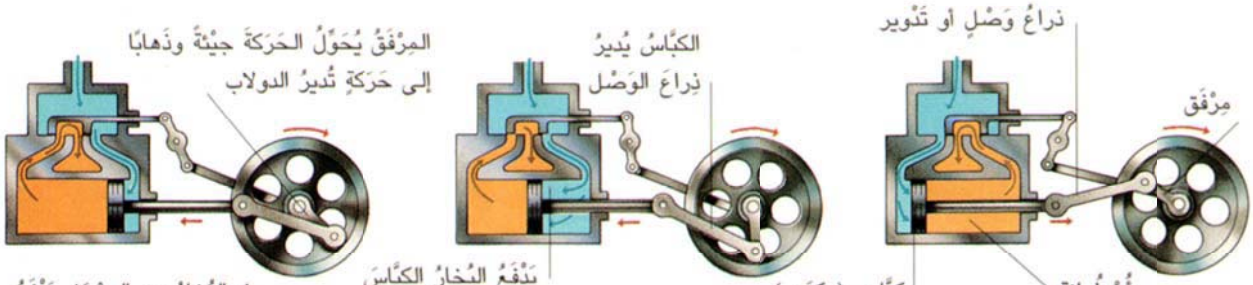
المُخْتَرِعُ البريطانيُّ جيمْس واط (1736 – 1819) طَوَّرَ أوَّلَ مُحَرِّكٍ بُخاريٍّ عَمَليّ. ففي العام 1764، ابتكرَ واط مُكَثِّفًا مُستَقِلًّا يُعيدُ البُخارَ المُسْتَهْلَكَ إلى ماءٍ لاستِخْدامِه مُجَدَّدًا.

التُّربيناتُ البُخاريَّة

في العام 1884، ابتكرَ المُهَنْدِسُ الإرلنديُّ تشارلْز پارسُونْز (1854 – 1931) تُربينًا بُخاريًّا يَسْتَخْدِمُ البُخارَ المُتمَدِّدَ لِتَدْويرِ عَمودِ إدارة. وبحُلول عام 1897، كان پارسُونْز قد أنجزَ بِناءَ سَفينةٍ تعمَلُ بالتُّربينات البُخاريَّة أسماها «تُربينيا»، وكانت أسْرعَ سفينةٍ في زَمانِها.

للتُّربيناتِ البُخاريَّةِ أفضَليَّةٌ على المُحَرِّكاتِ الكبّاسيَّة من حيثُ إنَّها تُنْتِجُ حَرَكةً دَورانيَّةً مُباشرةً – فلا تَحتاجُ إلى ذراعِ تَدْويرٍ ومِرْفَقٍ لِتَدْوير عمود الإدارة. كما إنَّ التُّربيناتِ البُخاريَّةَ أسْلَسُ دَورانًا وأكثرُ فعاليَّةً من المُحَرِّكاتِ الكبّاسيَّة. وهي تَشْغَلُ حَيِّزًا أقَلَّ من المُحَرِّكاتِ الكبّاسيَّة ذاتِ القُدْرةِ المُكافئة.

حاليًّا، الاستِخْداماتُ الرئيسيَّةُ للتُّربيناتِ البُخاريَّةِ هي في مَحَطّاتِ تَوليد القُدْرة وفي دَسْرِ السُّفُن العاملةِ بالقُدْرةِ النَّوَويَّة.



▲ البُخارُ من المِرْجَل يَدْفَعُ الكبّاسَ في الأُسْطُوانة. الكبّاسُ مُتَّصِلٌ بمِرْفَقٍ يُحَوِّلُ حَرَكتَه الترَدُّديَّةَ أمامًا وخَلْفًا إلى حَرَكةٍ دائريَّة.

◀ قاطِراتٌ كهذه، العامِلَةِ بالقُدْرةِ البُخاريَّة، كانت تقومُ بجَرِّ قُطُرِ الرُّكّاب السَّريعةِ بسُرعاتٍ تُقارِبُ 160 كيلومترًا في السّاعة.

اُنْظُر أيضًا

الفَحْمُ الحَجَريّ ص 213
التمَدُّدُ والتقَلُّص ص 255
الضَّغْط ص 311
مَحطّاتُ تَوليدِ القُدْرة ص 348

الهَيْدروليَّاتُ والنَّفْحِيَّات (حركيَّاتُ السَّوائلِ والغازاتِ المَضْغوطة)

المَنْظوماتُ الهَيْدروليَّةُ تَسْتَخْدِمُ سوائلَ مَضْغوطةً لِنَقْلِ القُدْرةِ من مكانٍ إلى آخَر. والمَنْظوماتُ النَّفْحيَّةُ تَسْتَخْدِمُ غازاتٍ مَضْغوطةً للغايةِ نَفْسِها.

القَلَّاباتُ على جَناحِ الطائرة هذه تُشَغِّلُها آليَّاتٌ هَيْدروليَّة. والرَّفْعُ الذي يُنْتِجُه الجَناحُ يعتَمِدُ على مَواقِعِ هذه القلَّابات.

المَرافِعُ الشَّوكيَّةُ تَسْتَخْدِمُ مَنْظوماتٍ هَيْدروليَّةً لِرَفْعِ أحمالٍ ثقيلةٍ، كصناديقِ الشَّحْن.

إذا ضُخَّ سائلٌ أو غازٌ في طَرَفِ أُنبوبٍ أُفُقيٍّ مُغْلَقِ الطرفِ الآخر، فإنَّ الضغطَ يكونُ مُتَساويًا أينَما كان على طُولِ الأُنبوب. وإذا مالَ الأُنبوبُ على مُنْحَدرٍ، فإنَّ الضغطَ بداخِلِه يَزْدادُ من أعلى إلى أسْفل بتأثيرِ وَزْنِ الغازِ أو السائلِ الفَوقيّ. لكِنْ، إذا ضُخَّ مَزيدٌ من الغازِ أو السائل إلى داخلِ الأُنبوب، فإنَّ الضغطَ سَيَزْدادُ بالقَدْرِ نَفْسِه في كامِلِ أنحاءِ الأُنبوب.

المَنْظوماتُ الهَيْدروليَّةُ والنَّفْحِيَّةُ تَسْتَخْدِمُ هذه الظاهِرَةَ لِنَقْلِ الضغطِ عَبْرَ شَبَكةٍ من الأنابيب.

الضَّغْطُ والقُوَّة

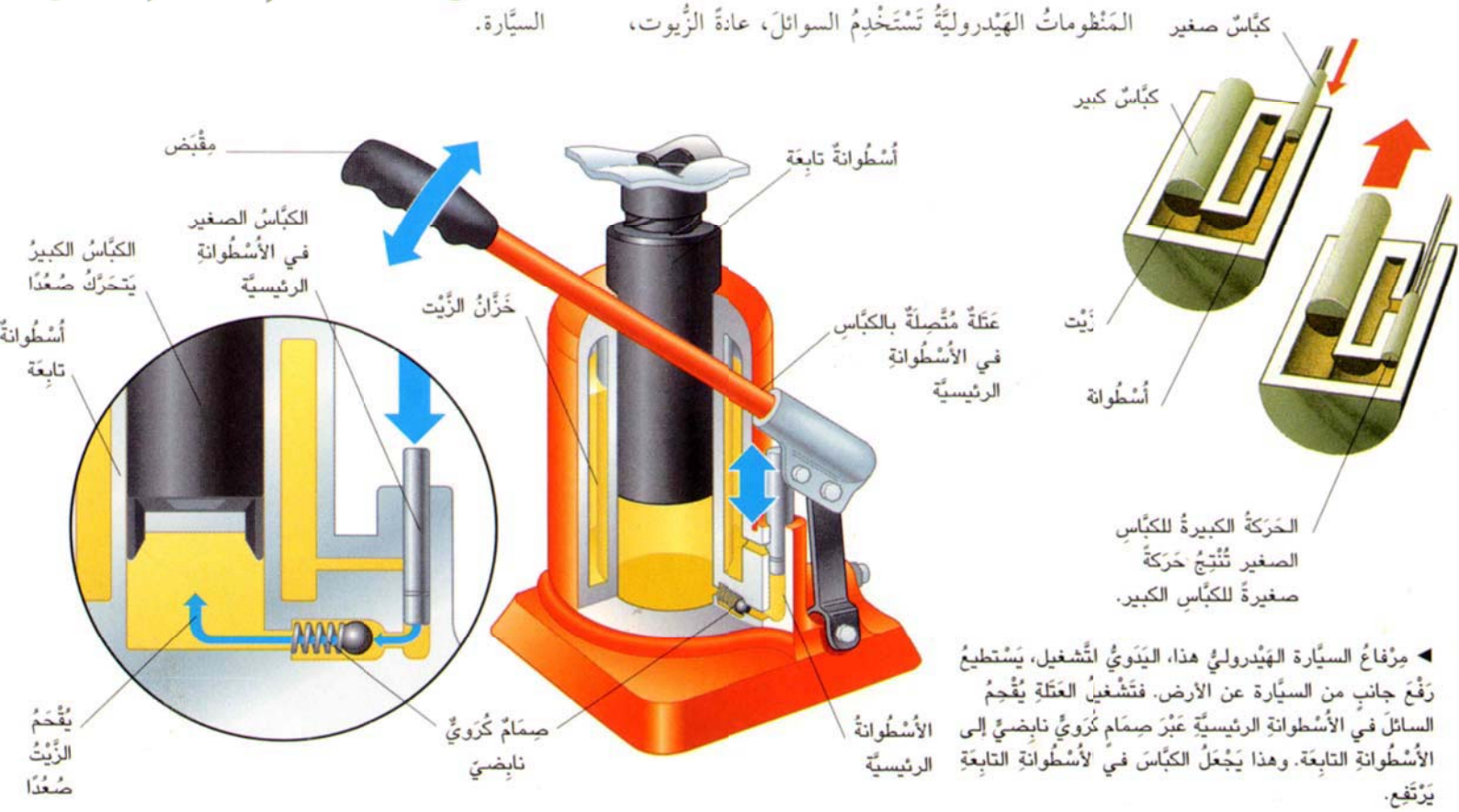
يُعَرَّفُ الضغطُ بمِقْدارِ القُوَّةِ المُؤثِّرةِ على وَحْدةِ المِساحة (اُنْظُر ص 311). فإذا ضُخَّ مائعٌ في أُسْطُوانةٍ ذاتِ كبَّاس، فإنَّ القُوَّةَ على الكبَّاس تُساوي ضَغْطَ المائعِ مَضْروبًا في مِساحةِ المَقْطعِ العَرْضيِّ للكبَّاس. وإذا ضُخَّ مائعٌ بالضغطِ نَفْسِه تمامًا في أُسْطُوانةٍ مِساحةُ مَقْطَعِها العَرضيّ ضِعفُ مساحةِ المَقْطَعِ العرضيِّ للكبَّاس، فإنَّ القُوَّةَ على الكبَّاسِ الأكبَرِ ستكونُ ضِعْفَ القُوَّةِ على الكبَّاسِ الأصْغَر.

▼ المَنْظوماتُ الهَيْدروليَّةُ ذاتُ الأُسْطُواناتِ المُخْتلفةِ المَقاييس يُمكِنُ استِخْدامُها لِتَضْخيمِ القُوَّة. فالحَرَكةُ الكبيرةُ للكبَّاسِ الصغير تُنْتِجُ حركةً أصغرَ للكبَّاسِ الأكبَر، لكِنْ بِقُوَّةٍ أعْظم.

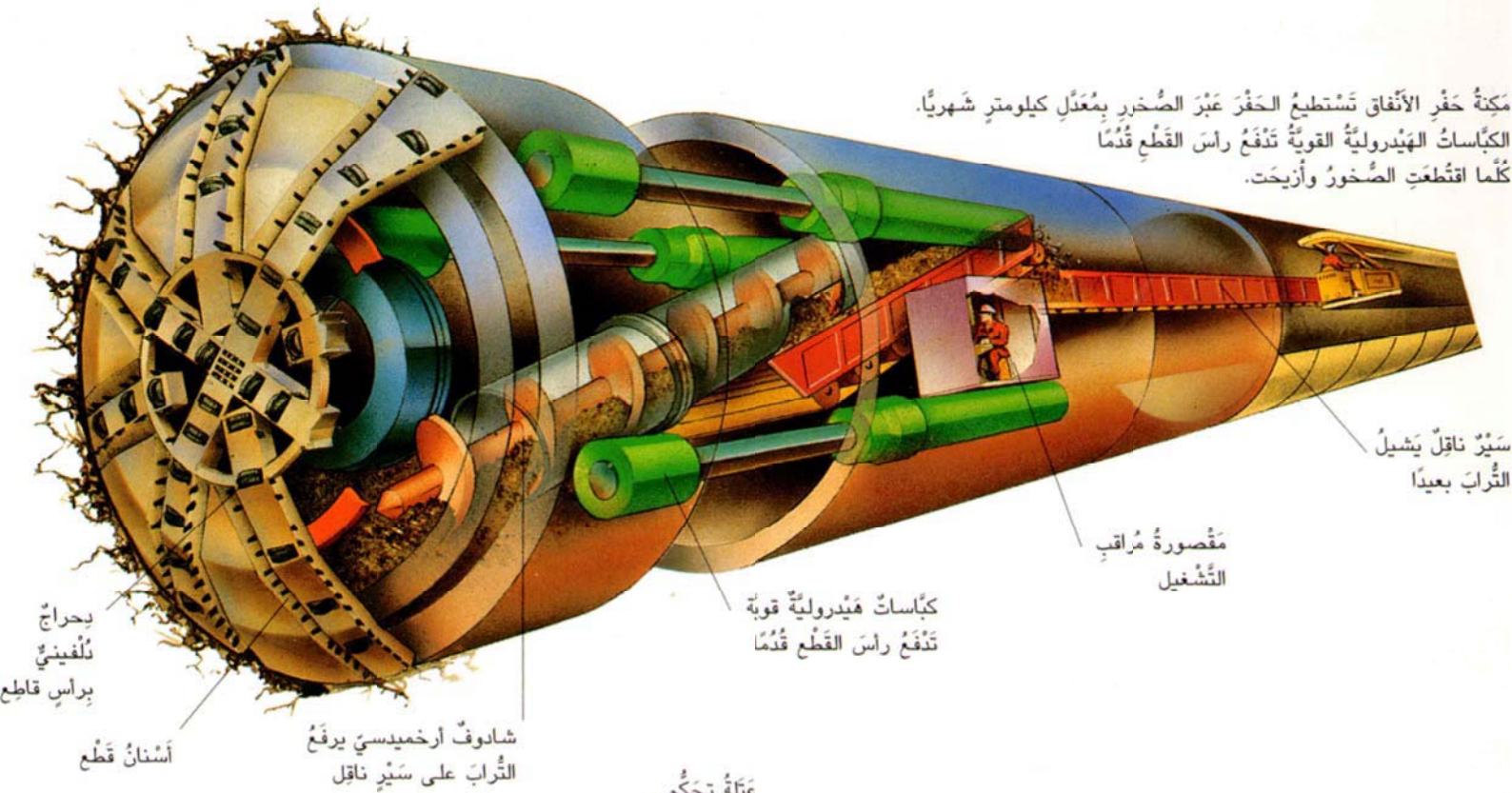
الهَيْدروليَّات (حَرَكيَّاتُ السَّوائل)

المَنْظوماتُ الهَيْدروليَّةُ تَسْتَخْدِمُ السوائلَ، عادةً الزُّيوت، لِنَقْلِ الضغطِ عَبْرَ الأنابيب. ويُسْتَخْدمُ كثيرٌ من هذه المَنْظومات في رَفْعِ أحمالٍ ثَقيلةٍ باستِخْدامِ قُوًى قليلة.

