سلسلة الكتب الجامعية المترجمة - العلوم الأساسية
6

دوغلاس س. جيانكولي

الفيزياء

المبادئ والتطبيقات

العبيكان
Obeikan
المملكة العربية السعودية
وزارة التعليم العالي

الفيزياء

المبادئ والتطبيقات

دوغلاس س جيانكولي

المملكة العربية السعودية
وزارة التعليم العالي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION

العبيكان
Obeikan

PHYSICS

Principles with Applications

6th Edition

Author: Douglas C. Giancoli

Copyright © 2005, 1998, 1995, 1991, 1985, 1980 by Douglas C. Giancoli

ISBN-13: 978-0130606204

All rights reserved. Authorized translation from the English language edition published by PEARSON Education (U.S.A.)

ضمن سلسلة مشروع وزارة التعليم العالي لترجمة وطباعة ونشر كتب المقررات الجامعية العالمية

حقوق الطبعة العربية محفوظة للعبيكان بالتعاقد مع شركة أديسون ويسلي، إحدى شركات بيرسون للتعليم، الولايات المتحدة الأمريكية

1429هـ - 2008م العبيكان Obeikan ©

ح **مكتبة العبيكان، 1434هـ**

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

جيانكولي، دوغلاس س

الفيزياء: المبادئ والتطبيقات./ دوغلاس س جيانكولي؛ مجموعة من المترجمين.- الرياض 1434هـ

1034 ص؛ 20.5× 26 سم

ردمك: 4 - 535 - 503 - 603 - 978

1 - الفيزياء أ. مجموعة من المترجمين (مترجم) ب. العنوان

ديوي: 530 رقم الإيداع: 4870 / 1434

الطبعة العربية الأولى 1435هـ - 2014م

تمت الترجمة والمراجعة بإشراف وزارة التعليم العالي

اللجنة الإشرافية

د. محمد بن عبدالعزيز العوهلي

د. عبدالله بن إبراهيم المهيدب

وبمشاركة منسقي التخصصات (د. محمود بن أحمد منشي، د. ناصر بن صالح المنصور، د. سعيد بن محمد العمودي، د. خالد بن منصور الشعيبي)

الترجمة

أ. د. معروف خليل الشيخ إبراهيم د. حسان خالد الجوهري

د. موسى محمد عمران

المراجعة العلمية

د. أحمد فتحي سالم أ. د. محمد سعدالدين عبدالمنعم

د. إبراهيم محمود ناصر

التنسيق الإداري والمتابعة

معهد الأمير نايف للبحوث والخدمات الاستشارية، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية

العبيكان Obeikan

المملكة العربية السعودية - الرياض - المحمدية - طريق الأمير تركي بن عبدالعزيز الأول هاتف: 4808654 فاكس: 4808095 ص.ب: 67622 الرياض 11517

www.obeikanpublishing.com http://itunes.apple.com/sa/app/obeikan-store

المحتويات

1 المقدمة: القياس و التقدير 1

1-1 طبيعة العلم 1
2-1 الفيزياء وعلاقتها مع المجالات الأخرى 3
3-1 النماذج والنظريات والقوانين 4
4-1 القياس وعدم اليقين (مبدأ الريبة) والأرقام المعنوية 5
5-1 الوحدات والمعايير والنظام الدولي للوحدات 8
6-1 تحويل الوحدات 10
7-1 رتبة المقدار: تقدير سريع 12
8-1 الأبعاد والتحليل البعدي 14
ملخص 15 أسئلة 16
مسائل 16 مسائل عامة 17

2 وصف الحركة: علم الحركة (الكينماتيكا) في بعد واحد 19

1-2 أطر الإسناد والإزاحة 20
2-2 متوسط السرعة 21
3-2 السرعة المتجهة اللحظية 23
4-2 التسارع 23
5-2 الحركة بتسارع ثابت 26
6-2 مسائل محلولة 28
7-2 السقوط الحر للأجسام 31
8-2 التحليل البياني للحركة الخطية 36
ملخص 38 أسئلة 38
مسائل 39 مسائل عامة 42

3 الحركة في بعدين والمتجهات 45

1-3 الكميات المتجهة والكميات غير المتجهة 45
2-3 جمع المتجهات – طرق الرسم البياني 46
3-3 طرح المتجهات وضرب المتجه في عدد 48
4-3 جمع المتجهات بطريقة المركبات 49
5-3 حركة المقذوفات 54
6-3 أمثلة على حركة المقذوفات 56
7-3 مسار حركة المقذوف هي قطع مكافئ 62
8-3 الحركة النسبية 62
ملخص 64 أسئلة 65
مسائل 65 مسائل عامة 69

4 علم التحريك (الديناميكا): قوانين نيوتن في الحركة 72

1-4 القـوة 72
2-4 قانون نيوتن الأول في الحركة 73
3-4 الكتلة 75
4-4 قانون نيوتن الثاني في الحركة 75
5-4 قانون نيوتن الثالث في الحركة 77
6-4 الوزن - قوة الجاذبية والقوة العمودية 80
7-4 حل المسائل باستخدام قوانين نيوتن مخططات الجسم الحر 84
8-4 مسائل تتضمن الاحتكاك والمنحدرات 90
9-4 حل مسائل – طريقة حل عامة 96
ملخص 96 أسئلة 97
مسائل 98 مسائل عامة 103

5 الحركة الدائرية والجاذبية 106

1-5 كينماتيكا الحركة الدائرية المنتظمة 106
2-5 ديناميكا الحركة الدائرية المنتظمة 109
3-5 منعطفات الطريق السريع المائلة وغير المائلة 112
4-5 الحركة الدائرية غير المنتظمة 115
5-5 الطرد المركزي 116
6-5 قانون نيوتن للجذب الكوني 117
7-5 الجاذبية قرب سطح الأرض: تطبيقات فيزياء علوم الأرض 121
8-5 الأقمار الصِّناعية و"انعدام الوزن" 122
9-5 قوانين كبلر وتركيب نيوتن 125
10-5 أشكال القوى في الطبيعة 128
ملخص 128 أسئلة 129
مسائل 130 مسائل عامة 133

6 الشـــغل والطـاقــة 136

6-1 الشغل المبذول بواسطة قوة ثابتة 137
6-2 الشغل المبذول بواسطة قوة متغيرة 141
6-3 الطاقة الحركية، ومبدأ الشغل والطاقة 141
6-4 طاقة الوضع 144
6-5 القوى المحافظة وغير المحافظة 148
6-6 الطاقة الميكانيكية وحفظها 149
6-7 حل مسائل باستخدام حفظ الطاقة الميكانيكية 150
6-8 أشكال أخرى للطاقة وتحولات الطاقة وقانون حفظها 155
6-9 حفظ الطاقة بوجود قوى مبددة: حلول مسائل 156
6-10 القدرة 158
ملخص 160 أسئلة 160
مسائل 162 مسائل عامة 165

7 الزخم الخطي 167

7-1 الزخم الخطي وعلاقته بالقوة 168
7-2 حفظ الزخم 170
7-3 التصادمات والدفع 173
7-4 حفظ الطاقة والزخم في التصادمات 175
7-5 التصادمات المرنة في بعد واحد 176
7-6 التصادمات غير المرنة 178
7-7 التصادمات في بُعْدَيْن أو ثلاثة أبعاد 179
7-8 مركز الكتلة (CM) 182
7-9 CM لجسم الإنسان 184
7-10 مركز الكتلة والحركة الانتقالية 185
ملخص 187 أسئلة 187
مسائل 188 مسائل عامة 192