إنَّ ثِقلَ طُنٍّ واحدٍ فوقَ كبَّاسٍ ذي مَقْطعٍ عَرْضيٍّ مِساحتُه مترًا مُرَبَّعًا يُنْتِجُ الضغطَ نَفْسَه كمئةِ غرامٍ على كبَّاسٍ مِساحتُه سنتيمترًا مُرَبَّعًا واحدًا. مِرْفاعُ السيَّارةِ الهَيْدروليُّ يَسْتَخْدِمُ المَبْدأَ نَفْسَه لِرَفْعِ سَيَّارةٍ يَدويًّا بضَخِّ الزَّيْت داخلَ أُسْطُوانةٍ كبيرةٍ تَحْمِلُ ثِقْلَ السيَّارة. القُوَّةُ اللَّازِمَةُ ضئيلةٌ لأنَّ الكبَّاسَ الذي يَضُخُّ الزَّيْتَ أصغَرُ بكثيرٍ من الكبَّاسِ الذي يَرْفَعُ السيَّارة.



◄ مِرْفاعُ السيَّارة الهَيْدروليُّ هذا، اليَدَويُّ التَّشغيل، يَسْتَطيعُ رَفْعَ جانبٍ من السيَّارة عن الأرض. فتَشْغيلُ العَتَلةِ يُقْحِمُ السائلَ في الأُسْطوانةِ الرئيسيَّةِ عَبْرَ صِمَامٍ كُرَويٍّ نابِضيٍّ إلى الأُسْطُوانةِ التابِعَة. وهذا يَجْعَلُ الكبَّاسَ في الأُسْطُوانةِ التابِعَةِ يَرْتَفِع.



لكِنْ يُحْتاجُ إلى عِدَّةِ أشواطٍ ضَخٍّ لِمَلْءِ الحَيِّزِ في الأُسْطُوانةِ الكُبْرى أثناءَ رَفْعِ السيَّارة.

المَنْظوماتُ الهَيْدروليَّةُ النَّموذجيَّةُ تَسْتَخْدِمُ مِضَخَّاتٍ لِتَوفيرِ مائعٍ هيدروليٍّ مَضْغوط. وقد تكفي مِضَخَّةٌ واحدةٌ لِتوفيرِ المائعِ المَضْغوطِ لِتَشْغيلِ عِدَّةِ كبَّاساتٍ هَيْدروليَّةٍ في وَقْتٍ واحد. ويَجْري التحكُّمُ في دَفْقِ المائعِ إلى كُلِّ كبَّاسٍ بواسطةِ صِمَاماتٍ خاصَّة. ويُعْتَقُ الضغطُ بِغَلْقِ صِمَامِ إدخالِ المائعِ وتَصْريفِه عَبْرَ أُنبوبٍ يُعيدُه إلى الخَزَّان.

تُسْتَخْدَمُ الهَيْدروليَّاتُ لِتَحْريكِ الأَذْرُعِ الرُّوبوتيَّة، وسَوْقِ مَكِناتِ حَفْرِ الأَنفاق، والتحكُّمِ بِقلَّاباتِ أجنِحَةِ الطائرات، وتَشْغيلِ مَنْظوماتِ الكَبْحِ والقيادةِ المُؤازَرَةِ آليًّا في السيَّاراتِ والشَّاحنات.

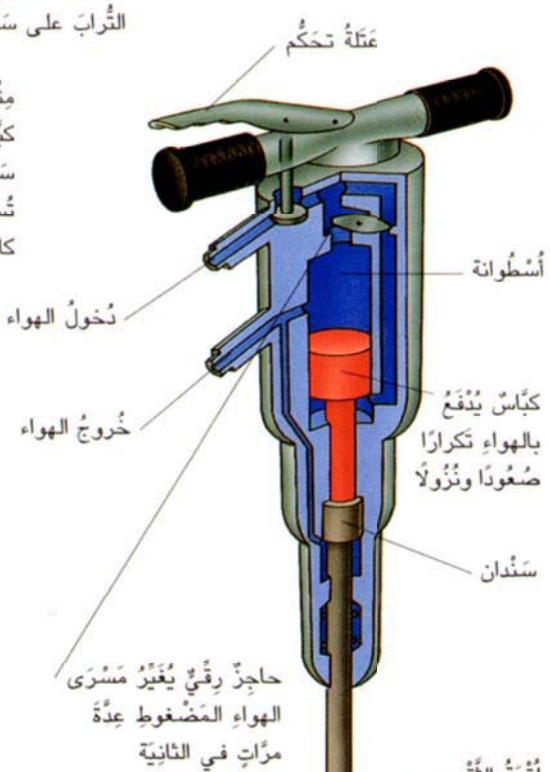
النَّفْحِيَّات (حَرَكِيَّةُ الغازات المَضْغوطة)

المَنْظوماتُ النفحيَّةُ مَثيلةٌ للمَنْظوماتِ الهَيْدروليَّةِ من حيثُ إنَّها تَسْتَخْدِمُ الأنابيبَ لِنَقْلِ الضَّغْطِ من المِضَخَّة إلى عُدَدِ الشُّغْل. والفَرْقُ الرئيسيُّ بينَها هو أنَّ المَنْظوماتِ النفحيَّةَ تَسْتَخْدِمُ الهواءَ بدَلَ المائعِ الهَيْدروليّ.

المَنْظوماتُ النفحيَّةُ لا تُسْتَخْدَمُ في أعْمالِ التشغيلِ الثَّقيل، من رَفْعٍ ودَفْع، التي تَقومُ بها المَنْظوماتُ الهَيْدروليَّة. ذلك لأنَّ الهواءَ يَنْضَغِطُ بِسُهولة، فيَنْبَغي ضَغْطُ حُجومٍ ضَخْمةٍ من الهواء للحُصولِ على الضُّغُطِ المُسْتَخْدمةِ في المَنْظوماتِ الهَيْدروليَّة.

في مُعْظمِ المَنْظوماتِ النفحيَّة، يُسْتَخْدمُ الهواءُ المَضْغوطُ لإدارةِ مُحَرِّكاتٍ كبَّاسيَّةٍ أو تُربينات. فالمِثْقابُ النفحيُّ، مثلًا، يَسْتَخْدِمُ نوعًا من المُحَرِّكاتِ الكبَّاسيَّةِ لِسَوْقِ لُقْمتِه جَيْئةً وذَهابًا. أمَّا مثاقيبُ الأَسْنان فتُدارُ بتُرْبيناتٍ هوائيَّة. وفي كلا الحالَيْن، يُعْتَقُ الهواءُ بَعدَ الاسْتِعمال.

يُلْجأُ إلى استِخْدامِ المُحَرِّكاتِ النفحيَّةِ القُدْرةِ حيثُ يَتعَذَّرُ استِخْدامُ المُحَرِّكاتِ الكهربائيَّةِ الضخمة أو حيثُ يُخْشَى من شَرارةِ مُحَرِّكٍ أن تُحْدِثَ انْفِجارًا.



مِثْقابٌ نَفْحِيٌّ يَسْتَخْدِمُ الهواءَ المَضْغوطَ لِتَحْريكِ كبَّاسٍ بِسُرعةٍ صُعُودًا ونُزُولًا. الكبَّاسُ يَطْرُق سَنْدانًا في أعلى لُقْمة الثَّقْب. والخَبَطاتُ المُتكَرِّرةُ تُساعِدُ المِثْقابَ في اخْتِراقِ سُطُوحِ صَلْدةٍ كالصَّخْر والخَرَسانة.

الضَّغْطُ النفحيُّ يَنْفُثُ المُحْتَوياتِ الكيماويَّةَ لِمُطْفِئةِ الحَريق خارجًا عندما تُشَغَّل.

اُنْظُر أيضًا

حالاتُ المادَّة ص 156
الروبوتيَّات ص 236 – 237
النظريَّةُ الحَراكيَّة ص 256
الموائع ص 310
الضَّغْط ص 311

إنتاجُ الأَغْذِيَة

يُنْتَجُ الغِذاءُ بازدِراع الزُّروع وحَصْدِ المَحاصيلِ الزِّراعيَّة، كما بِصَيْدِ الأَسْماكِ من البِحارِ والأَنْهارِ ومَزارعِ الأَسْماك، وبتَرْبيةِ المَاشِيَةِ ونَحْرِها.

يَجْري قِطافُ هذه الفُلَيفلةِ الخَضْراء في مزرعةٍ حديثةٍ يدَويًّا – كما هي الحالُ في الكثيرِ من الثِّمارِ والخضراواتِ الأُخرى؛ ثُمَّ تُنْقَلُ على سَيْرٍ ناقلٍ إلى الشَّاحنات.

في أزمانٍ ما قبْلَ التاريخ، كان الناسُ يَعْتاشون بتَصَيُّدِ الحيوانات والأَسْماك وتَجميعِ الطَّعام من النَّباتات حيثُما يَجدونها نامِيَةً طبيعيًّا. ثُمَّ تعلَّمَ الناسُ تَدْريجيًّا طرائقَ بَذْرِ الحَبِّ وازدراعِ الزُّروع وحَصدِ المَحاصيل وتربيَةِ المواشي للحُصولِ على الطَّعام.

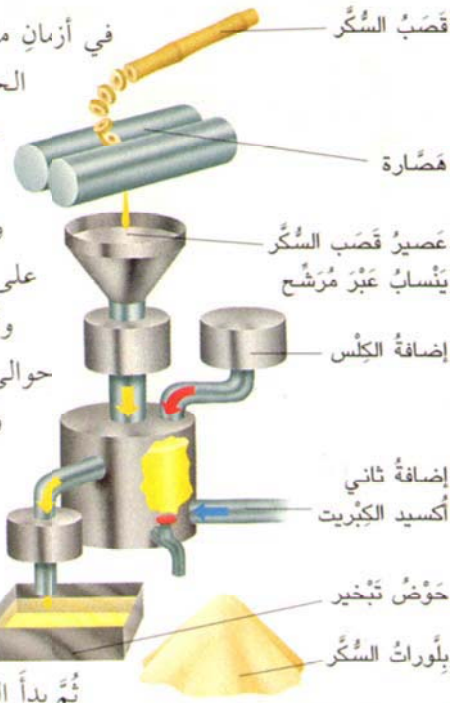
وتُبَيِّنُ شَواهِدُ العادِيات والآثارِ أنَّ الفِلاحةَ بدأَتْ حوالى العام 10 000 ق.م. ومُنْذُئذٍ غَيَّرتِ الاختِراعاتُ والتكنولوجيَّاتُ التِّقاناتِ الزِّراعيَّةَ جَذْريًّا.

المَحاصيلُ الغِذائيَّة

استَخْدمَ المُزارعونَ الأَوائلُ أدواتٍ يَدويَّةً لِفِلاحةِ الأرضِ واجتِناءِ المَحاصيل. وكانَ إنتاجُ الأغذيةِ عمَلًا مُجْهِدًا شاقًّا.

ثُمَّ بدأَ الرومان وشُعوبٌ أُخرى، منذُ القَرْنِ الخامِسِ الميلاديّ، يَسْتَخْدمون الثيرانَ لِجَرِّ مَحاريثَ مُجهَّزةٍ بشَفَراتِ قِطَعٍ حديديَّة – فيَسَّرَ لهُم ذلك فِلاحَةَ تُرَبٍ أَقْسَى وأعسَرَ من أنْ تُفْلَحَ يَدَويًّا.

ومنذُ القَرْنِ الثامِنَ عَشَر، ابتُكِرتْ مَكِنات جعلَتْ أعمالَ البَذْرِ والحَصادِ أسهَلَ وأسْرعَ. وفي القَرْنِ العِشْرين، أتاحتِ الآلِيَّاتُ المُمَكْنَنةُ (المُجهّزةُ بالمُحَرِّكات) فِلاحةَ مِساحاتٍ أوسَعَ في وقتٍ أقَلّ.



يُمكِنُ صُنْعُ السُّكَّر من المُصَّان (قَصَب السُّكَّر) بهَصْرِ سُوقِ القَصَب واستِخْلاصِ عَصيرها. ثُمَّ يُرَشَّحُ العَصيرُ ويُنَقَّى باستِخْدام الكِلْس (كَرْبونات الكالسيُوم) ويُبَيَّضُ بثاني أُكسيد الكِبْريت ثُمَّ يُعادُ تَرشيحُه. وتَتكوَّنُ بلّوراتُ السُّكَّر بعْدَ أنْ يَتبَخَّرَ الماءُ من المَحْلولِ السُّكَّريّ الناتِج.

الأَسْماكُ والمأكولاتُ البَحْريَّةُ الأُخرى

صَيْدُ السَّمَك هو إحدى أهَمِّ الصِّناعاتِ الغِذائيَّةِ في العالَم. إذْ يُصْطادُ حوالى 100 مليونِ طُنٍّ من الأَسْماكِ والمأكولاتِ البَحْريَّةِ الأُخرى سَنَويًّا. ورُغْمَ أنَّ المُحيطاتِ شاسِعَةٌ، فإنَّ مُعظمَ الأَسْماكِ تَعيشُ وتُصْطادُ ضِمْنَ مدَى 100 كيلومترٍ من السَّواحل.

التَّحْسيناتُ في تِقاناتِ صَيْدِ الأَسْماك خِلالَ القَرْنِ العِشْرين شَمَلتْ استِخْدامَ السَّبْرِ الصَّدَويِّ لِتَحْديدِ مَواقِع

► الحَصّادةُ الدرّاسة مَكِنةٌ مُزْدَوجةُ العَمل في حَصادِ المَحاصيل الزراعيَّة الغِلاليَّة كالحِنْطة (القَمْح) والشُّوفانِ والشعير. بِدايةً يَقومُ دولابُ القَطْعِ بِحَصْدِ السُّوقِ النامِيَةِ التي يَجْري دَرْسُها في أُسْطُوانةٍ دَوّارةٍ تَفْصِلُ الحَبَّ عن القَشّ. فيُقْذَفُ القَشُّ من مُؤَخِّرةِ المَرْكَبةِ فيما يَتجَمَّعُ الحَبُّ في قادوس. ومن حينٍ لآخر يُحَمَّلُ هذا الحَبُّ على شاحناتٍ بواسطةِ ذِراعِ صَبِّ الحبُوب.

تَرْبِيَةُ أَبْقار اللَّبَن

مُعظمُ إنتاجِ اللَّبَن (الحَليب) في العالَم يُسْتَحْصَلُ عليه من الأَبْقار. في مَزارعِ الأَلْبانِ الحديثةِ تُحْلَبُ الأَبْقارُ عادةً مرَّتَيْنِ في اليوم بمَكِناتٍ خاصَّة. فيُؤْخذُ اللبنُ عَبْرَ أُنبوبٍ مُعقَّم من حَلْمةِ البَقرة مُباشَرةً إلى غُرفةِ تَبْريدٍ وتَخْزين قبْلَ نَقْلِه. ويُعالَجُ اللبنُ (الحليبُ) في المَصْنَع إمّا بالتعبئةِ في قواريرَ أو يُصَنَّعُ مُنْتَجاتِ أَلْبانٍ كالزُّبْدِ والجُبْنِ واللَّبَنِ الرَّائب. بَقَرةُ اللَّبَن تُنْتِجُ في المُعَدَّلِ ما بين 6000 إلى 9000 لِتْر من اللَّبَن (الحَليب) سَنَويًّا تبعًا لِسُلالَتِها.

1 تَدْخلُ الأَبْقارُ حَظيرةَ الحَلْبِ عائدةً من الحُقُول

2 تُوصَلُ أَقداحُ الحَلْبِ بضَرْعِ البَقَر. ويُسْتَخْرَجُ الحليبُ بالتَّفْريغِ الخَوائيّ.

3 يُوَجَّهُ الحليبُ عَبْرَ أنابيبَ إلى صِهْريجِ تَخْزينٍ مُبَرَّد

4 صِهريجيَّاتٌ تَجْمَعُ الحليبَ وتَنْقُلُه إلى معامِلِ التَّصْنيع

5 يتَحَكَّمُ حاسُوبٌ جُزْئيًّا بتَشْغيلِ حَظيرةِ الحَلْب

6 تُغادِرُ الأَبْقارُ الحَظيرةَ عائدةً إلى الحُقُول

أَسْرابِ السَّمَك وتَتَبُّعِها. يُضافُ إلى ذلك سُفُن مِجْرافيَّةٌ مُكْتَملةُ التَّجْهيزات تَصْطادُ الأَسْماكَ بأعدادٍ ضَخْمةٍ وتُجَمِّدها في رِحْلةٍ واحدة. ومُنْذُ عَقْدِ الأَرْبعينيَّات من القَرْنِ العِشْرين، أدَّى القلَقُ على تدَنِّي الثروات السمكيَّةِ إلى فَرْضِ قُيودٍ على حُجومِ الأَسْماك التي يُصَرَّحُ بصَيْدِها من أنواعٍ مُعَيَّنةٍ منها بمُقْتَضى مُعاهداتٍ وقوانينَ خاصَّة. وفي الوقتِ نَفْسِه ابتُدِئَ بتَرْبيةِ الأسماكِ بأعدادٍ مُتَزايدةٍ في أحواضٍ أو بِرَكٍ أو أقفاصٍ تحت مائيَّة في مَزارعَ سَمَكيَّة.

وأَسْماكُ المَزارع هي غالبًا من السَّلْمون والتُّروت وبلَحِ البَحْر والمَحار. ويُقدَّرُ أنّ حوالى عُشْر مُجمَلِ المأكولات البَحريَّة التي تُسَوَّق حاليًا مَصْدَرُه مَزارعُ سَمَكيَّة.

أَغْذِيَةٌ من الحيوانات

لقد رَبَّى البَشَرُ الحيواناتِ للإفادةِ من بَيْضِها ولَحْمِها ولَبَنِها مُنْذُ حوالى العام 9000 ق.م. لكِنَّ مَزارعَ الحيواناتِ لم تُطَوَّرْ كَصِناعَةٍ إلّا منذُ عَهْدٍ قريبٍ نِسْبيًّا.

مُعظمُ مَزارعِ الأَلْبان أَضْحَت مُمَكْنَنَةً في القَرْنِ العِشْرين، ورُبِّيَتِ الدواجنُ، من طُيُورٍ وماشِيَةٍ، جماعاتٍ في حَظائرَ لِتَخْفيضِ التكاليف. كذلك بدأَ المُزارعون يَسْتَخْدمونَ أنماطًا جديدةً من التَّغْذيةِ والمُضادَّاتِ الحيَويَّةِ والعَقاقيرِ الأُخرى لِتَحْسينِ النِّتاج. ومنذُ السِّتِّينيَّاتِ من القَرْنِ العِشْرين أخذ الإزْدِراعُ العُضْويُّ (دونَ استِعمال لكيماويَّات) يَكْتَسِبُ شَعْبيَّةً ورَواجًا.

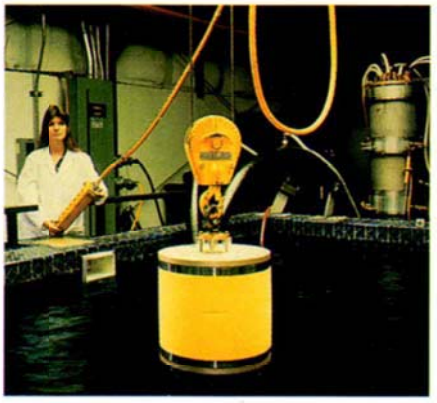
على بَعْضِ مَراكبِ صَيْدِ السَّمَك الكبيرةِ يُعالَجُ الصَّيْدُ للتَّسْويقِ أثناءَ الإبحار. فعندما تُرفَعُ شِباكُ الجَرْفِ إلى سَطْحِ المَرْكَب، يَجْري أوّلًا فَرْزُ الصَّيْد (السَّمَك المَصيد) إلى أنواعِه المُخْتلِفة. ثُمَّ تُزالُ أحشاءُ السَّمك وأعفاجُها (أعضاؤها الداخليَّة) وتُنَظَّفُ قبْلَ توضيبِها مع الجَليدِ في صناديق تُخْتزَنُ في حُجَيْراتِ تَجْميدٍ تحتَ سَطْحِ المَرْكَب. هذه المُعالَجةُ تَحْفَظُ الأَسْماكَ طازَجةً في طريقِها إلى السُّوق.

اُنْظُر أيضًا

النَّباتاتُ والنَّاس ص 66 – 67
الغِذاءُ والتَّغْذِيَة ص 126
مُعالجَةُ الأَغْذِيَة ص 232 – 233

مُعالَجةُ الأَغْذِيَة

يُعالَجُ الكثيرُ من المَوادِّ الغِذائيَّة نبْلَ نَقْلِه إلى المَتاجِر. وتتعَلَّقُ هذه المُعالَجاتُ في مُعظمِها بأمورِ تَوضيبِ المأكولاتِ وحِفْظِها.



خَبيرةٌ تِقنيَّةٌ في مُختبر لإحدى شركاتِ الأَغْذية في كاليفورنيا، تُدَلّي بِرميلًا صغيرًا مُعَبَّأً بالثِّمار في حُجْرةِ تَشْعيع. ففي بعضِ البُلدان يَجْري تقَصّي استِخْدامِ التَّشْعيع كطريقةٍ لحِفْظِ المأكولات.

بعضُ أنواعِ الأَطْعمةِ من ثِمارٍ وخَضراواتٍ مُعَيَّنةٍ، لا يَحْتاجُ إلّا إلى القليلِ من المُعالَجة. ففي كثيرٍ من الحالات، تَقْتَصِرُ تلك المُعالَجةُ على التنظيفِ والمُعاينَة والتَّصنيفِ قبْلَ التوضيبِ في صناديقَ والإيصالِ إلى المَتاجِر والزَّبائن. لكِنَّ كثيرًا من الموادِّ الغِذائيَّةِ يُحَضَّرُ ويُوَضَّبُ في معاملَ أو وَحَداتٍ خاصَّةٍ لِمُعالَجةِ المأكولات. وغالِبًا ما تكونُ هذه المَصانِعُ مُؤَتْمتَةً (مُشَغَّلةً أُوتوماتيًّا) عاليةَ الكَفاءة. فبعضُ المَكِناتِ تَكْشِفُ الموادَّ الغذائيَّةَ التالِفَةَ أو المُخالِفةَ للمُواصفاتِ وتَنْبِذُها. وبَعْضُها الآخَرُ يَمْزُجُ الأصنافَ ويَطْبُخُها أو يَخْبِزُها ويُهَيِّؤُها بالشَّكْلِ المَطْلوبِ قبْلَ تَعْليبِها في عُلَبٍ مَعْدنيَّةٍ أو كرتونيَّةٍ أو تَجْميدِها – ثُمَّ توضيبِها آليًّا.

تُعالَجُ المأكولاتُ غالبًا لإكسابِها نَكْهَةً مُشَهِّيةً أو لِجَعْلِها سَهْلةَ المُتَناوَل. فالثمارُ والخَضراواتُ غالبًا ما تُغْسَلُ وتُقَشَّرُ وتُقَطَّعُ قبْلَ عَرْضِها للبَيْع؛ وبعضُ أصنافِ الأَجبانِ يُوَضَّبُ كشرائحَ إفراديَّةٍ. كذلك يُصَمَّمُ تَعْليبُ المأكولاتِ وتَوضيبُها بِشَكْلٍ يجتذِبُ الزبائنَ ويَزيدُ المَبيعات.

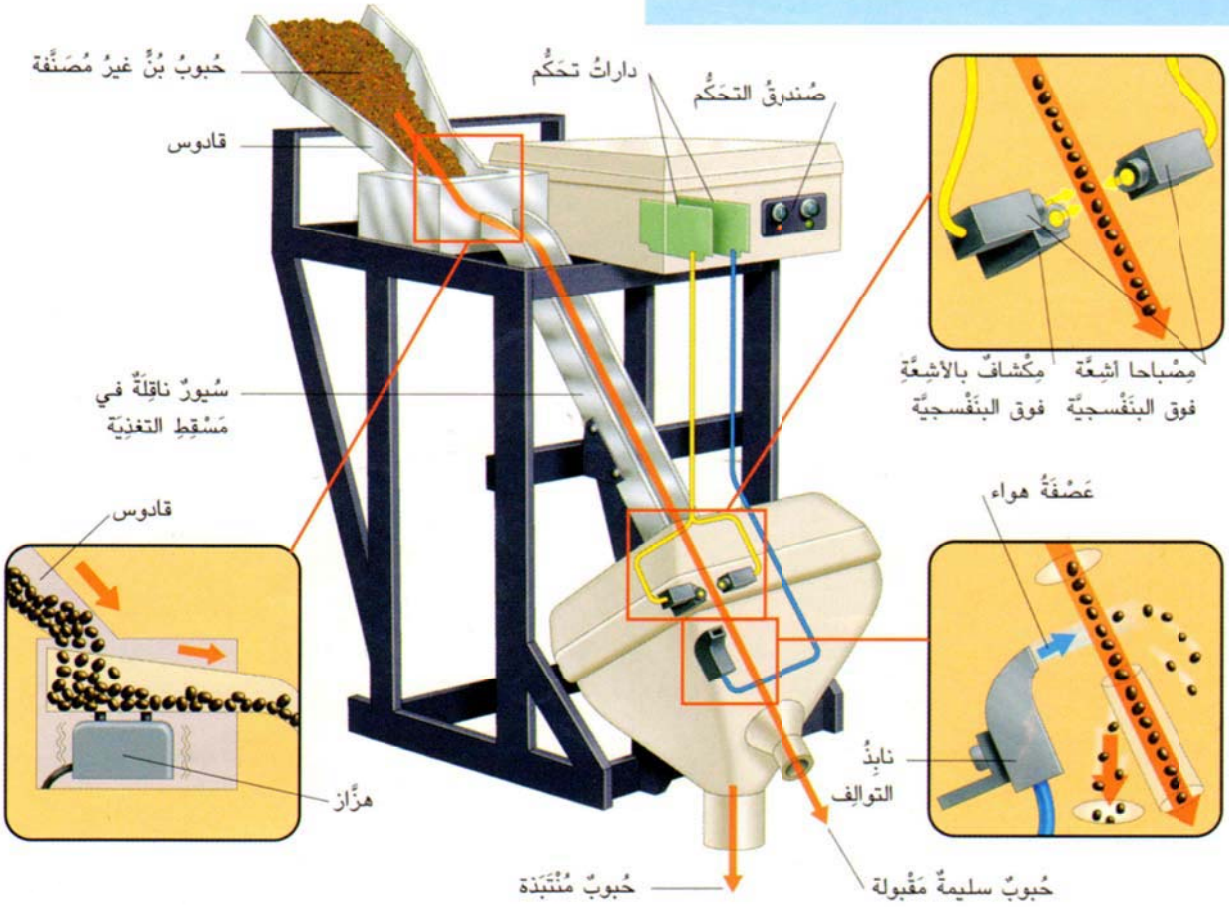
تُسْتَخْدمُ القواريرُ الزُّجاجيَّةُ واللَّدائنيَّةُ لِتَعْبئةِ عَصيرِ الفواكه والصَّلْصاتِ وموادَّ غذائيَّةٍ سائليَّةٍ أُخرى. على خَطِّ الإنتاجِ هذا، جَرى صَبُّ عَصيرِ التفّاح في قواريرَ زُجاجيَّة.