8 الحركة الدورانية 194

8-1 الكميات الزاوية 195
8-2 التسارع الزاوي الثابت 201
8-3 حركة الدحرجة (من غير انزلاق) 202
8-4 العزم 203
8-5 ديناميكا الدوران، عزم الدوران والقصور الدوراني 206
8-6 حل المسائل في الديناميكا الدورانية 208
8-7 الطاقة الحركية الدورانية 210
8-8 الزخم الزاوي وحفظه 213
8-9 الطبيعة المتجهة للكميات الزاوية 215
ملخص 217 أسئلة 217
مسائل 219 مسائل عامة 223

الاتزان السكوني (الإستاتيكي)؛ 9 المرونة والكسر 226

9-1 شروط الاتزان 227
9-2 حل مسائل الإستاتيكا 229
9-3 تطبيقات على العضلات والمفاصل 234
9-4 الاستقرار والتوازن 236
9-5 المرونة؛ الإجهاد والمطاوعة 237
9-6 الكسر (التمزق) 241
9-7 تجسير الفراغ؛ القناطر والقباب 243
ملخص 246 أسئلة 246
مسائل 247 مسائل عامة 252

10 الموائع 255

10-1 حالات المادة 255
10-2 الكثافة والجاذبية النوعية 256
10-3 الضغط في الموائع 257
10-4 الضغط الجوي والضغط المقيس 259
10-5 مبدأ باسكال 260
10-6 قياس الضغط، المقاييس والباروميتر 260
10-7 الطفو ومبدأ أرخميدس 263
10-8 الموائع المتحركة؛ معدل الجريان ومعادلة الاستمرارية 268
10-9 معادلة برنولي 270
10-10 تطبيقات على مبدأ برنولي: من تورشللي إلى الطائرات، كرات البيسبول والأسكيمية 272
10-11 اللزوجة 274
10-12 الجريان في الأنابيب؛ معادلة بوسيلي، جريان الدم 275
10-13 التوتر السطحي والخاصية الشعرية 276
10-14 المضخات ، والقلب 278
ملخص 279 أسئلة 280
مسائل 281 مسائل عامة 284

11 الاهتزازات والموجات 286

11-1 الحركة التوافقية البسيطة 287
11-2 الطاقة في المهتز التوافقي البسيط 289
11-3 الزمن الدوري والطبيعة الجيبية لـ (SHM) 292
11-4 البندول البسيط 296
11-5 الحركة التوافقية المضمحلة 298
11-6 الاهتزازات القسرية؛ الرنين 299
11-7 الحركة الموجية 300
11-8 أنواع الموجات: مستعرضة وطولية 303
11-9 الطاقة المنقولة بواسطة الموجات 305
11-10 الشدة وعلاقتها مع السعة والتردد 306
11-11 انعكاس الموجات ونقلها 307
11-12 التداخل؛ مبدأ التراكب 308
11-13 الموجات الواقفة؛ الرنين 310
11-14 الانكسار 312
11-15 الحيود 313
11-16 التمثيل الرياضي لموجة منتقلة 314
ملخص 315 أسئلة 316
مسائل 317 مسائل عامة 320

12 الصوت 322

12-1 خصائص الصوت 322
12-2 شدة الصوت: الديسيبل 325
12-3 الأذن واستجابتها ؛ ارتفاع الصوت 328
12-4 مصادر الصوت: الأوتار المهتزة والأعمدة الهوائية 329
12-5 نوع الصوت؛ الضجيج والتراكب 334
12-6 تداخل موجات الصوت؛ الضربات 335
12-7 ظاهرة دوبلر 338
12-8 موجات الصدمة والدّويّ الصوتي 342
12-9 تطبيقات: السونار، فوق السمعية، والتصوير الطبي 343
ملخص 345 أسئلة 346
مسائل 347 مسائل عامة 349

13 درجة الحرارة ونظرية الحركة 352

13-1 النظرية الذرية للمادة 352
13-2 درجة الحرارة وموازين الحرارة 354
13-3 الاتزان الحراري وقانون الديناميكا الحرارية الصفري 357
13-4 التمدد الحراري 357
13-5 الشّدّ(التّوتّر) الحراري 361
13-6 قوانين الغازات ودرجة الحرارة المطلقة 361
13-7 قانون الغاز المثالي 363
13-8 حل المسائل بقانون الغاز المثالي 364
13-9 قانون الغاز المثالي بدلالة الجزيئات: عدد أفوجادرو 366
13-10 نظرية الحركة والتفسير الجزيئي لدرجة الحرارة 367
13-11 توزيع السرعات الجزيئية 371
13-12 الغازات الحقيقية وتغيرات الطور 371
13-13 ضغط البخار والرطوبة 373
13-14 الانتشار 376
ملخص 378 أسئلة 379
مسائل 380 مسائل عامة 382

14 الحرارة 384

14-1 الحرارة كانتقال للطاقة 385
14-2 الطاقة الداخلية 386
14-3 الحرارة النوعية 387
14-4 المسعرية (قياس الحرارة) – حل مسائل 388
14-5 الحرارة الكامنة 391
14-6 انتقال الطاقة: التوصيل 395
14-7 انتقال الحرارة: الحمل 397
14-8 انتقال الحرارة: الإشعاع 399
ملخص 403 أسئلة 403
مسائل 404 مسائل عامة 406

15 قوانين الديناميكا الحرارية 408

15-1 القانون الأول في الديناميكا الحرارية 409
15-2 عمليات في الديناميكا الحرارية والقانون الأول 410
15-3 الأيض الإنساني والقانون الأول 414
15-4 القانون الثاني في الديناميكا الحرارية – مقدمة 415
15-5 الآلات الحرارية 416
15-6 الثلاجات ومكيفات الهواء ومضخات الحرارة 421
15-7 القصور الحراري (الإنتروبي) والقانون الثاني في الديناميكا الحرارية 424
15-8 من النظام إلى الفوضى 426
15-9 عدم توافر الطاقة والموت الحراري 427
15-10 التطور والنمو "سهم الزمن" 428
15-11 التفسير الإحصائي للقصور الحراري والقانون الثاني 430
15-12 التلوث الحراري والاحترار العالمي
ملخص 432 أسئلة 433
مسائل 433 مسائل عامة 436

16 الشحنة الكهربائية والمجال الكهربائي

439

1-16 الكهرباء الساكنة والشحنة الكهربائية وحفظها 440
2-16 الشحنة الكهربائية في الذرة 441
3-16 الموصلات والعوازل 441
4-16 الشحنة المستحثة والمكشاف الكهربائي 442
5-16 قانون كولوم 444
6-16 حل مسائل تتضمن قانون كولوم والمتجهات 447
7-16 المجال الكهربائي 450
8-16 خطوط المجال 454
9-16 المجالات الكهربائية والموصلات 456
10-16 قانون غاوس 457
القوى الكهربائية في العلوم الحياتية الجزيئية تركيب DNA وتناسخه 460
11-16
12-16 آلات نسخ ضوئي وطابعات حاسوبية تستخدم الكهرباء الساكنة 462
ملخص 463 أسئلة 464
مسائل 465 مسائل عامة 468