حِفْظُ الأَطْعمة

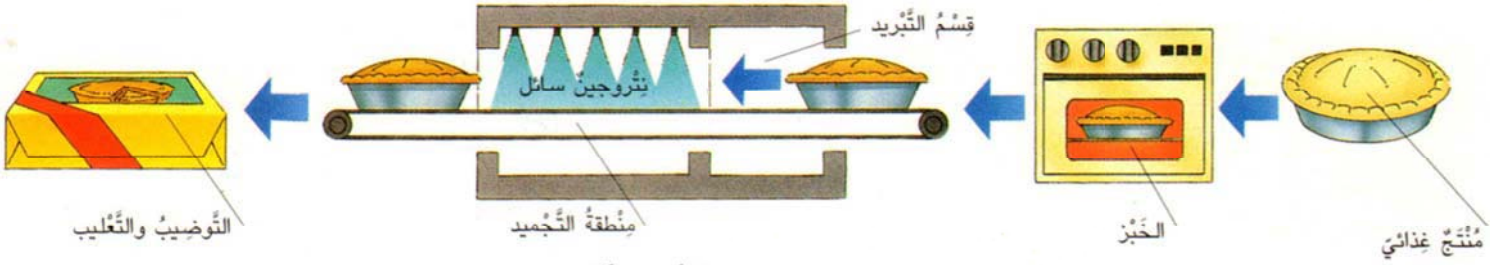
يَتحَلَّلُ الطَّعامُ ويَتفكَّكُ عندما يتَعَرَّضُ لِفِعْلِ البَكتيريا والمُتعَضِّيات المِجْهريَّةِ الأُخرى. والتَّلَفُ الذي تُسَبِّبُه هذه المُتعَضِّياتُ قد يُفْسِدُ الطَّعامَ ويُسَبِّبُ أيضًا تَسَمُّمًا غِذائيًّا. فبَعْضُ البَكتيريا، كأنواعٍ من جِنْسَي البُتْيُولية والسَّلْمونِلَّة، يُمكِنُ أنْ تُسبِّبَ أمراضًا خَطيرةً وأحيانًا المَوْت. وتُسْتَخْدمُ أساليبُ مُتَنَوِّعةٌ مُخْتلِفةٌ في حِفْظِ الأَطْعمةِ ومَنْعِ البَكتيريا من إفسادِها.

تَصْنيفُ البُنّ

المَكِناتُ الأُوتوماتيَّةُ لتَصْنيفِ حُبوبِ البُنِّ تَسْتَخْدِمُ أشِعَّةَ الضَّوءِ فوقَ البنَفْسجيَّة لِاكتِشافِ الحبُوبِ التالِفَة. ثُمَّ تَعْمَلُ عَصْفَةُ هواءٍ على فَصْلِ التوالِفِ عن الحُبوبِ الجيِّدةِ التي يَجْري بعدَئِذٍ تَحْميصُها. وجَديرٌ بالذِّكر أنَّ حبَّةَ بُنٍّ تالِفَةً واحِدة، يُمكِنُ أنْ تُتْلِفَ دُفْعةَ إنتاجٍ كامِلَةً من البُنِّ إذا لم تُزَلْ قبْلَ التَّحْميص.



حُبوبُ البُنِّ هي بُزورُ ثِمارِ شَجرةِ البُنِّ الكَرَزيَّةِ الشَّكْل. والمَعلومُ أنَّ زِراعةَ البُنِّ هي مَصْدَرُ دَخْلٍ مُهِمٍّ للعَديد من البُلدان في النُّطق المَداريَّة.



بعضُ المأكولاتِ الجاهِزةِ، كالفَطائر، يَتِمُّ إعدادُها وخَبْزُها في المَعامِل.

تَخْبِزُ الأفرانُ الفَطائرَ على درجةِ حرارةٍ مُعَيَّنةٍ ومُراقبةٍ دقيقةٍ لِفَتْرةٍ زَمنيَّةٍ مُحَدَّدة.

تَبْرُدُ الفَطيرةُ على سَيْرٍ ناقِلٍ أثناءَ مُرورِها نحو مِنْطقةِ التَّجْميد.

رَشّاشٌ من النِّتْروجين السائلِ على درجة – 196°س تُجَمِّدُ الفطائرَ بِسُرعة. وفي مَنْظوماتٍ أُخرى تُسْتَخْدَمُ عَصْفةٌ من الهواءِ البارد على درجةِ – 40°س لِتَجْميدِ الأَطعمة.

الفَطيرةُ الجاهِزَةُ تُوَضَّبُ وتُغَلَّفُ آليًّا ثُمَّ تُعَبَّأُ مَجْموعاتٌ منها في صناديقَ كرْتونيَّةٍ للتَّوْزيعِ على الحوانيت والمَتاجِرِ الكُبْرى.

في الكثيرِ من الأساليبِ التقليديَّة، يُحْفَظُ الطعامُ بإزالةِ الماءِ، الذي تَحْتاجُه المُتَعضِّياتُ المِجْهريَّةُ لِتَنْمو، أو بإضافةِ كيماوِيَّاتٍ تَحُدُّ من نُموِّ تلك المُتَعضِّيات.

على مَدى قُرونٍ، كان حِفْظُ أنواعٍ مُعَيَّنةٍ من اللُّحومِ والأَسْماك يتِمُّ بطريقةِ التَّجْفيف. وفي بعضِ الحالات، يُضافُ المِلْحُ لِتَعْزيزِ المُقاومةِ لِنُموِّ البَكتيريا. وفي تِقْنيَّةٍ أُخرى، كان يُجَفَّفُ السَّمَكُ فوق نارٍ مُدَخِّنةٍ، فتَعْمَلُ الكيماوِيَّاتُ في الدُّخان على قَتْلِ البَكتيريا. كذلكَ فإنَّ الماءَ الشديدَ المُلوحة والسُّكرَ والخَلَّ يُمكِنُها حِفْظُ بعضِ الأطعمة – كونَها تُسَمِّم البَكتيريا.

كثيرٌ من المُتعضِّياتِ التي تُتلِفُ الأطعمةَ تَتَطَلَّبُ هواءً لِتَنْمو. لذا تُحْفَظُ بعضُ المأكولات بالتَّوضيبِ الخَوائيِّ أو بَوَضْعِها في أكياسٍ لدائنيَّةٍ مُحْكَمةِ السَّدِّ تَحوي النِّتْروجينَ أو ثاني أُكسيد الكربون بدَلَ الهواء.

هذا ويُمكِنُ تَبْطئةُ نُموِّ البَكتيريا بالتَّبْريد. فيُسْتَخْدمُ الجليدُ لِحِفْظِ الطَّعام على درجة صِفْر°س، أو يُسْتَخْدَمُ مَزيجٌ من الجليدِ والمِلْح – فيُمكِنُ به تَبْريدُ الأَطْعمةِ على درجةِ – 20°س.

مُوَضِّبُ ماكولاتٍ يُعايِنُ الفُلَيْفِلةَ الحمراءَ ويُصَنِّفُها قبْلَ تَوْضيبِها بعِنايةٍ في صناديقَ كرتونيَّة. الثِّمارُ والخَضراواتُ الرَّخْصَةُ تُوَضَّبُ باليَدِ لِتَجَنُّبِ إعطابِها. ولرُبَّما في المُسْتَقبل سيُمكِنُ تأديةُ هذه المُهِمَّةِ بمَكِناتٍ خاصَّة.

ويُحْفَظُ الكثيرُ من أنواعِ الأَطعمةِ مُبَرَّدًا في ثَلّاجاتٍ على درجةِ حوالى 4°س. وتُجَمَّدُ بعضُ الأَطعمةِ بالنِّتْروجينِ السائلِ أو بالهواءِ البارد وتُحْفَظُ في مُجَمِّداتٍ على درجةِ – 18°س أو أَخفض.

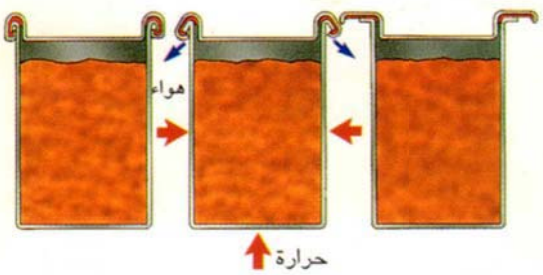
التَّعْليبُ والنَّعْبئةُ في قوارير

يُمكِنُ تَجهيزُ بَعض الأَطعمةِ بطريقةِ التَّعْليبِ السَّدود في عُلَبٍ من الألومنيُوم أو الفُولاذِ المَطْليّ بالقَصْدير. فيُغْلَى الطعامُ في العُلَب لتوليدِ بُخارٍ يَطرُدُ الهواءَ من الفَجْوةِ بين الطعام والغطاءِ قبْلَ قَفْلِه. ثم يُحْكَمُ سَدُّ الغِطاءِ على العُلْبة وتُحْمَى بمُحْتَوياتِها إلى درجةِ حوالى 120°س لِقَتْلِ أيِّ مُتَعضِّياتٍ مِجْهريَّةٍ مُتَبَقِّيةٍ في العُلْبة. فلا يُمكِنُ لأيِّ مُتَعضِّياتٍ مِجْهريَّةٍ جديدةٍ التوصُّلُ إلى الطعام أو التأثيرُ فيه حتَّى تُفْتَحَ العُلْبة.

تُحْفَظُ الأَشْربةُ غالبًا في قوارير. فَيُعَقَّم الشرابُ بالبَسْترة على درجةِ حرارة بين 55 وَ 70°س. وهذا يُبيدُ مُعْظَمَ المُتَعضِّياتِ المِجْهريَّة. ثُمَّ يُعبَّأُ السائلُ في قواريرَ مُعَقَّمةٍ مُحْكَمةِ السَّدّ.

التَّشْعيع (التَّعْريضُ للإشعاع)

التَّشْعيعُ تِقانةٌ جَديدةٌ تُعَصَفُ فيها الأَطعمةُ بإشعاعاتٍ كأَشِعَّةِ غاما. الإشعاعُ يقتُلُ البَكتيريا، ويَقضي على أيِّ آفاتٍ دقيقةٍ في حُبوب الغِلالِ، ويُبطِّئُ العَمليَّاتِ التي تُسَرِّعُ نُضْجَ الثِّمارِ والخَضراواتِ وتُلَيِّنُها. لكِنَّ عَمليَّةَ التَّشْعيعِ لا تَزال موضوعَ تَساؤلٍ صِحِّيّ في مُعْظمِ البُلدان.



عندما يُطْبَخُ الطعامُ في عُلْبةٍ غيرِ مُحْكَمةِ السَّدّ، يَطْرُدُ بُخارُ الماءِ الهواءَ من الطعام عَبْرَ فَجْوةٍ تحت الغِطاء. ثُمَّ يُحْكَمُ سَدُّ العُلْبةِ وتُحْمَى العُلْبةُ لإبادةِ البَكتيريا.

▲ كثيرٌ من المُنْتَجاتِ الغذائيَّة تُجَمَّدُ في المَصْنع. ثمَّ تَنْقُلُها شَاحِناتٌ مُبرَّدةٌ من المَصْنع إلى مُسْتَودعٍ ثُمَّ إلى الحوانيتِ والمَتاجِرِ الكُبْرى. في المَتْجَر تُعْرَضُ الأَطعمةُ في خزائنِ تَجْميدٍ ويُفْتَرَضُ في الزبائن الذين يَبْتاعونَها أنْ يَحْفظوها مُجَمَّدةً حتَّى تُطْبَخَ أو تُشْوى.

تُسْتَخْدمُ العُلَبُ الكرتونيَّةُ المُشَمَّعةُ في تَوضيبِ الكَثيرِ من الأشْربةِ والأطعمةِ السائلة – بما فيها عَصيرُ الثِّمار واللَّبَنُ والصَّلْصاتُ وانواعُ الحِساء المُخْتلفة.

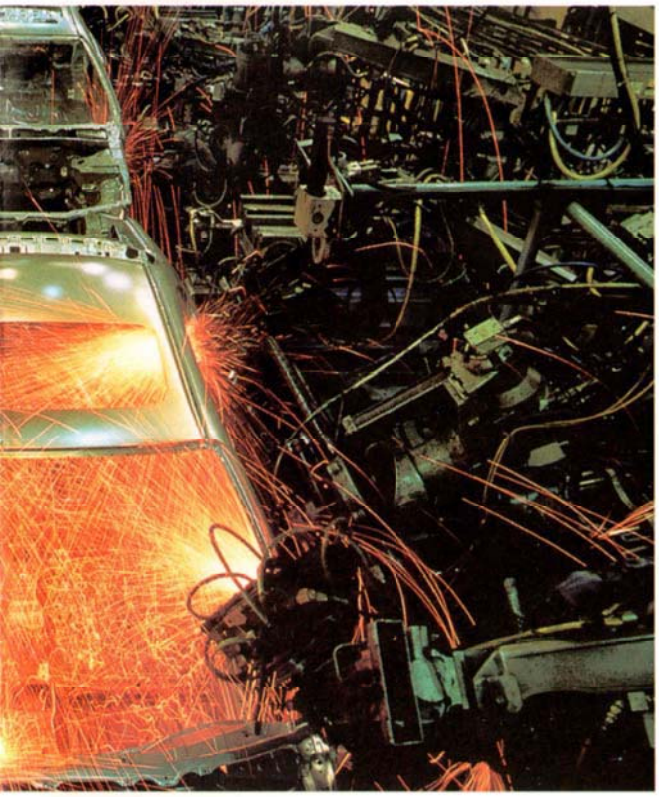
تُسْتَخْدمُ العُلَبُ المعدنيَّةُ في حِفْظِ وتَوضيبِ أَطْعمةٍ مُتَنَوِّعةٍ كالثِّمارِ والفاصوليا المَسْلوقة واللُّحُومِ المَطْبوخة.

أُنْظُر أيضًا

الغِذاءُ والتَّغْذِيَة ص 126
الهَضْم ص 128 – 129
البَكتيريا والفَيْروسات ص 136

الأَتْمتَة

الأَتْمتَةُ هي استِخْدامُ المَكِناتِ لأداءِ مُهِمَّاتٍ دُون مُساعدةِ البَشَر. تعمَلُ المَكِناتُ المُؤَتْمتَةُ وَفْقًا لِمَجْموعاتٍ من التَّعليمات المُبَرْمَجة.



المَكِنةُ أو المُعالَجةُ المُؤَتْمتَةُ تعمَلُ رُوتينيًّا بالقليل من الإشرافِ البَشَريِّ أو بدونه. وأمثالُ هذه المَكِنات تَحْكُمُ توالي عمَلِيَّاتٍ صغيرة وَفْقًا لِتَعْليماتٍ مُحَوْسَبة.

الحياةُ المُعاصرةُ أخذَتْ تعتَمِدُ على الأَتْمتَة في كثيرٍ من المَجالات. فآلاتُ تَسْجيل النقد الإلكترونيَّةِ مثلاً، تتعَرَّفُ السِّلَعَ بواسطةِ شَفْرةِ الأَعْمدة التي هي نَسَقٌ من الخُطوطِ والأَرْقام مُسَجَّلٌ عليها. هذه الشَّفراتُ تُحدِّدُ الأصنافَ والأسعارَ وتُرسِلُ المَعْلوماتِ إلى حاسُوبٍ مَرْكزيٍّ يَضْبِطُ مَوجوداتِ المخزَن ويُعِدُّ طلباتِ التزَوُّد بالسِّلَع المُستنفَدة. كذلك فإنَّ إشاراتِ السَّيْر الضوئيَّة، ومضابطَ التدفئة المَرْكزيَّة وأجهزةَ الطيران الآليّ كُلَّها أمثِلَةٌ على مَنْظوماتٍ مُؤَتْمتَة.