17 الجهد الكهربائي

470

1-17 طاقة الوضع الكهربائية وفرق الجهد 470
2-17 العلاقة بين الجهد الكهربائي والمجال الكهربائي 474
3-17 خطوط تساوي الجهد 474
4-17 الإلكترون فولت كوحدة طاقة 476
5-17 الجهد الكهربائي الناتج من الشحنات النقطية 476
6-17 الجهد الناتج من الثناقطبي الكهربائي وعزم الثناقطبي 479
7-17 المكثف 480
8-17 العوازل. 482
9-17 تخزين الطاقة الكهربائية 484
10-17 أنبوب الأشعة المهبطية : شاشات التلفاز والحاسوب وكاشف الذبذبات 485
11-17 مخطط كهربائي للقلب (ECG أو EKG) 487
ملخص 488 أسئلة 488
مسائل 489 مسائل عامة 491

18 التيارات الكهربائية

493

1-18 البطارية الكهربائية 494
2-18 التيار الكهربائي 496
3-18 قانون أوم والمقاومات 498
4-18 المقاومية 500
5-18 القدرة الكهربائية 502
6-18 القدرة في الدارات الكهربائية المنزلية 505
7-18 التيار المتردد 506
8-18 التيار الكهربائي من وجهة نظر مجهرية 509
9-18 المواد فائقة الموصلية 510
10-18 التوصيل الكهربائي في النظام العصبي للإنسان 510
ملخص 514 أسئلة 514
مسائل 515 مسائل عامة 518

19 دارات DC

520

1-19 EMF والجهد الطرفي 520
2-19 وصل المقاومات على التوالي وعلى التوازي 522
3-19 قاعدتا كيرشوف 528
4-19 وصل مصادر EMF على التوالي والتوازي 532
دارات تحتوي على مواسعات موصولة على التوالي والتوازي 533
5-19
دارات RC – وصل مقاومة ومواسع على التوالي
6-19 الأخطار الكهربائية 535
7-19 الأميتر والفولتميتر 538
ملخص 545 أسئلة 545 541
مسائل 547 مسائل عامة 551

20 المغناطيسية

554

1-20 المغناطيس والمجال المغناطيسي 554
2-20 التيارات الكهربائية تنتج مجالات مغناطيسية 557
3-20 القوة المؤثرة في موصل يحمل تيارًا في مجال مغناطيسي، تعريف $\vec{B}$ 558
4-20 القوة المؤثرة في شحنة متحركة في مجال مغناطيسي 560
5-20 المجال المغناطيسي الناتج من سلك مستقيم طويل 563
6-20 القوة بين سلكين متوازيين حاملين للتيار 565
7-20 الملف الحلزوني والكهرومغناطيسية 567
8-20 قانون أمبير 568
9-20 عزم الازدواج على حلقة تحمل تيارًا والثناقطبي المغناطيسي 570
10-20 تطبيقات: الجلفانوميترات، والمحركات، ومكبرات الصوت 571
11-20 مطياف الكتلة 572
12-20 الفرومغناطيسية: الحقول والتخلف المغناطيسي 573
ملخص 575 أسئلة 576
مسائل 577 مسائل عامة 581

21 الحث الكهرومغناطيسي وقانون فارادي 584

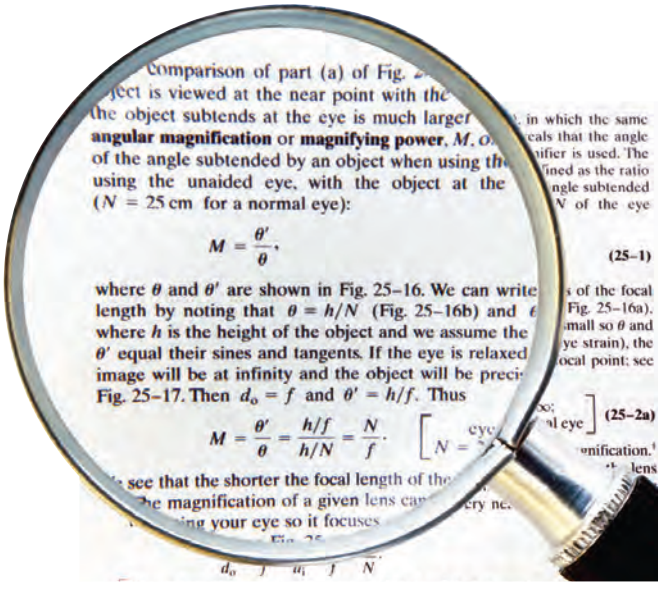
1-21 القوة الدافعة التأثيرية 584
2-21 قانون فارادي في الحث وقانون لنز 586
3-21 القوة الدافعة المتولدة في موصل متحرك 590
4-21 التغير في التدفق المغناطيسي ينتج مجالاً كهربائيًّا 591
5-21 المولدات الكهربائية 592
6-21 القوة الدافعة التأثيرية الراجعة والعزم المعاكس، التيارات الدوامية 593
7-21 المحولات ونقل القدرة 595
8-21 تطبيقات على الحث: أنظمة الصوت، ذاكرة الحاسوب، جهاز الرصد الزلزالي (السيزموجراف)، دارة قطع التيار (GFCI) 598
9-21 الحث 600
10-21 الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي 602
11-21 دارة المحث والمقاومة LR Circuit 602
12-21 دارات التيار المتردد (AC) والمفاعلة 603
13-21 دارة تيار متردد تتكون من محث ومقاومة ومواسع على التوالي 606
14-21 الرنين في دارات التيار المتردد 608
ملخص 608 أسئلة 609
مسائل 610 مسائل عامة 613

22 الموجات الكهرومغناطيسية 615

1-22 المجالات الكهربائية المتغيرة تنتج مجالات مغناطيسية؛ معادلات مكسويل 616
2-22 إنتاج الموجات الكهرومغناطيسية 617
3-22 الضوء كموجة كهرومغناطيسية، والطيف الكهرومغناطيسي 619
4-22 قياس سرعة الضوء 622
5-22 الطاقة في موجات EM 623
6-22 نقل الزّخم وضغط الإشعاع 625
7-22 المذياع والتلفزيون الاتصالات اللاسلكية 626
ملخص 629 أسئلة 629
مسائل 629 مسائل عامة 631

23 الضوء؛ البصريات الهندسية 632

1-23 نموذج الشّعاع الضّوئيّ 632
2-23 الانعكاس ؛ تكون الصورة في المرآة المستوية 633
3-23 تكون الأخيلة في المرايا الكروية 635
4-23 معامل الانكسار 642
5-23 الانكسار: قانون سنيل 642
6-23 الانعكاس الداخلي الكلي . الألياف الضوئية 645
7-23 عدسات رقيقة؛ رسم الأشعة 647
8-23 معادلة العدسة الرقيقة؛ التكبير 650
9-23 تراكيب العدسات 654
10-23 معادلة صانعي العدسات 656
ملخص 656 أسئلة 657
مسائل 658 مسائل عامة 662


Comparison of part (a) of Fig. 2
ject is viewed at the near point with the
the object subtends at the eye is much larger
angular magnification or magnifying power, M, o
of the angle subtended by an object when using th
using the unaided eye, with the object at the
(N = 25 cm for a normal eye):

$$M = \frac{\theta'}{\theta}, \qquad (25\text{–}1)$$

where θ and θ′ are shown in Fig. 25–16. We can write
length by noting that θ = h/N (Fig. 25–16b) and
where h is the height of the object and we assume the
θ′ equal their sines and tangents. If the eye is relaxed
image will be at infinity and the object will be preci
Fig. 25–17. Then $d_o = f$ and $\theta' = h/f$. Thus

$$M = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{h/f}{h/N} = \frac{N}{f}. \qquad (25\text{–}2a)$$

see that the shorter the focal length of the
he magnification of a given lens can
ing your eye so it focuses

24 الطبيعة الموجية للضوء 664

1-24 الموجات مقابل الجسيمات : مبدأ هويغنز والحيود 665
2-24 مبدأ هويغنز وقانون الانكسار 666
3-24 التداخل – تجربة شقي يانغ 668
4-24 الطيف المرئي والتفريق اللوني 671
5-24 حيود الشق المنفرد أو القرص 673
6-24 محززة (شبكة) الحيود 676
7-24 مقياس الطّيف والتحليل الطّيفي (المطيافية) 678
8-24 التداخل في الأغشية الرقيقة 679
9-24 مقياس تداخل ميكلسون 684
10-24 الاستقطاب 684
11-24 شاشات عرض البلورات السائلة (LCD) 688
12-24 استطارة الضوء بواسطة الجو 690
ملخص 690 أسئلة 691
مسائل 692 مسائل عامة 694

25 الأجهزة البصرية 696

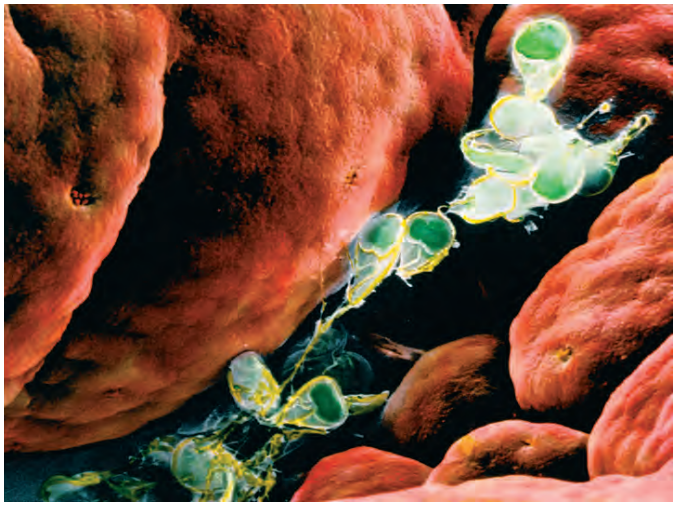
1-25 الكاميرات الفلمية، والكاميرات الرقمية 697
2-25 العين البشرية ؛ عدسات التصحيح 701
3-25 العدسة المكبرة 704
4-25 التلسكوبات 706
5-25 المجهر المركب 708
6-25 عيوب العدسات والمرايا 710
7-25 حدود التفريق (التحليل)؛ الفتحات الدائرية 711
8-25 قدرة تحليل المناظير والمجاهر؛ حدλ 714
9-25 قدرة تحليل العين البشرية والتكبير المفيد 715
10-25 مجاهر الاختصاص والتباين (التمايز) 716
11-25 أشعة –X وحيودها 717
12-25 تصوير أشعة –X والتصوير الطبقي المحوسب(مسحCT) 718
ملخص 721 أسئلة 722
مسائل 722 مسائل عامة 725

26 نظريّة النسبيّة الخاصّة 726

1-26 نسبيّة جاليليو ونيوتن 727
2-26 مُسلمات نظريّة النسبيّة الخاصّة 730
3-26 التزامن 731
4-26 تمدّد الزمن والتوأم المتناقض 734
5-26 تقلص الطول 740
6-26 الفضاء والزمن رُباعي الأبعاد 742
7-26 الزخم والكتلة النسبيّان 742
8-26 السرعة القصوى 743
9-26 $E = mc^2$، الكتلة والطاقة 744
10-26 جمع السرعات نسبويا 748
11-26 تأثير النسبيّة الخاصة 748
ملخص 749 أسئلة 750
مسائل 751 مسائل عامة 752

27 نظريّة الكمّ المبكرة والنماذج الذرّية 754

1-27 اكتشاف الإلكترون وخصائصه 754
2-27 فرضية بلانك الكمية، وإشعاعات الجسم الأسود 756
3-27 نظرية الفوتون للضوء والأثر الكهروضوئي 758
4-27 طاقة الفوتون وكتلته وزخمه 762
5-27 أثر كومبتون 763
6-27 تفاعلات الفوتون، وإنتاج الثنائي 764
7-27 ازدواجية الموجة – الجسيم؛ ومبدأ التتام 765
8-27 الطبيعة الموجية للمادة 766
9-27 المجاهر الإلكترونية 768
10-27 النماذج المبكرة للذرة 769
11-27 الأطياف الذرية: المفتاح إلى تركيب الذرة 771
12-27 نموذج بور 773
13-27 تطبيق نظرية دي برولي على الذرات 780
ملخص 781 أسئلة 782
مسائل 782 مسائل عامة 784



28 الميكانيكا الذرية للذرات 786

1-28 الميكانيكا الكمية – نظرية جديدة 787
2-28 الدالة الموجية وتفسيرها. تجربة الشق المزدوج 787
3-28 مبدأ عدم اليقين لهايزنبرغ 789
4-28 الفلسفات الضمنية – الاحتمالية مقابل الحتمية 792
5-28 نظرة الميكانيكا الكمية للذرات 794
6-28 الميكانيكا الكمية لذرة الهيدروجين – الأعداد الكمية 794
7-28 ذرات غير بسيطة – مبدأ الاستبعاد 797
8-28 الجدول الدوري للعناصر 798
9-28 أطياف أشعة إكس والعدد الذري 800
10-28 التألق والتفسفر 802
11-28 ليزرات 803
12-28 التصوير التجسيمي 806
ملخص 807 أسئلة 808
مسائل 809 مسائل عامة 810

29 الجزيئات والمواد الصلبة 812

1-29 الترابط في الجزيئات 812
2-29 رسومات توضيحية لطاقة – وضع الجزيئات 815
3-29 الروابط (فان دير فالز) الضعيفة 817
4-29 الأطياف الجزيئية 821
5-29 الترابط في المواد الصلبة 824
6-29 نظرية الحزم للمواد الصلبة 825
7-29 أشباه الموصلات والتطعيم 827
8-29 صمامات ثنائية (ديود) شبه موصلة 828
9-29 الترانزستورات والدارات المتكاملة 830
ملخص 831 أسئلة 832
مسائل 832 مسائل عامة 833

30 الفيزياء النووية والنشاط الإشعاعي 835

1-30 تركيب الذرة وخصائصها 835
2-30 طاقة الترابط والقوى النووية 838
3-30 النشاط الإشعاعي 841
4-30 باعثات ألفا 842
5-30 اضمحلال بيتا 845
6-30 اضمحلال جاما 847
7-30 حفظ عدد النيوكلون وقوانين حفظ أخرى 848
8-30 عمر النصف ومعدل الاضمحلال 848
9-30 حسابات تشتمل على معدلات الاضمحلال وعمر النصف 850
10-30 سلاسل الاضمحلال الإشعاعي 852
11-30 تقدير العمر بواسطة الشدة الإشعاعية 853
12-30 الاستقرار وتأثير النفق 855
13-30 الكشف عن الإشعاعات 856
ملخص 858 أسئلة 859
مسائل 860 مسائل عامة 861