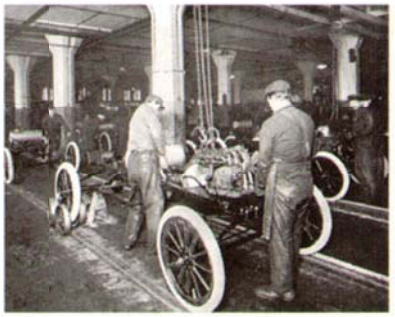
مِحْلَجُ القُطْن اليَدويُّ التدوير، الذي اختُرِعَ عامَ 1793، يَسَّرَ تَخْليصَ الياف القُطن من بُذورها. وكانت عمليَّةُ الحَلْجِ حتَّى تاريخِه تُنَفَّذ باليَد.

خُطُواتٌ نحو الأَتْمتَة

صِيغَ مُصْطلَحُ الأَتْمتَةِ عامَ 1946، مع أنَّ السَّنْترالاتِ التلفونيَّةَ وأجهزةً أُخرى كانت تعمَلُ أوتوماتيًّا قبلَ ذلك. والمعروفُ أنَّ خُطُواتٍ نحو الأَتْمتَةِ كانت قد بُدِئتْ قبْلَ ذلك بحوالَى القَرْنَيْن.

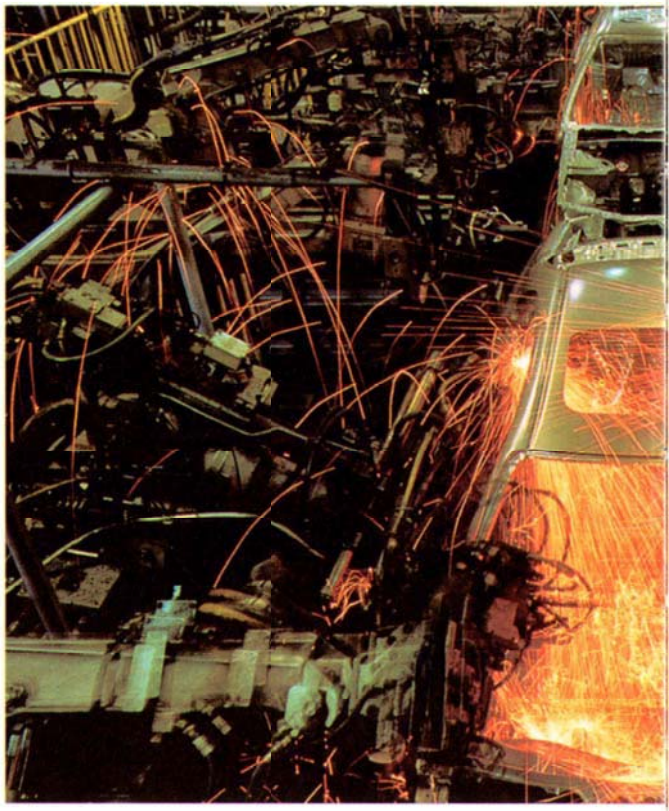
المَكْنَنَةُ هي استِخْدامُ المَكِناتِ للقيامِ بمُهِمَّاتٍ كان البَشَرُ أنفسُهم يقومون بها سالِفًا. أوَّلُ الأَمْثلةِ على المَكْنَنةِ كانَ في مَصانعِ النَّسيج أواخرَ القَرْنِ الثامِنَ عَشَر، حيثُ استُخْدِمَتِ المَكِناتُ للمَرَّةِ الأُولى في غَزْلِ الخُيوط ونَسْجِ الأَقْمِشَة. المَكِناتُ البِدائيَّةُ كانت بحاجةٍ إلى مُراقبةٍ وضَبْطٍ بَشَريٍّ في كُلِّ خُطْوةٍ من خُطُواتِ التَّشْغيل. ثُمَّ، لاحِقًا، صارَتِ المكِناتُ تُبَرْمَجُ لأَداءِ تَوالٍ من المُهِمَّات المُتَعاقبة.

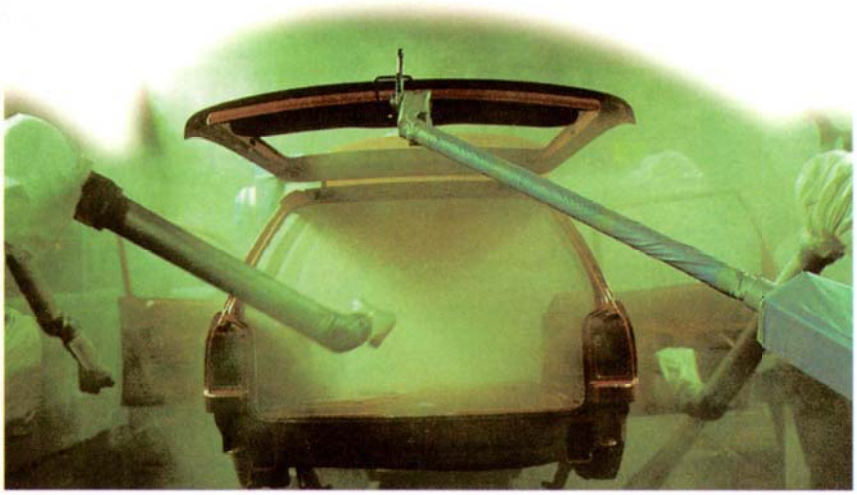
أوَّلُ المَكِناتِ المُبَرْمَجة كان نَوْلًا ابتكرَه المُخْترعُ الفرَنْسيُّ جوزِف جاكارْد (1752 – 1834)، عام 1801. واعتمدَ نَوْلُ جاكارْد على مَنْظومةٍ من البِطاقاتِ المُثَقَّبةِ للتحَكُّم في نَسَقِ الخيوط التي ينسُجها النَّوْل.



▲ بِحُلولِ عام 1913، انْخَفَضَ زَمنُ تَجْميع سيَّارة فُورد طِراز تِ «T» من 12 ساعة إلى 90 نَقيقة. وقد تمَّ هذا التوفيرُ في الوقت بفَضْلِ استِخدامِ خُطوطِ التَّجْميع.

◄ المَرْكَباتُ المُؤتمتَةُ التوجيه تعمَلُ في كثيرٍ من المَصانع. فهي تَنْقُلُ السِّلَعَ والموادَّ على مَسالكَ مَرْقومةٍ بعِناية. والكثيرُ من هذه المَرْكباتِ يُوَجَّهُ بإشاراتٍ من دارةٍ كهربائيَّةٍ عُرْويَّةٍ دفينةٍ تحتَ أرْضيَّاتِ المَصانع.





► هذه الرُوبوتاتُ تُلَحِّمُ هيكلَ سيَّارةٍ على خطِّ إنتاجٍ لِسيَّارات مونْدا في أوهايُو، بالولايات المتَّحدة الأمريكيَّة. فالرُّوبوتاتُ مِثاليَّةٌ لأداءِ المُهِمَّاتِ التكراريَّةِ البَسيطةِ بِدِقَّة. وخطُّ التَّلْحيمِ هذا يُمكِنُ بَرْمجَتُه لِتَلْحيم سيَّاراتٍ من موديلاتٍ مُختلِفة.

▲ حَركاتُ هذا الرُّوبوتُ في رَذِّ الدِّهان مُبَرْمَجَةٌ للتأكُّدِ من إسْويَّةِ التَّغطِيةِ بالدِّهان. إنَّ استِخْدامَ الرُّوبوتات لِرَشِّ الدِّهانات يُوَفِّرُ في كمِّيَّاتِها ويَقي العُمَّالَ من انْخِنَتها المُؤذية.

مُنْفصِلَة قد تَزيدُ على الأَلْف على مراحِلَ في نِقاطٍ أو مَحطَّاتٍ مُتوالية.

إدخالُ خُطوطِ التَّجْميع خَفَّضَ تَكْلِفةَ السيَّارات وأسعارَها بزيادةِ فعاليَّةِ الإنتاج. وسُرعانَ ما تَبَنَّتْ صِناعاتٌ أُخرى الأُسلوبَ نفسَه.

الرُّوبوتاتُ والأَتْمتة

بدأَ أوَّلُ روبوتِ العمَلِ (كإنسانٍ آليّ) في مَصْنعِ سيَّاراتٍ عامَ 1961. ثُمَّ تَنامَى استِخْدامُ الرُّوبوتاتِ باستِمْرارٍ مُنْذُئِذٍ.

الرُّوبوتاتُ عاليةُ الكفاءَة في تَنْفيذ الأَعمالِ التكْراريَّةِ بخاصَّةٍ التي تَتَّسِم بالرُّوتينيَّة والخُطورة، بمِقْدارٍ كبيرٍ من الدِّقَّة. ويُمكِنُ بَرْمجَتُها للقيام بِمُهمَّاتٍ مُنوَّعةٍ، عادةً «بتعَلُّم» فِعلِ العاملين الآدَميِّين. كما يُمكِنُها أيضًا إرسالُ مَعْلوماتٍ حولَ سُرعةِ إنتاجِها ونوعيَّتِه إلى حاسُوبٍ مَرْكزيّ.

إنَّ استِخْدامَ التَّصاميمِ المُعانةِ حاسُوبيًّا يُوَفِّرُ ساعاتٍ عديدةً من إعدادِ رُسُوماتٍ تِقْنيَّةٍ مُفَصَّلة. ويُمكِنُ توفيرُ مَزيدٍ من الشُّغْل بِضَمِّ التَّصاميمِ المُعانةِ حاسُوبيًّا إلى أسلوبِ التَّصنيعِ المُعانِ حاسُوبيًّا. وقد استُخْدِمت تِقْنيَّةُ هذا الضَّمِّ في تَصْميمِ هذه الغوَّاصةِ الفرَنْسيَّةِ وبِنائِها.

وقد عَزَّزت مُتاحيَّةُ مَصادرِ القُدْرة الجديدة انتِشارَ المكْننَة، فاستُخْدِمَت السَّواني (ج. سانية) والمُحَرِّكاتُ البُخاريَّةُ لِتَزْويدِ مَكِناتِ المَصانع بالقُدرةِ عَبْرَ سُيورِ نَقْل الحركةِ وأعمدةِ التَّدْوير. ثُمَّ لاحِقًا استُخْدِمَتِ المُحَرِّكاتُ الكَهْربائيَّةُ لِتَزْويدِ الآلِيَّاتِ بالقُدْرة.

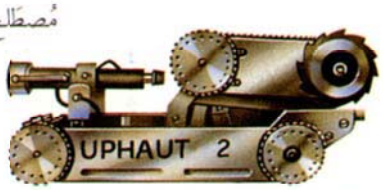
وعلى مدَى القَرْنِ العِشْرين كانت صِناعةُ السيَّاراتِ المُتنامِيةُ من العوامل الرئيسيَّةِ لدَفْعِ عمليَّةِ الأَتْمتة. ففي العام 1913، كانت سيَّاراتُ فُورد، طِراز تِ «T» أُولى السيَّارات التي يَجْري تَصْنيعُها على خَطِّ تَجْميع. فتُسْحَبُ هياكِلُ السيَّارات على خطِّ التجميع ويُرَكِّبُ عليها العمَّالُ المُخْتَصُّون المُحَرِّكاتِ وأجزاءَ الهيكل الأُخرى في عمليَّاتٍ

اُنْظُر أيضًا

مُعالجَةُ الاغذِيَة ص 232 – 233
الرُّوبوتيَّات ص 236 – 237
برامِجُ برامجيَّات الحاسُوب ص 378 – 379
النَّقانيَّاتُ الذكيَّة ص 382 – 383

الرُّوبوتيَّات

الرُّوبوتيَّاتُ أو عِلْمُ الرَّوبتة هو دراسةُ المَكِنات التي يُمكِنُها مُحاكاةُ أعمالٍ بَشَريَّة مُعَيَّنة. بعضُ هذه الرُّوبوتات تَسْتَجيبُ أُوتوماتيًّا للظُّروف حوالَيْها.



يبلُغُ طولُ روبوت أبيووُت 2 (UPUAUT 2) المُزَنَّجِر الذي صَمَّمه المُهَنْدِسُ الألمانيُّ رُودولْف چانتِنْبِرنْك 370 ملم، وهو مُزَوَّدٌ بكاميرا فيديُويَّة. هذا الروبوتُ استُخْدِمَ عام 1993، لِتَقَصِّي المَهاوي العميقة الضَّيِّقة داخلَ هَرَم خوفو «الهرم الأكبر» في الجيزة، بمِصْر.

وابوت – 2 من تَصْميم جَامعة وَاسِيدا في اليابان، يَسْتَطيعُ قراءةَ الرُّموز المُوسيقيَّة وعَزْفَ أُرْغُنٍ كهربائيٍّ مُسْتَخْدمًا يدَيْه ورِجْلَيه.

▼ السِّلْكان الناتئان من مُقَدَّمةِ هذه «النَّمْلة» الرُّوبوتيَّة هما مِجَسَّاها. فعندما يُلامِسُ مِجَسَّاها سَطْحًا جامِدًا، يُرْسِلان إشاراتٍ إلى مُعالِجٍ صُغْريٍّ يَتَحَكَّمُ في حَرَكاتِ الرُّوبوت.

مُصطَلح رُوبوت أصلُه الكلمة التشيكيَّة روبوتا، وتَعْني «العمَلَ القَسْريّ الشاقّ». وهذا ما تَقومُ به بالفِعْلِ مُعْظَمُ الرُّوبوتات – فهي تعمَلُ ساعاتٍ طِوالًا دونَ كَلَلٍ أو مَلَلٍ لإنجازِ مُهِمَّاتٍ روتينيَّة. يَستَخْدِمُ العلماءُ بعضَ الرُّوبوتاتِ الإختياريَّة لتفَصِّي مَدى دِقَّتِها في مُحاكاةِ الحركةِ البَشَريَّة.

يُمكِنُ بَرْمَجةُ الرُّوبوتاتِ للقيامِ بمُهِمَّاتٍ قد يَجِدُها البَشَرُ مُمِلَّةً أو بَغيضَةً. وإذا أُحكِمَتْ وِقايةُ داراتِها الكهربائيَّةِ وآلِيَّاتِها فإنَّ الرُّوبوتاتِ تَسْتطيعُ العمَلَ تحتَ ظُروفٍ تشغيلٍ خَطِرة.

فتَسْتطيعُ الرُّوبوتاتُ تناوُلَ ومُعالجةَ الموادِّ المُشِعَّة، ورَشَّ الدِّهانات في مَقاصيرَ عابِقَةٍ بأَدْخِنتِها، والعملَ في أغوارٍ عَميقةٍ تحت الماء، وتقَصِّي البيئاتِ اللَّامُؤاتيةِ للعَيش ككَوْكَبِ المِرّيخ. كما تُسْتَخْدمُ الرُّوبوتاتُ أيضًا في الكَشْفِ عن القنابل والألغامِ الأرضيَّة ونَزْعِ صِماماتِ (كَبْسُولاتِ) تَفْجيرِها.