31 الطاقة النووية: تأثيرات الإشعاع واستخداماته 863

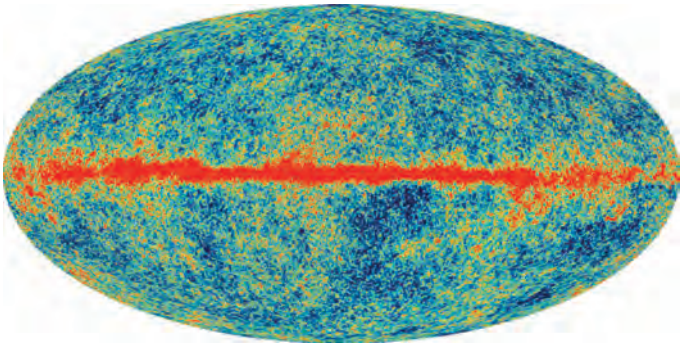
1-31 التفاعلات النووية وتحولات العناصر 863
2-31 الانشطار النووي، المفاعلات النووية 866
3-31 الاندماج النووي 871
4-31 مرور الإشعاع في المواد، أضرار الإشعاع 876
5-31 قياس الإشعاع – قياس الجرعات الإشعاعية 877
6-31 المعالجة الإشعاعية 880
7-31 اقتفاء الأثر الإشعاعي والتصوير في الأبحاث والطب 880
8-31 التصوير الإشعاعي الطبقي الانبعاثي 881
9-31 الرنين النووي المغناطيسي (NMR) والتصوير بالرنين النووي المغناطيسي (MRI) 882

ملخص 885 أسئلة 885
مسائل 886 مسائل عامة 887

32 الجسيمات الأولية 889

1-32 جسيمات الطاقة العالية والمسارعات 890
2-32 بدايات فيزياء الجسيمات الأولية – تبادل الجسيم 895
3-32 الجسيمات والجسيمات المضادة 898
4-32 تفاعلات الجسيم وقوانين الحفظ 898
5-32 النيوترينات – نتائج حديثة 900
6-32 تصنيف الجسيمات 901
7-32 استقرار الجسيم والرنين 902
8-32 الجسيمات الغريبة؟ الساحرة؟ ربما تكون هناك حاجة إلى نموذج جديد 903
9-32 الكواركات 904
10-32 النموذج المعياري: ديناميكا اللون الكمية والنظرية الكهروضعيفة 906
11-32 النظريات الموحدة الكبرى 908
12-32 الأوتار والتماثل الفائق 910

ملخص 910 أسئلة 911
مسائل 911 مسائل عامة 913



33 الفيزياء الفلكية وعلم الكونيات 914

1-33 النجوم والمجرات 915
2-33 تطور النجوم: ولادة النجوم وموتها 918
3-33 قياس المسافات 924
4-33 نظرية النسبية العامة: الجاذبية وتحدب الفضاء 926
5-33 الكون المتمدد: الإزاحة نحو اللون الأحمر وقانون هَبِل 930
6-33 الانفجار العظيم وخلفية المايكروويف الكونية 933
7-33 النموذج الكوني: التاريخ المبكر للكون 936
8-33 المادة المظلمة والطاقة المظلمة 939
9-33 تركيب الكون على نطاق واسع 942
10-33 أخيرًا 942

ملخص 943 أسئلة 944
مسائل 944 مسائل عامة 945

تطبيقات في علم الأحياء والطب

الفصل 1
تقدير عدد ضربات القلب خلال العمر 13
الفصل4
كيف نمشي 79
الفصل 5
الطرد المركزي 116، 201
الفصل 7
لا تكسر رجلا 174
مركز ثقل أجزاء الجسم 184
الفصل8
عزم قوة العضلات الثنائية 205،221
الفصل 9
تقويم الأسنان 227
القوى في العضلات والمفاصل 234
اتصال ذراع القوة بالعضلة 234
العمود الفقري، ألم الظهر 235
اتزان الجسم 236
الفصل10
تعليق الجسم في الماء 255
الدورة الدموية 269
نقص الدماء عن الدماغ TIA 273
انسياب الدماء وأمراض القلب 275
حشرة على سطح الماء 276
القلب كمضخة 278
ضغط القلب 278
الفصل11
شبكة العنكبوت 293
تحديد المواقع بالصدى في الحيتان، الخفافيش 304
الفصل 12
المدى الواسع لسمع البشر 325، 329
الأذن البشرية وحساسيتها 328
جهاز دوبلر لقياس انسياب الدم والاستعمالات الطبية الأخرى 341
التصوير الطبي فوق الصوتي 344
الفصل 13
الحياة أسفل الجليد 360
الجزيئات في النفس الواحد 367
التبخير يُبرِّد 374، 395
الانتشار في الكائنات الحيّة 378
الفصل 14
التخلص من السعرات 386
الحمل بواسطة الدم 399
فقدان الحرارة الإشعاعية البشرية 400
التصوير الحراري الطبّي 402
الفصل 15
الطاقة في الجسم البشري 414
النشوء والارتقاء 427
الفصل 16
الخلايا: القوى الكهربائية ونظرية الحركة 460
تركيب الحمض النووي ونسخه 460
الفصل17
الثناقطبية في علم الأحياء الجزيئي 480
الاحتراق أو الصدمة الكهربائية الناتجة من المكثف 485
جهاز إنعاش القلب 485
جهاز تخطيط القلب الكهربائي (ECG) 487
الفصل18
التوصيل الكهربائي في الجهاز العصبي البشري 510
الفصل 19
منظم ضربات القلب الإلكتروني 538
الصدمة الكهربائية، والتأريض (التوصيل بالأرض)، والأمان 539
الفصل 21
قياس انسياب الدم كهرومغناطيسيًّا 590
قاطعات الدارات الكهربائية المعيبة 599
منظم الضربات الإلكتروني 600
الفصل 22
الملاقط الضوئية 626
الفصل 23
المناظير الطبية (ألياف ضوئية) 646
الفصل 25
العين البشرية 701
العدسات المُصَحّحة 702
العدسات اللاصقة 703
الرؤية داخل المياه 704
المطياف الضوئي 708
القوة التحليلية للعين البشرية 713
حيود الأشعة السينية في علم الأحياء 708
صورة الأشعة السينية 718
التصوير الطبقي المحوري المحوسب 719
الفصل 27
التحليل الضوئي 763
قياس كثافة العظام 764
الميكروسكوب الإلكتروني، AFM, STM 768, 769
الفصل 28
الاستخدامات الطبية لليزرات 805
الفصل 29
طاقة التنشيط ATP 817
الروابط الضعيفة في الخلايا 818
تحضير البروتينات 820
الفصل 31
الضرر الإشعاعي البيولوجي 876
جهاز قياس الإشعاع 877
العلاج الإشعاعي 880
المقتفيات المشعة (مقتفيات النشاط الإشعاعي) في الطب وعلم الأحياء 880
التصوير الطبّي: PET و SPET 881، 882
التصوير بالرنين المغناطيسي النووي (MRI) 883