أنواعُ الرُّوبوتات

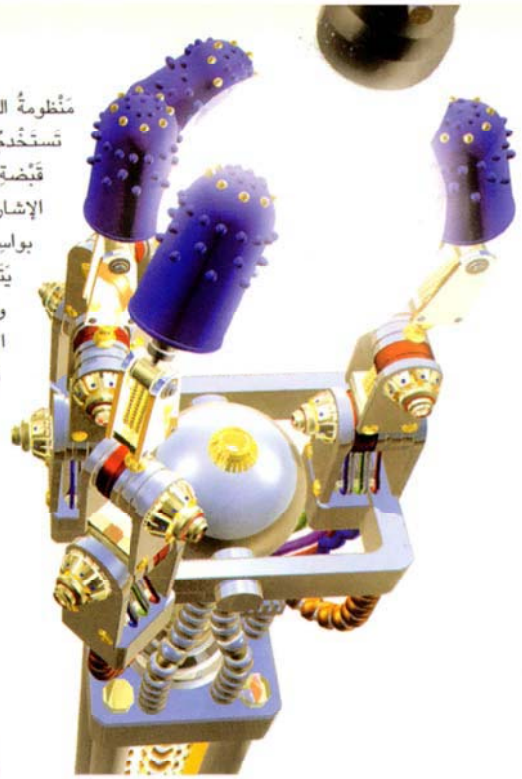
الكثيرُ من الرُّوبوتات الصِّناعيَّة هي هياكِلُ ثابتَةٌ ذاتُ أذرعٍ ميكانيكيَّةٍ مُتَمَفْصِلةٍ تمكِّنُها من الحَركة. بعضُ هذه الأذرعِ تلسْكوبيَّةُ التداخُلِ فتتَغَيَّرُ أطوالُها حسَبَ الحاجة. وهي تُحَرَّكُ بواسِطةِ مُحَرِّكاتٍ أو مَنْظوماتٍ هَيْدروليَّةٍ أو نَفْحيَّة.

إنَّ عددَ الإتِّجاهاتِ التي تَسْتطيعُ الذِّراعُ الرُّوبوتيَّةُ التَّحرُّكَ فيها تُسَمَّى دَرَجاتِ حُرِّيَّة حَركتها. فالمَفْصِلُ الذي يَسْتطيعُ الإلتِواءَ، والتحَرُّكَ صُعُودًا ونُزُولًا، ومن جانبٍ لآخَر يُوَفِّرُ ثلاثَ دَرَجاتٍ من حُرِّيَّةِ الحَرَكة.

ويوجَدُ في طرَفِ الذِّراعِ الرُّوبوتيَّةِ عادةً نَبيطةٌ تُسَمَّى المُسْتَجيبَ الطَّرَفيّ. هذه المُسْتَجيباتُ الطرفيَّةُ قد تكون أياديَ أو مقابِضَ أو مُسَدَّساتِ رَشٍّ أو لِيازِرَ أو عُدَدَ قَطْعٍ أو لِحامٍ أو عُدَدًا مَكَنيَّةً. ويُصْدِرُ مُعالِجٌ صُغْريٌّ تَعْليماتِه للمُحَرِّكاتِ في الذِّراعِ الرُّوبوتيَّةِ لِتَوضيعِ المُسْتَجيبِ الطَرَفيِّ المناسب بدِقَّةٍ حيثُ يُحْتاجُ إليه.

الرُّوبوتيَّات

مَنْظومةُ القُوَّةِ بالتَّغْذيةِ المُرْتدَّة تَستَخْدمُ مِجسَّاتٍ لِمُراقبةِ ضَغْطِ قَبْضةِ اليَدِ الرُّوبوتيَّة هذه. الإشاراتُ من المِجسَّاتِ تُفَسَّرُ بواسِطةِ مُعالِجٍ صُغْرِيٍّ يَتَحَكَّمُ في حَرَكاتِ الأَصابعِ ويَمْنَعُ اليَدَ من سَحْقِ الأَجْسامِ الرَّهفةِ في قَبْضتِها.



في 5 تَمُّوز (يوليو) عام 1997 أصبَح الرُّوبوتُ الجوَّال سُوجورْنَر أوَّلَ آليَّةٍ روبوتيَّة تستَطْلِعُ سَطْحَ المِرِّيخ. وقد تمَكَّنَ هذا الرُّوبوت بفَضْلِ ماطورتِه الشمسيَّة العاليةِ القُدرة، من تَحليلِ عَيِّناتٍ تُرابيَّةٍ وصَخْريَّةٍ ثُمَّ إرسالِ مَعْلوماتٍ وصُوَرٍ عنها إلى الأرض بواسِطةِ إشاراتٍ راديويَّةٍ عاليةِ التَّرَدُّد.

بَعْضُ الرُّوبوتات يتحَرَّكُ على مِنَصَّاتٍ مُجَنْزَرةٍ أو ذاتِ دَواليب؛ وبَعضُها الآخَرُ يتحَرَّكُ على أَرْجُل.

يُمكِنُ بَرْمَجةُ التعليماتِ في داخلِ مُعالِجٍ صُغْرِيٍّ في الرُّوبوت أو يُمكِنُ تلَقِّيها من مَرْكَزِ تَحَكُّمٍ بُعاديّ. القائمونَ بالتحَكُّمِ البُعاديِّ البَشَريِّ يتصَرَّفون غالِبًا تبَعًا للمَنْظَرِ الذي يأتيهِم من كاميرا في الرُّوبوت.

حَشَراتٌ رُوبوتيَّة

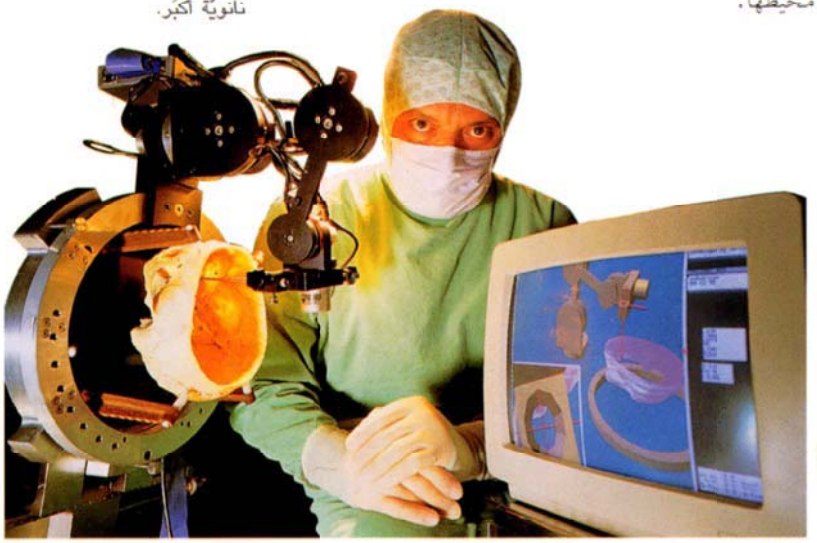
في المُسْتَقْبل، يُمكِنُ حَشْوُ الرُّوبوتاتِ الحَشَريَّةِ الحربيَّةِ بمَوادَّ حارِقةٍ أو مُتفَجِّرةٍ وإرسالُها عَبْرَ خُطوطِ العَدُو. الرُّوبوتاتُ النمليَّةُ الشَّكْل، كالمُبَيَّنةِ أدناه، يُمكِنُ أن تُزَوَّدَ بأربعٍ أو سِتٍّ أو ثماني أرجُلٍ للحفاظ على استِقْرارِها وتمكينِها من تخَطِّي العوائقِ التي قد تعتَرِضُ الطريقَ إلى أهدافِها.

▲ الرُّوبوتاتُ الدَّقيقةُ التي تُقاسُ أبعادُها بالنَّانومتر (جُزْءٍ من مليون من المليمتر)، قد تُسْتَخْدمُ ذاتَ يومٍ لإجراءِ جِراحاتٍ دَقيقةٍ في العَيْن أو القيامِ بأَيِّ أجزاءٍ أُخرى من الجِسْمِ البَشَريّ. هذا النانوروبوتُ الجرَّاح ستُوَجِّهُه وتُزَوِّدُه بالقُدْرةِ مَكِنَةٌ روبوتيَّةٌ نانويَّةٌ أكبَر.

الرُّوبوتاتُ الذكيَّة

الرُّوبوتاتُ البَسيطةُ تَقومُ بمُهِمَّاتٍ مُيَسَّرَةٍ تبَعًا لِمَجْموعةٍ من التَّعْليمات. فمَثَلًا قد لا «يَعْرِف» روبوتٌ مُتحَرِّكٌ ماذا يَفْعَلُ إذا ارتطَم بجِدار.

الرُّوبوتاتُ الأكثرُ تَعْقيدًا مُجَهَّزةٌ بمِجَسَّاتٍ تُتيحُ لها «تحَسُّس» طريقِها حولَ المكان. الرُّوبوتاتُ الذكيَّة ذاتُ الحواسيبِ العاليةِ القُدْرة والبرامجيَّاتِ المُعَقَّدةِ التي تُحَدِّدُ التعليماتِ لِمُجابَهةِ العديدِ من الأَوضاعِ المُنَوَّعةِ المُتَعَدِّدة، تَسْتَطيعُ بجَدارةٍ اختِيارَ التصرُّفاتِ التي تَتلاءَمُ مع ظُروفِ مُحيطِها.



▲ هذه الذِّراعُ الرُّوبوتيَّةُ تُسْتَخْدمُ كأداةٍ في جِراحةِ الدِّماغ. فيُمكِنُها، بإشرافِ وتحَكُّمِ الطبيبِ الجرَّاح، دخولُ الدِّماغ، عَبْرَ ثَقْبٍ دَقيقٍ في جُمْجُمةِ المَريض، وتحديدُ المناطقِ المَريضةِ بدِقَّةٍ فائقةٍ؛ فيما دِماغُ المَريضِ ومَجريات العمليَّةِ باديةٌ على الشَّاشةِ أمامَ الطبيب.

اُنْظُر أيضًا

الثَّقانيَّاتُ الطِّبِّيَّة ص 142 – 143
الأَتْمتة ص 234 – 235
المُعالِجاتُ الصُّغْريَّة ص 374 – 375

جَدولُ الإنجازاتِ التِّقانيَّة عَبْرَ العُصور

4000 – 3000 ق. م

ابتكار الطُّوب والقِرميد في مِصْر وفي بلادِ آشور.

3000 ق. م

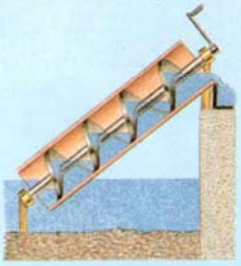
الأقوامُ في مِصْر وفي بلاد ما بين النَّهْرين (العراق حاليًا) يخترعون المِحْراث لتقليب التُّربة وتَحْسين الفلاحَة.

800 ق. م

الأشوريُّون أوّل من يجهِّزون الجَيْش بأَسْلحةٍ حديديَّة.

500 ق. م

إختِراعُ المِعْدادِ في الصِّين كأداةٍ لِعَمليَّاتِ العَدّ.



200 ق. م

الرِّياضيُّ الإغريقيُّ أرخميدس يَخْتَرِعُ الطُّنبور اللولبيَّ الذي استُخْدِمَ بدايةً لِرَفْعِ الماءِ من الأنْهار.

200 ق. م

الوَرَقُ قيدُ الاستِعْمال في الصِّين.

105 ق. م

تَصْنيعُ الورقِ من لُبِّ الخَشَب.

1550

دولابُ الغَزْل الأوّل – يُعْتَقَدُ أنَّه اخْتُرِعَ في الصِّين.

1642

بليز پاسْكال يَخْتَرِعُ أوّلَ مَكِنةٍ حاسِبَة.

1650

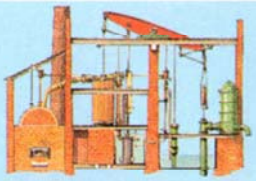
أُوتو فون غِريك يَخْتَرِعُ مِضَخَّةَ الهواء.

1669

هنِّيج براند يكتشِفُ الفُسْفور.

1698

توماس سافيري يَخْتَرِعُ أوّلَ مِضَخَّة بُخاريَّة ناجِحَة.



1712

توماس نيوكومن يَصْنَع أوّلَ مُحَرِّك بُخاريٍّ عَمَليٍّ لضَخِّ الماءِ من المناجم.

1733

جون كاي يَخْتَرِعُ المكُّوكَ الطائر لِتَسْريع عمليَّة الحياكة.

1751

اكسِل كرونستِت يكتشِفُ طريقةَ تحضير النيكل النَّقيّ.

عَقْدُ 1760

جيمس واط يُدخِلُ تَحْسيناتٍ جَمَّةً على المُحَرِّكاتِ البُخاريَّة.

1766

هِنْري كافِنْدِش يكتشِفُ الهِدْروجين.

1769

السير ريتشارْد آركرايْت يُطَوِّرُ مَكِنةَ غَزْلٍ مُتعَدِّدة المغازِل – تَغْزل عِدَّة خيوطٍ معًا في الوقت نفسه.

1774 – 1772

جوزف پريسْتلي البريطانيّ وكارْل شيل السويديّ يكتشِفان الأكسجين مُستَقِلَّين.

1779

ابرَهام دارْبي يُنْجِزُ أوّلَ جِسْرٍ حَديديّ.

1785

إدموند كارتْرايت يَبْتكِر أوّلَ نَوْلٍ يُدار آليًّا.

1790

إيلي ويتْني يَخْتَرِعُ مِحْلاجَ القُطْن.

1796

آلُويس سِنِفِلْدَر يَخْتَرِعُ الطِّباعةَ الحَجَريَّة – الطباعةَ بنَقْل الصُّوَر.

1797

هِنْري مودسْلي يَخْتَرِعُ المِخْرطةَ – العُدَّةَ المكنيَّة البالغةَ الدِّقَّة والبالغةَ الأهمِّيَّة.

1797

لويس ڤوكولين يكتشِفُ الكروم.

1800

الكونت أَلِسَنْدرو ڤولْتا يُطَوِّر أوّلَ بطَّاريَّةٍ كهربائيَّة.

1804

فرانْسوا ابّرْت يُطَوِّر أوّلَ طريقةٍ لِتَعْليبِ الأَطْعمة.

1804

اختراعُ أوّلِ مَكِنةٍ تعمَلُ بالبَرْمَجة – نَوْلِ جاكارْد.

1807

روبَرْت فُولْتون يَبْني «الكليمونْت» أوّلَ سفينةِ رُكّابٍ تَسير بالقُدْرةِ البُخاريَّة.