تطبيقات في المجالات الأخرى والحياة اليومية

الفصل 1
قمم الـ 8.000 م 10
تقدير حجم البحيرة 12
تقدير الارتفاع بواسطة التثليث 13
الفصل 2
تصميم مدرج مطار 27
أمان السيارة – الوسائد الهوائية 29
مسافات الكبح 30
الانتقال السريع 42
الفصل 3
كرة القدم المقذوفة 58، 61
ألعاب الكرة 66، 67، 70، 71
الفصل 4
تسريع الصاروخ 78
ما القوة التي تسارع السيارة؟ 79
المصعد والوزن المكافئ 88
الفائدة الميكانيكية للبكرة 89
تسلق الصخور 102، 105
الفصل 5
التزحلق على المنحنى 113
مانع انغلاق الكوابح 113
المنحنيات المائلة 114
تطبيقات جيوفيزيائية 122
الأقمار الصناعية الدوّارة حول الأرض 122
أقمار صناعية سنكرونية 123
انعدام الوزن 124
الفصل 6
مسافة إيقاف سيارة تتناسب مع مربع السُرعة 144
عربة أفعوانية 151، 157
عمود القفز 152
مدفع السهام 153
قدرة السيارة 159
ذراع 162
الفصل 7
إرسال في لعبة التنس 169، 173
ارتداد المدفع 172
صواريخ 172، 186
القفز العالي 185
الفصل 8
القرص الصلب وسرعة المعلومة 200
دوران المتزلجة، الغواص 214
انهيار نجم النيوترون 215
الفصل 9
ذراع 229
دعامة 231
(صُلب) مقوى ومساند (مدعم) بالأسلاك 242
انهيار مأساوي 242
أقواس وقباب 243
الفصل 10
كوابح السيارة، رافعة هيدروليكية 260
عداد مائي 266
أجنحة طائرة، رافعة 272
الإبحار بعكس الريح 273
منحنى كرة البيسبول (القاعدة) 273
شد سطحي، الجاذبية السطحية 277
صابون ومساحيق 277
مضخات 278
الفصل 11
ساعة بندولية 297
ماص صدمات، خامد أبنية 298
انهيار جسر رنينيًا 299
زلازل 304، 305، 306، 313
الفصل 12
صاعقة، مسافة 323
آلة تصوير آلية التركيز 324
آلات موسيقية؛ وتريه ونفخية 329
صرير الريح 334
انسجام مع نغمات 334
أثر دوبلر، نشرة الأخبار الجوية 341
انزياح أحمر في علم الكون 342
هدير صوتي 342
السونار 343
الفصل 13
مفاصل تمدد 354
فتح غطاء محكم 359
فيضان خزان وقود 359
ربط حزام الأمان في الطرق السريعة 361
كتلة (وزن) الهواء في الغرفة 365
الضغط في عجل سيارة ساخن 366
تفاعلات كيميائية، اعتمادية درجة الحرارة 371
الميوعة الفائقة 373
الرطوبة، الطقس 375، 376
ميزان حرارة 379
الفصل 14
الحرارة المفقودة خلال النوافذ 396
نوافذ حرارية 397
قيم R للعزل الحراري 397
كيف تعزل الثياب 397، 399
تدفئة المنازل بالحمل 398
تيار الحمل الحراري نحو أعلى منحدر 398
الإشعاع من الشمس 401، 402
علم الفلك – حجم نجم 402
الفصل 15
محرك (آلة) بخارية 416
محرك (آلة) احتراق داخلي 417
ثلاجة 421
مكيف هواء 422
مضخة حرارية 423
تصنيف SEER 423
تلوث حراري، الانحباس الحراري 430
مصادر الطاقة 430
الفصل 16
العزل الكهربائي، الأمان 457
آلات نسخ ضوئي 462
طابعات ليزرية، وطابعات حبرية نفاثة 463
الفصل 17
المكثفات في وامضات الكاميرا، النسخ الاحتياطية، حاميات الأجهزة ، ذاكرة، لوحات المفاتيح 480، 481، 482، 484
مواسعة عملاقة 482
CRT:TV وشاشات راسم الذبذبات 486
الفصل 18
أسلاك مكبر الصوت 501
ميزان حراري مقاوم 502
عنصر تسخين، فتيلة مصباح ضوئي 503
ما السبب في احتراق المصابيح الضوئية لحظة إضاءتها؟ 503
مانعة صواعق 504
دارات منزل كهربائية 505
فيوزات وقواطع دارات كهربائية 505
التماسات الكهربائية والأمان 506
حبال التمديد 506
مجفف الشعر 508
الموصلات الفائقة 510
الفصل 19
شحن بطارية سيارة 532
تشغيل السيارة بالتحفيز 352
لمعان الكشافات الكهربائية، ماسحات الزجاج الأمامي 537
الأخطار الكهربائية 538
أسلاك التأريض (التوصيل بالأرض) والقابسات 540
تيارات التسرب 541
خطوط قدرة غير متاحة 541
عدادات ذات مؤشر وأخرى رقمية 541، 544
توصيل العداد، تصحيحات 543، 544
مكثف ميكروفون (مكبر صوت) 546
الفصل 20
استخدام البوصلة، الميل المغناطيسي 556
الأضواء القطبية (الشفق) الشمالية 563
المغانط الكهربائية والملفات اللولبية 576
التشغيل بالملف اللولبي 567
قاطعات الدارة المغناطيسية 567
محركات 571، 572
مكبر صوت 572
مطياف الكتلة 572
ضخ كهرومغناطيسي 576
مُرحِّلة، مُتابع 577
الفصل 21
فرن حثّي 588

مولدات، مناوبات السيارات 592
تيار تشغيل محرك 593
حمل زائد على المحرك 594
كاشف فلزات (في المطارات) 595
محولات الراديو (المذياع) 596
نقل القدرة الكهربائية 597
ميكروفون مغناطيسي 598
أشرطة وأسطوانات قابلة للقراءة والكتابة 598
ترميز رقمي 598
قراءة بطاقة ائتمان 599
آلة رسم الزلازل 599
قاطعات الدارات الكهربائية المعيبة 599
المكثفات كمرشحات 605
الرنين الكهربائي 608
الفصل 22
إرسال معدل السعة والتردد 627
هوائيات 628
هواتف محمولة، تحكم عن بعد ، تلفاز يستقبل من قمر صناعي أو من الكيبل (السلك) 628
الفصل 23
ما طول المرآة التي تريدها؟ 635
أين ترى نفسك في مرآة مقعرة؟ 693
استعمالات المرآة المنحنية 635، 640، 641
خداع بصري 643
عمق الماء الظاهري 644
ألياف ضوئية في الاتصالات 646
أين يمكنك أن ترى صورة العدسة؟ 649
الفصل 24
سراب الطريق السريع 667
أقواس المطر والماسات 672
تحليل طيفي 679
فقاقيع صابونية وأغشية زيتية 679
طلاء العدسة 682
أغشية مستقطبة، (مستقطبات) 685
الرؤية خلال النهر 687
شاشات بلورة سائلة (LCDs) 687
ما سبب زرقة السماء، واحمرار الغروب، وبياض السحاب؟ 690
الفصل 25
آلات تصوير رقمية، و CCD، والتحف 697
تعديل آلات التصوير 698
تلسكوبات (مقارب) 706
ميكروسكوبات (مجاهر) 708
ميكروسكوب هَبِل الفضائي 713
تحليل الميكروسكوب (تحليل المجهر المكبر) 714
ميكروسكوبات خاصة (مجاهر مكبرة خاصة) 716
استخدامات حيود أشعة إكس 718
الفصل 26
نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) 739
الفصل 27
خلايا ضوئية، وصمامات ثنائية ضوئية 762
الفصل 28
تحليل التألق 802
استخدامات الليزر 805
قرص مضغوط CD، وقرص فيديو رقمي DVD، وأعمدة الترميز 806
التصوير التجسيمي 806
الفصل 29
صمامات ثنائية شبه موصلة، ترانزستورات 828، 830
مقوم دارات كهربائية 829
شاشات ذات صمامات ثنائية ضوئية LED 830
دارات كهربائية تكاملية 831
الفصل 30
كاشفات الدخان 844
تأريخ بالكربون 14 853
تأريخ علم الآثار وعلم الأرض 854
أقدم صخور الأرض والحياة القديمة 855
الفصل 31
محطات الطاقة النووية 869
مشروع مانهاتن 871
تلوث بغاز الرادون 878
الفصل 33
نشأة نجم 933
النجوم فائقة الإشعاع 935
المسافات بين النجوم 936
الثقوب السوداء 941
نشأة الكون 948

صناديق حل المسائل

الفصل 2
طريقة الحل 28
الفصل 3
طريقة الحل: جمع المتجهات 53
طريقة الحل: حركة المقذوفات 56
الفصل 4
طريقة الحل: قوانين نيوتن، مخططات الجسم الحر 85
طريقة الحل: بشكل عام 96
الفصل 5
طريقة الحل: الحركة الدائرية المنتظمة 112
الفصل 6
طريقة الحل: الشغل 139
طريقة الحل: حفظ الطاقة 157
الفصل 7
طريقة الحل: حفظ الزخم والتصادمات 181
الفصل 8
طريقة الحل: الحركة الدورانية 209
الفصل 9
طريقة الحل: السكونية
الفصل 14
طريقة الحل: المسعرية الحرارية 394
الفصل 15
طريقة الحل: الديناميكا الحرارية 432
الفصل 16
طريقة الحل: الكهرباء السكونية: القوى الكهربائية والمجالات الكهربائية 454
الفصل 19
طريقة الحل: قاعدتا كيرشوف
الفصل 20
طريقة الحل: المجالات المغناطيسية 562
الفصل 21
طريقة الحل : قانون لنز
الفصل 23
طريقة الحل: المرايا الكروية 641
طريقة الحل: العدسات الرقيقة 651
الفصل 24
طريقة الحل: التداخل 683

مقدمـــــــة

انظر إلى العالم من خلال أعين عليمة بالفيزياء

دُوِّن هذا الكتاب للطلاب بطريقة تزوّدهم بفهم شامل لمبادئ الفيزياء الأساسية في كافة النواحي؛ من الميكانيكا إلى الفيزياء الحديثة. وهو يهدف لتفسير الفيزياء بطريقة مقروءة وشائقة وسهلة الفهم وواضحة، وليعلّمهم من خلال توقع حاجاتهم المعرفية، والصعوبات التي تواجههم دون الإمعان في التبسيط. أما الهدف الثاني فهو بيان فائدة الفيزياء في حياتهم اليومية ومستقبلهم الوظيفي بواسطة تطبيقات جذّابة؛ إضافة إلى ذلك، فقد بُذل مجهود كبير على طرق حل المسائل ومنهجيتها. ويُعدّ هذا الكتاب مناسبًا للطلاب في سنتهم الأولى الراغبين بدراسة مدخل في مادة الفيزياء باستخدام الجبر وعلم المثلثات دون الحاجة إلى الرياضيات الحديثة. وقد يكون التخصص الرئيس لكثير من هؤلاء الطلاب علوم الأحياء أو الطب (التحضيري)، إضافة إلى آخرين منهم يدرسون هندسة العمارة أو الهندسة التقنية، أو علوم الأرض أو البيئة. إنّ كثيرًا من التطبيقات في هذه المجالات تعمد إلى الإجابة عن التساؤل العام للطلاب: «لماذا علينا دراسة الفيزياء؟» والإجابة عن ذلك هو أنّ الفيزياء أساسية في فهم هذه المجالات جميعها، كما سيرون هنا. والفيزياء هي كل شيء حولنا في عالمنا اليومي، ويُعدّ الهدف من هذا الكتاب هو مساعدة الطلاب على رؤية العالم من خلال أعين تعرف الفيزياء.

جديد◄ تتضمن بعض المميزات الجديدة في هذه الطبعة السادسة وجود ما يأتي:1- تمارين خلال النص لاختبار فهمهم. 2- بعض الفقرات الجديدة لأمثلة محلولة. 3- أمثلة جديدة تتبع التدريج في حل المسائل في كل صندوق حل. 4- فيزياء جديدة وتحديث دقيق للفصل 33 يتناول النموذج المعياري الكوني والفيزياء الفلكية إظهار أحدث النتائج الآنية في (تطور علم الكون). 5- تطبيقات حديثة كالوصف التفصيلي المعتمد على الفيزياء لشاشات البلورة السائلة (LCD)، وآلات التصوير الرقمية (مع CCD)، والتغطية الواسعة للأمان والأدوات الكهربائية؛ إضافة إلى نواحٍ أخرى مبينة في الأسفل.

الفيزياء وكيفية فهمها

لقد تجنبتُ النهج العام، والجاف المنفر في معالجة الموضوعات شكليًا وتجريديًا في البداية، وتُربط بعدها فقط المادة بخبرة الطالب الشخصية. وكان نهجي مبنيًا على إدراك أن الفيزياء هي وصف للحقيقة أولًا، ومن ثَمَّ بدء كل موضوع بملاحظات وتجارب واقعية تمكن الطلاب من الارتباط بها ذهنيًّا، ثم الانتقال إلى التعميم والتعامل بشكل رسمي مع الموضوع، وتجعل هذه الطريقة المادة أكثر تشويقًا وأسهل فهمًا، إضافة إلى كونها أقرب إلى الطريقة الواقعية في التعامل مع الفيزياء. لقد بُذل مجهودٌ عظيم في جعل المادة الواجب على الطالب قراءتها في الفصول الأولى لا تشكل عبئًا كبيرًا عليه؛ فيجب تعلّم المبادئ الأساسية أولًا، ومن ثَمَّ تأتي الموضوعات الأخرى لاحقًا عندما يكون الطالب أكثر استعدادًا. وإن لم نزوّد الطلاب بالتفاصيل الكثيرة بدايةً، فربما يجدون موضوع الفيزياء شائقًا ومسليًا ومفيدًا، ويطرحون خوفهم من هذا الموضوع جانبًا.

لقد أكدنا **على قوانين الفيزياء** البارزة باللون الغامق، أمّا على الهامش فبحروف كبيرة في داخل مستطيل. كما أُعطيت المعادلات المهمة جميعها أرقامًا لتمييزها من تلك الأقل أهمية. وللمساعدة في التمييز بين المعادلات العامة والحالات الخاصة فقد وضعت محددات المعادلات المهمة بين قوسين بجانبها، ومثال على ذلك

$$x = x_0 + v_0 t + \tfrac{1}{2} a t^2 \qquad \text{(تسارع ثابت)}$$

إن **الرياضيات الحديثة** قد تكون عائقًا أمام فهم الطلاب، وقد كان التوجه أن تتضمن الاشتقاقات الخطوات جميعها؛ لذا، أُدمجت العمليات الرياضية المهمة، مثل جمع المتجهات وعلم المثلثات في النص عند أول حاجةٍ إليها، لتأتي في سياق الشرح بدلًا من عزلها في فصل تمهيدي منفرد.