1812

تَصْنيعُ عُلَبِ الصَّفيح الأولى لِاستِيعابِ المأكِل وحِفْظِها.

1815

السِّير هَمْفري دِيفي يخترِعُ مِصْباحَ الأمانِ لِلمُعَدِّنين في المناجم.

1819

جون ل. ماك آدَم يُطَوِّر طريقةَ المكْدَمة (الرَّصف بالحَصْباء) لِتَعْبيدِ الطرُق.

1822

چِرمَايا بيلي يخترِعُ أوّلَ حَصّادةٍ ميكانيكيَّة.

1827

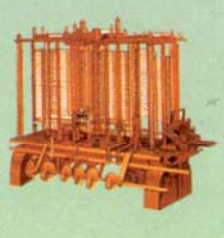
جون وُوكَر يخترِعُ الثِّقابَ الاحتِكاكيّ.

1827

هانْس كريستيان أورْستِد يكتشِفُ الألومنيُوم.

1834

سايْروس ماك كورْميك يُسَجِّلُ براءةَ اختراع أوّلِ حصّادةٍ نِصْف أُوتوماتيّة.



1835

تشارلْز باباج يُطَوِّر أوّلَ حاسُوبٍ بدائيّ.

1836

إنياس دوبُس بونِل يخترِعُ الألياف الزُّجاجيَّة.

1839

تشارلْز غودْيير يَخترع المَطّاطَ المُقَلْكَن.

1855

الكيميائيُّ بنجامين سِيليمان يفْصِلُ البِنْزينَ عن مُقَوِّمات النِّفْط الأخرى للمَرَّة الأولى.

1855

الكسَنْدر پارْكس يَخترِعُ الزَّيْلُونَيْت – وهو نوعٌ من السِّلْيولُويد، يُستَخْدمُ كبديلٍ للعاج.

1856

مُحَوِّلُ بَسِمَر يُمَكِّنُ من إنتاجِ فُولاذٍ جَيِّدِ النوعيَّة بكمِّيَّاتٍ وفيرة.

1858

فِرديناند كار يخترِعُ أوّلَ ثَلّاجة.

1858

لويس لِمَوان يُصَمِّمُ أوّلَ مِدْحلةٍ بُخاريَّة لِتُسْتَخْدمَ في تعبيدِ الطُّرق.

1861

فردْريك وَالْطون يُطَوِّرُ مادَّةَ اللِّينولْيُوم لِتَغْطِيةِ الأَرْضيَّات.

1867

المُهَنْدس لِيُون إدوكس يَبْني مرفاعًا هَيْدروليَّ القُدْرة.

1868

لِ. أُو. كولْڤن يُطَوِّرُ أوّلَ مَكِنةٍ لِحَلْبِ الأبْقار.

1876

نيقولاس أُوتو يُسَجِّلُ براءةَ اختِراع المُحَرِّكِ الرُّباعيِّ الأشْواط.

1880

تُوماس أديسون يَسْتَخدمُ الألْيافَ الكربونيَّة في صَمّاتِ الإضاءة الكهربائيَّة.

1885

بنايةُ التأمين المَنْزليّ في شيكاغو – أوّلُ ناطحةِ سَحابٍ في العالَم.

1892

فرانْسوا هنِّبيك يَبْتكِرُ الخَرسانةَ المُسَلَّحة.

1892

وِيتكومْب جَدْسُون يَبْتكِرُ الزِّمامَ المُنْزَلِق.

1896

رُودُولْف ديزِل يخترِعُ مُحَرِّكَ الدِّيزِل.

1897

تشارلْز پارسونْز يَعرِض التُّربينْيا – اوّلَ سفينةٍ تسير بالدَّفْعِ التُّربيني.

1897

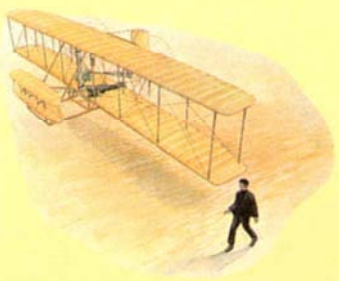
استِبْثار اوّلِ بئرٍ نفطيَّة مُشاطئة على مَبْعدةٍ من ساحِلِ كاليفورنيا.

1901

سِسيل بُوث يَبْتكِرُ اوّلَ مِكْنسةٍ خَوائيَّة كهربائيَّة.

1902

اوّلُ جرّارٍ خَفيفِ الوَزْن يُعْرَضُ للبَيْع.



1903

طائرةُ رَايْت 1، للأخَوَيْن رَايْت، المُزَوَّدةُ بِمُحَرِّكٍ داخليّ الاحتِراق، تُصْبِحُ اوّلَ مركَبةٍ اثقَلَ من الهواء تطيرُ بنَجاح.

1904

المُهَنْدِسُ المَدَنيُّ، أوجين فريسّيْنِت يبتكِرُ الخَرَسانةَ السابقةَ الإجهاد.

1904

شركةُ المَنْسوجات البريطانيَّة، كُورتُولْدس، تُسَوِّقُ اوّلَ حريرٍ اصطِناعيٍّ باسمِ الرايُون.

1908

ليُوبيكْلَنْد يُطَوِّر اوّلَ پُوليمَر اصطِناعيٍّ – هو البِيكْليت.

1908

الكيميائيُّ جاك برانْدنبرْغَر يُطَوِّر السِّلوفانَ اللاّصِق من لُبِّ الخَشَب. من جُملةِ استِخْداماتِ هذا السِّلوفان استِخْدامُه كتَغْليفٍ مانعٍ للتَّسَرُّب.

1908

هِنْري فُورد يَبْني ويُسَوِّقُ سيّارةَ فُورد من طراز «T» – التي كانت اوّلَ سيّارة مُزَوَّدةٍ بِمُحرِّكٍ داخليّ الاحتِراق سِعرُها في مُتَناول الجمهور.

1909

إدوارْد بنديكْتُوس يُسَجِّلُ براءةَ اختراع الزُّجاج الرَّقائقيّ – زجاجِ الأمان المُتَعدِّد الطبقات.

1909

فرتْز هابِر يُحَضِّرُ الأمونْيا اصطِناعيًّا للمَرَّةِ الأولى. وهي استُخْدِمَتْ لاحِقًا في صُنْعِ الأسْمدة.

1911

الامريكيّ بنْجامين هولْت يخترِعُ الحَصّادةَ الدرّاسة.

1912

السُّفنُ الأولى عابرةُ المُحيطات تُزَوَّدُ بِمُحَرِّكاتِ الدِّيزِل.

1913

إدخالُ خَطِّ التجميع الأوّل في مَصْنع هِنْري فُورد للسيّارات.

1913

وِلْيَم بِرْتون يُطَوِّرُ أُسْلوبًا مُحَسَّنًا لتكرير النِّفْط – بالتكسيرِ الحراريّ، فضاعف ذلك إنتاجَ البِنْزين من النِّفْطِ الخام.

1913

هاري بريرْلي يبتكِرُ اوّلَ انواع الفولاذِ اللاّصَدُوء (الذي لا يَصْدا).

1914 – 1918

استِخْدامُ السِّيزْمُوجرافية (المِرْسَمة المِرجافيَّة) للمَرَّة الأولى في التَّنْقيبِ عن النِّفْط.

1917

البِرْت أينْشتَيْن يَقْترِحُ نَظريَّةً في تفسيرِ عملِ اللِّيازِر.

1917

المُخْترعان س. دانكِن بلاك وَالْوِنْزو ج. بِكَر يُسَوِّقان المِثْقابَ اليَدَويَّ الكَهْربائيّ.

1920

اللِّحامُ القوسيُّ الكَهْربائيُّ يُسْتَخْدمُ في الصِّناعةِ على نِطاقٍ واسِع.

1921

أوّلُ قِطارٍ يُسَيِّرُ بِمُحَرِّكاتِ الدِّيزِل يَدْخُل الخِدْمةَ على خطوط شركة السِّكَكِ الحديديَّة التونسيَّة.

1924

كلارنْس بيرْدْس آي يُطَوِّر اسلوبَ التَّجْميدِ العميق صِناعيًّا للثِّمارِ والخَضراوات.

1924

وِلْيَم مِيسُون يَبْتكر اوّلَ انماط الواح المِيسونايت الصَّلدةِ الصامدةِ لِتقَلُّباتِ الطَّقْس.

1933

عالمان يَعْملان لحِساب شركة الصِّناعات الكيماويَّة الإمبراطوريَّة يَخْترعان البوليثين.

1935

وَالاس كاروثَرْز يَبْتكر النَّيلون اوّلَ الألْيافِ الصُّنْعيَّةِ بالكامل.

حوالى 1936

مُصَمِّمُ الطائرات السِّير فرانْك ويتِل يُطَوِّرُ اوّلَ مُحَرِّكٍ نفّاث.

1937

شركة نِسْتلِه السّويسْرِيَّة تُسَوِّقُ القَهْوةَ السريعةَ الذَّوبان.

1939

ڤلاديمير زُووريكين وآخرون يَخْترعون المِجْهرَ الإلكترونيَّ الذي يُمكِن به تكبيرُ الأشياء الدقيقة ما بين 1500 وَ 500 000 مَرَّة.

1939

الطائرةُ الألمانيَّةُ هينْكِل اوّلُ طائرةٍ تَطيرُ بِمُحَرِّكٍ نفّاث.

1939

الكيميائيُّ پُول مُولَر يُسَجِّلُ براءةَ اختِراع المُبيدِ الحَشَريّ دِدِت.

1941

ماسي فِرغوسُون يبدأ إنتاجَ الحَصّادات الدرّاسة الحديثة بالجُمْلة.

1944

فريقٌ يترأّسُه المُهَنْدِسُ الرياضيُّ هاوَرْد إيكين يَبْني اوّلَ حاسُوبٍ رَقْميٍّ أُوتوماتيّ.

1945

الشركةُ الأمريكيَّة ماكْسُون تُسَوِّق الوَجَباتِ الجاهِزةَ المُجَمَّدة الأولى.

1948

المُهَنْدِسُ جورج دي مِسْترال يخترِعُ الڤِلْكرو – الزِّمامَ المُتَداخل اللزِبَ.

1949

طائرةُ دي هَافيلَنْد كومت اوّلُ طائرة رُكّاب تُزَوَّدُ بِمُحَرِّكاتٍ نفّاثة.

1950

اِختِراعُ مُحَرِّكِ وانْكِل البِنْزينيّ الدوّار.

1952

اوّلُ خطِّ طيران تجاريّ للرُّكّاب بِطائراتٍ نفّاثة.

1953

رُوبن رُوزينغ يَبْتكِرُ اوّلَ عُلَبِ كَرْتونيَّة مُعَدَّة لاحتواءِ السَّوائل.

1954

نوتيلَس، اوّلُ غوّاصةٍ نَوَويَّةِ القُدْرة تَدْخُل الخِدْمةَ في اسْطولِ الولايات المتّحدة الأمريكيَّة.

1958

اليسْتير پِلْكينْغتون يَخْترِعُ طريقةَ الزُّجاجِ اللَّوحيِّ المُعَوَّم.

1960

ثيُودور مَيمان يخترِعُ اللِّيْزَر.

1961

يُونيميت – اوّلُ روبوتٍ صِناعيّ – يُسْتَخْدمُ بانتِظام في مَصْنَعٍ للسيّارات.

1964

تَسْويقُ اوّلِ الحواسيب العامِلة برقائقِ السِّليكون.

1968

اِختِراعُ مِنْفثٍ مائيٍّ عالي الضغط لِقَطْعِ الموادّ.

1970

اوّلُ استِعمالٍ صِناعيٍّ للموادّ الألْيافيَّة المُوَلَّفة.

1970

تَطْويرُ اوّلِ مُعالِجٍ صُغْريٍّ حاسوبيّ مُكتَمِل المَعالِمِ الحاسِبة على رقيقةٍ واحدةٍ في الولايات المتّحدة الأمريكيَّة.

1970

لَيازِرُ ثاني أكْسيد الكربون تُسْتَخْدمُ في قَطْعِ الموادّ بدِقَّةٍ مُتَناهِية.

حوالى 1980

رَواجُ الحواسيبِ الشخصيَّة يُدْخِلُ الأتْمتةَ الحاسُوبيَّةَ إلى المكاتبِ والمنازل.

1989

صُنْعُ أولى اللَّدائن من موادّ طبيعيَّة.

1994

اِفتِتاحُ النَّفَق الواصِل بين إنكلترا وفرَنْسا تحتَ القَناة الإنكليزيَّة.

1996

سوجورْنَر مارس، اوّلُ روبوت مُتَنَقِّل، المُرسَلُ إلى المِرّيخ، كجُزْءٍ من مُهِمَّةِ پاثْفَيْندَر التابِع لوكالةِ الفَضاء والطيران الأمريكيَّة يَحُطُّ عليه عامَ 1997.

1998

اِكْتِمالُ مَطار هُونغ كُونغ – أضخمِ مَشْروعٍ إنشائيٍّ يَتِمُّ باستِصْلاحِ الأراضي.

حَقائقُ وأرقام

المَعادِنُ الرَّئيسيَّة

المَعْدِنُ – مادَّةٌ لاعُضْوِيَّةٌ تَتواجَدُ في الطبيعة. كثيرٌ من المَعادِن هي أملاحٌ فلِزِّيَّة.

الهَيْصَم (المَرمر الأبيض) كِبْريتاتُ الكالسيُوم المُمَيَّاة؛ شَكْلٌ من الجِبْس الشَّفّ الدَّقيقِ الحُبَيْبات يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ بَطْعِ الزِّينة.

الأَباتَيْت فلوريد الكالسيُوم الفُسْفاتيّ كان سالِفًا من مُقَوِّمات الأَسْمدة الفُسْفاتيَّة ومَصْدرًا للفُسْفور وقد حَلَّ مَحَلَّه الآنَ الفُسْفاتُ الصَّخْريّ.

الأَسبَسْتوس؛ حجرُ الفتيلة سِليكاتات المَغْنسيُوم المُتَنوِّعة؛ لِيفٌ طبيعيٌّ وعازِلٌ حراريٌّ جَيِّد. التعَرُّضُ لِغُبار الأسبَسْتُوس قد يُسبِّبُ أمراضًا رِئويَّة، لذا مُنِعَ استِعمالُه.

اللّازَوَرْد كَرْبوناتُ النُّحاس القاعديّة المُمَيَّاة؛ يُسْتَخْدَمُ خِضْبًا لِلَوْنِه الأزرق.

البنتونَيْت ضَربٌ من الطِّفال يَتَنَفَّخُ في الماء؛ يُسْتَخْدَمُ حَشْوَةً في صُنْعِ الوَرَق.

الكَلْسَيْت كَرْبونات الكالسيوم – ثاني أكثرِ المعادن تَواجُدًا بَعْدَ الكوارتز.

الطِّفال (الصَّلْصال) سليكاتات الألومنيُوم الدقيقة الحُبَيْبات؛ تُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الآجُرِّ والفَخّاريّات والخَزَفيّات الفاخِرة.

الدولومَيْت مَزيجٌ من كَرْبونات الكالسيُوم والمَغْنسيُوم.

الفلُورَيْت الشَّكْلُ المَعْدِنيُّ من فلُوريد الكالسيُوم؛ يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الزُّجاج والخَزَفيّات. وهو مَصْدرٌ للفلُور.

الغرافيت شَكْلٌ لَيِّنٌ من الكربون؛ يُسْتَخْدَمُ مُهَدِّئًا في المُفاعلات النَّوَويّة، وفي عبوات أقلام الرَّصاص.

الجِبْس شَكْلٌ لَيِّنٌ من كبريتات الكالسيُوم؛ يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الإسْمنت والجِصّ.

الكاؤلين نوعٌ من الطِّفْل، يُسَمَّى أيضًا طَفْل الخَزَف الصِّينيّ؛ يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الخَزَفيّات وفي صناعاتِ الوَرَق والمِطّاط والدِّهانات.

الحَجَرُ الكِلْسيّ صَخْرٌ يتألَّفُ أساسًا من كربونات لكالسيُوم؛ يُسْتَخْدَمُ كحَجَر بِناءٍ وفي تَنْقِيَة الحديد من صهير خاماته.

الرُّخام شَكْلٌ من كربونات الكالسيُوم عالي التبَلُّر؛ يُستَخْدَمُ في العِمارة والمَنْحوتات.

المَيكا سِليكاتات الألومنيُوم المُتَنوِّعة؛ تُسْتَخْدَمُ في لمواسِعات (المكَثِّفات السَّعويَّة) الكهربائيّة وكعازِلٍ للكهرباء. المَيكاتُ تَتَفَلَّقُ صفائحَ رقيقةً تجعلُها مُفيدةً كخُضُبٍ لؤلؤيَّة التأثير في الدِّهانات.

المَرْمَر المَشْرقيّ ضَرْبٌ من الكَلْسَيْت؛ أَصْلدُ من المَرْمَر الأبيض.

فُسْفات الصُّخور فُسْفات الكالسيُوم؛ أحدُ مُكَوِّنات الأَسْمدة، والمَصْدرُ الرئيسيُّ للفُسْفور.

الكوارتْز (المَرو) ثاني أكسيد السِّليكون. أكثرُ المَعادن شيوعًا، يَتواجَدُ في شَكْلَيْن، كامِدٍ وشَفّافٍ، مُلَوَّنين أحيانًا بالشَّوائب؛ يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الزُّجاج وبعضِ الخَزَفيّات.

تِرْاثُ البوتاسيوم يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ مَسْحوق البرود والأَسْمدة.

السِّليكا شَكْلٌ مَعْدِنيٌّ صَلْدٌ من ثاني أكسيد السِّليكون ذو دَرَجةِ انصِهارٍ عالية.

الأُرْدُواز مَعادن مُخْتلطةٌ تَتَفَلَّقُ طبيعيًّا إلى صفائحَ رقيقةٍ؛ تُسْتَخْدَمُ للتَّسْقيف.

الطَّلْق مادَّةٌ بيضاءُ أو مُخْضَرَّةٌ لَيِّنةٌ؛ تُسْتَخْدَمُ في الدِّهانات والخَزَفيّات ومُنْتَجاتِ صِناعاتِ مُسْتَحْضرات التجميل والعِناية الصِّحِّيَّة.

مِقْياسُ مُوهْز للصَّلادة

إنتبطَ المَعادنيُّ الألمانيُّ فريدْريخ مُوهْز مقياسًا للصَّلادة عِمادُه عَشرةُ معادنَ، مُرَقَّمةٌ من 1 إلى 10، تَتَزايدُ تصاعُديًّا من الأَلْيَن إلى الأصلَد. ظُفْرُ الإصبَع النمُوذَجيّ صلادتُه بين 2 وَ3 على سُلَّم مُوهْز، إذ إنَّه يَخْدِشُ الجِبْسَ ويُخْدَشُ بالكَلْسَيْت. والموادُّ التي لا تَزيدُ صلادَتُها على 4 في سُلَّم مُوهْز يُمكِنُ خَدْشُها بقِطْعةِ نَقْدٍ مَعْدِنيَّة.

الطَّلْق 1	الأورثوكلاز 6
الجِبْس 2	الكوارتْز 7
الكَلْسَيْت 3	التُّوباز 8
الفلُورَيْت 4	الكُورَنْدُم 9
الأَباتَيْت 5	الماس 10

الماسُ أصلَدُ المعادن – إذْ يخدِشُها كُلَّها. كربيدُ السِّليكون (الكربُورَنْدُم) مادَّةٌ مُصَنَّعةٌ، صلادَتُها 9,5 على مِقياس مُوهْز، تُسْتَخْدَمُ كمادَّةٍ سَحْج.

الخَاماتُ الرَّئيسيَّة

الخامُ مَصْدَرٌ مَعْدِنيٌّ لِلْفِلِزّ.

البوكْسَيْت شَكْلٌ غير نَقِيّ من أكسيد الألومنيُوم، يُستَخْلصُ منه الألومنيُوم بالكَهْرلة (التحليلِ الكهربائيّ).

الكاسيتِرات من أكاسيد القَصْدير للانقِيَّة؛ وهو الخامُ الرئيسيُّ للقَصْدير.

الكَلْكوپَيْرِيْت مَزيجٌ ذَهبيُّ اللَّون من كِبْريتيدَي النُّحاس والحديد، يُعْرَفُ أيضًا بِپيْرِيْت النُّحاس. وهو الخامُ الرئيسيُّ للنُّحاس.

الكرومَيْت مَزيجٌ من أكسيدَي الكروم والحديد، وهو المَصْدرُ الرئيسيُّ للكروم.

الغالِينا كِبْريتيد الرَّصاص؛ وهو لمَصْدَرُ الرئيسيُّ للرَّصاص.

الهِيماتَيْت الشَّكْلُ المَعْدِنيُّ لأكسيد الحديد؛ وهو أحدُ الخامات الرئيسيَّة للحديد.

مِلْحُ الطعام الصَّخْريّ كلوريدُ الصوديُوم. وهو مَصْدرٌ للكلُور والصوديُوم وهِدْروكسيد الصوديوم.

الإلْمِنَيْت مَزيجٌ من أكسيدَي الحديد والتِّيْتانيُوم؛ وهو الخامُ الرئيسيُّ للتِّيتانيُوم.

المَلَكَيْت كَرْبوناتُ النُّحاس القاعديّة، مَعْدِنٌ أخضَرُ زاهٍ يُسْتَخْدَمُ كخامٍ للنُّحاس، وحَجَرٍ شبْهِ كريم لِصُنْعِ الحُلي.

البِنْتَلَنْدَيْت كِبْريتيد الحديد والنيكل؛ وهو الخامُ الرئيسيُّ للنيكل.

البِتْشبلَنْد أكسيد اليورانيوم. وهو المَصْدَرُ الرئيسيُّ لليورانيُوم.

الرُّوتايْل أكسيد التِّيتانيُوم؛ وهو مَصْدرٌ ثانويٌّ لِفِلِزِّ التِّيْتانيوم.

السفالَرَيْت كِبْريتيد الزِّنْك. وهو الخامُ الرئيسيُّ للزِّنْك، ويُعْرَفُ أيضًا بالزِّنْكبِلَنْد.

الزِّنْكَيْت أكسيد الزِّنْك؛ وهو مَصْدرٌ ثانويٌّ للزِّنْك، ويُسَمَّى أحيانًا سپارْتالَيْت.

الفِلِزَّاتُ الثمانية الأكثر إنتاجًا

الحديد	973×10^6 طُنّ
المَنْغنيز	236×10^5 طُنّ
الألومنيُوم	177×10^5 طُنّ
الكروم	125×10^5 طُنّ
النُّحاس	9×10^6 طُنّ
الرَّصاص	33×10^5 طُنّ
النيكل	895×10^3 طُنّ
القَصْدير	219×10^3 طُنّ

سِلْسِلةُ التفاعُليَّةِ للفلِزَّات

سِلْسِلةُ التفاعُليَّة تُدْرِجُ الفلِزَّاتِ في ترتيبٍ تنازُليٍّ لِيُسْرِ (وبالتالي شِدَّة) تفاعليَّتها، بحيثُ إنَّ الپوتاسيُوم أشَدُّ فاعليَّةً من الپلاتين. الفلِزَّاتُ الأشَدُّ تفاعليَّةً هي الأصعَبُ للاِستِخْلاصِ من مُرَكَّباتِها.

الپوتاسيُوم	القَصْدير
الصوديُوم	الرَّصاص
الكالسيُوم	النُّحاس
المَغْنسيُوم	الفِضَّة
الألومنيُوم	الذَّهَب
الزِّنْك (الخارصين)	البلاتين
الحديد	

عَشْرُ سَبائك (أُشابات) شائعة

برونْزُ العُملات – 95% نُحاس، 4% قَصْدير، 1% زِنْك؛ يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ قِطَعِ النَّقْد المَعْدنيَّة وقِطع تَشْغيل مَكِناتِ البَيْع.

فِضَّة العُملات – 90% فِضَّة، 10% نُحاس؛ تُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ قِطَعِ النَّقْد المَعْدنيَّة.

ذَهَبُ الأَسْنان – 58% ذَهَب، 14 إلى 28% فِضَّة، 14 إلى 28% نُحاس؛ يُسْتَخْدَمُ لِتَصليح الأسنان.

ديورالِيومين – 95% الومنيوم، 4% نُحاس، 0,5% مَنْغنيز، 0,05% مَغْنسيوم؛ يُسْتَخْدَمُ لِصُنْعِ مُقَوِّماتٍ بِنْيويَّة للطائرات.

مانغانين – 82,5% نُحاس، 16% مَنْغنيز، 1,5% نيكل؛ يُسْتَخْدَمُ في داراتِ العَدَّادات الكهربائيَّة.

نَيْكروم – 80% نيكل، 20% كروم؛ يُسْتَخْدَمُ لِصُنْعِ المُقاومات الكهربائيَّة وعناصِرِ التَّسْخين.

پيُوتر – 65 إلى 80% قَصْدير، 20 إلى 35% رَصاص؛ يُسْتَخْدَمُ لِصُنْعِ الأواني وأوعيَةِ الشُّرْب المُزَخْرفة والحُلي.

سَبيكةُ اللِّحام – 20 إلى 70% رَصاص، 30 إلى 80% قَصْدير؛ تُسْتَخْدَمُ لِتَلْحيم ووَصْلِ الأشياءِ الفلِزِّيَّة، بخاصَّةٍ الأَسْلاك ومُقَوِّمات الدَّارات الكهربائيَّة.

الفُولاذُ اللَّاصَدُوء – 60 إلى 80% حديد، 10 إلى 20% كروم، 8 إلى 20% نيكل؛ يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الأواني والأدوات المَطْبخيَّة، وأحواض الغَسيل، وقِطَعِ تركيبِ المَكِنات.

فُولاذُ العُدَد – 90 إلى 95% حديد، 6 إلى 7% موليبْدِنوم، 2 إلى 4% كروم؛ يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ عُدَدِ الشُّغْل كالأزاميل والمَناشير.

المَوسُوعَة العِلميَّة المُعاصِرة

هٰذِهِ المَوسوعَةُ الجَديدَةُ الرّائِعَة تَضَع المَبادِئَ العِلميَّةَ الأساسِيَّة في مُتَناوَل وَاستيعابيَّةِ كُلِّ طِفل. فالنّصُّ المُوثّقُ الواضِحُ المُختارُ مِن عُيونِ المَصادِر، في شَتّى مَناحي العِلم، وَالمُعَزَّزُ بِرُسوم وَصُوَرٍ تَفصيليَّةٍ مُعبِّرَةٍ يَجعَلُ مِنَ المَوسوعَةِ العِلميَّةِ المُعاصِرَة المَرجعَ المُتَميِّزَ لِلمَعلوماتِ وَالأبحاثِ العِلميَّة لِلناشِئين. فَهُم سَيَجدونَ في تَصَفُّحِها مِن حينٍ لآخَرَ لَذَّةَ وَمُتعَةَ الاكتِشافِ العِلميِّ وَالمَبادِئَ الفاعِلَةَ في الكثيرِ مِنَ الأجهِزَة وَالإنجازاتِ العِلميَّةِ العَمَليَّةِ التي يَنعَمونَ بِها هُم وَأهلُهُم.

بَعضُ المَعالِمِ المُمَيِّزَةِ لِهٰذِهِ المَوسُوعَة:

أَحدَثُ الإنجازاتِ العِلميَّةِ مُفَسَّرَةٌ بِإيجازٍ مُيَسَّرٍ مِنْ قِبَلِ اختِصاصِيّين في مَجالاتِهِم،

أعمالٌ فَنِّيَّةٌ أخّاذَةٌ وَمُستَقطَعاتٌ مُصَوَّرَةٌ وَحَواشٍ وَتَعليقاتٌ تَشرَحُ وَتُبَسِّطُ حَتّى أعقَدَ الرُّسوم،

تَركيزٌ عَلى مَنحَيَيْن - تَوفيرِ مَرجعٍ سَريعِ المُتَناوَل، وَفي الوَقتِ نَفسِهِ مَعلوماتٍ دَقيقَةٍ مُوثّقَة،

سِيَرٌ مُوجَزَةٌ مُصَوَّرَةٌ لِمَشاهيرِ العُلَماءِ وَالمُخترعين

إبرازُ مَعالِمَ وَأنشِطَةٍ لافِتَةٍ تُشَجِّعُ النّاشِئينَ عَلى سَبْرِ وَاستِطلاعِ مَواضيعَ مُعَيَّنَةٍ تُهِمُّهُم

تَتَضَمَّنُ الأحداثَ وَالاختِراعاتِ وَالاكتِشافاتِ العِلميَّةِ الهامَّة، وَقَوائِمَ وَجَداوِلَ بِالوَحَداتِ العِلميَّةِ وَتَحويلاتِها

وَفي نِهايَةِ كُلِّ مَبحَثٍ مأطورَةُ إحالَةٍ إلى مَواقِعِ المَواضيعِ ذاتِ العَلاقَةِ بِمَدارِ البَحث،

إضافَةً إلى مَسرَدٍ بِالمُصطَلَحاتِ وَتَعريفاتِها، وَمَسرَدٍ شامِلٍ بِمُحتَوياتِ المَوسُوعَة

مَكتَبَة لبنان ناشِرون