وتحتوي الملاحق على مراجعة للجبر وعلم الهندسة (إضافة إلى عدة موضوعات متقدمة مثل: دوران محاور إسناد مرجعية، وقوى قصورية، وأثر كوريوليس؛ والسعة الحرارية للغازات وتجزئة الطاقة بالتساوي، وتحويلات لورنتز). واستخدمت وحدات النظام الدولي (SI) في كل مكان، وعُرفت الوحدات المترية الأخرى والبريطانية لأسباب معرفية.

يُعدّ الفصل الأول مهمًّا؛ فهو أساسي في الفيزياء لمعرفة أنّ هناك مقدارًا من **عدم اليقين** في كل قياس، ولمعرفة كيفية استخدام الأرقام المميزة للدلالة على ذلك، كما أنّ تحويل الوحدات والقدرة على وضع تقدير سريع يُعد من الأساسيات. إنّ الموضوعات الثقافية في بداية الفصل الأول تعمل على توسيع إدراك الشخص للعالم، ومع هذا فمن غير الضروري شرحها في الغرفة الصفية.

إنّ **التطبيقات** المتعددة تخدم كأمثلة على المبادئ الفيزيائية فقط، وهناك تطبيقات أخرى شرحت تفصيليًّا، واختيرت بدقة فائقة، ودُمجت في النص لكي لا تتداخل مع تطوير الفيزياء، بل لتزيدها وضوحاً. ولتسهيل ملاحظة التطبيقات، وضعت ملحوظة (تطبيقات فيزيائية) على الهامش.

لقد استخدمت **الألوان** بطريقة تعليمية لإظهار الفيزياء؛ فأعطيت ألوانًا مختلفة للمتجهات المختلفة (انظر المخطط على ص xxv). كما استخدم في طباعة هذا الكتاب خمسة ألوان لتقديم تنوع وتعريف أفضل لرسم المتجهات والمبادئ الأخرى مثل: المجالات والأشعة، كما اختيرت الصور الافتتاحية في كل فصل، وبعضها وضُع عليها متجهات، لتكون الملحوظات المصاحبة ملخصة للفصل إلى درجة ما.

إن بعض نواحي الفيزياء الجديدة وطرائق التعليم في الطبعة السادسة هي:

تطور الكون: عرضت النتائج الحديثة في علم الكون والفيزياء الفلكية نتيجة المساعدة الكبيرة من أعظم الخبراء في هذا المجال، ونقدم للقراء النتائج والتفسيرات الأحدث من (العصر الذهبي لعلم الكون).

الوضوح الفائق: لم يُهمل أي موضوع أو فقرة في هذا الكتاب بحثًا عن تحسين وضوح طريقة العرض، وعُدِّل ووُضّح الكثير، سواء أكان مهمًا أم غير مهم. وكان أحد أهداف إلغاء العبارات والجمل التي من شأنها إبطاء عملية النقاش الأساسية هو إبقاء الضروريات أولًا، وإعطاء التوضيحات لاحقًا.

إشارة المتجهات، السهام: يظهر أعلى رموز الكميات المتجهة في النص والأشكال سهم صغير لتشبه ما يكتبه الأستاذ بيده في المحاضرة، أمّا الأحرف فلا تزال تكتب غامقة بالصورة التقليدية: لذا $\vec{\mathbf{v}}$ للسرعة، و $\vec{\mathbf{F}}$ للقوة. ◀جديد

تمارين ضمن النص لقياس مدى استيعاب الطلاب. والإجابات في نهاية الفصل. ◀جديد

أمثلة الخطوة خطوة، بعد صندوق حل المسألة، كما نوقش صفحة xvii. ◀جديد

الأمثلة المفاهيمية ليست جديدة، ومع ذلك فهناك ما هو جديد.

الأمثلة المعدلة: أُظهرت خطوات رياضية أكثر، وأضيفت أمثلة جديدة كثيرة: انظر صفحة xvii.

طريقة عرض الصفحة: اشتقاقات كاملة. بذل اهتمام جدّي أكثر بكثير من الطبعة السابقة على طريقة تصميم كل صفحة. كما بذل مجهود هائل لإبقاء الاشتقاقات والنقاش المهيمن على الصفحات المقابلة. لذا، فإن تقليب الصفحات غير ضروري؛ لأن صفحات الكتاب تظهر جميعها أمامهم على صفحتين متقابلتين بوضوح.

العناوين الفرعية: كثير من البنود داخل الفصل قسّمت إلى بنود فرعية، لتجزأ بذلك الموضوعات إلى (معلومات) يمكن التعامل معها بصورة أفضل. وهي بذلك تتيح للطلاب (وقفات قصيرة) للراحة أو التقاط الأنفاس. ◀جديد

ملحوظات الهامش: تنبيه. تشير ملحوظات الهامش باللون الأزرق إلى موضوعات رئيسة، وموجز ومساعد لإيجاد الموضوعات خلال المراجعة، وهي أيضًا تشير إلى تطبيقات وملحوظات طرق الحل، ويشير نوع جديد سمي (تنبيه) إلى احتمالية الفهم الخاطئ المناقش في النص المجاور.
ومن أجل أن يكون حجم الكتاب مناسبًا، ولتخفيف العبء على الطلاب في الموضوعات المتقدمة، اختُصرت كثير من الموضوعات أوسرِّعت، إضافة إلى **حذف** قليل منها.

موضوعات فيزيائية جديدة ومراجعات رئيسة

هنا قائمة بالتغييرات أو الإضافات المهمة، علمًا أن هناك كثيرًا غيرها أيضًا مثل:

استخدام التماثل أكثر، ومن ضمنه لحل المسائل
جديد ◄ التحليل البعدي، اختياري (الفصل 1)
جديد ◄ رسومات توضيحية أكثر في علم الحركة (الفصل 2)
كفاءة الآلة (المحرك) (الفصلان 6، 15)
مبدأ الشغل والطاقة، وحفظ الطاقة: بند فرعي جديد (الفصل 6)؛ كما ذكر في الديناميكا الحرارية (الفصل 15) والكهرباء (الفصل 17)
القوة على كرة التنس (الطاولة) بواسطة المضرب (الفصل 7)
أجنحة الطائرة، والكرات المنحنية، والزوارق الشراعية، وتطبيقات مبدأ برنولي الأخرى: حُسنت ووُضِّحت بواسطة مادة جديدة (الفصل 5)
ميّز تداخل الموجة في الفضاء وفي الزمن (ضربات) (الفصل 11)
انزياح دوبلر للضوء (الفصل 12 حاليًا، إضافةً إلى الفصل 33)
جديد ◄ نصف قطر نجم عملاق
إعادة كتابة القانون الأول في الديناميكا الحرارية وتوسعته، وربطه بطريقة أفضل بمبدأ الشغل والطاقة وحفظ الطاقة (الفصل 15)
اختصار مصادر الطاقة (الفصل 15)
جديد ◄ تصنيف SEER (الفصل 15)
جديد ◄ فصل الشحنات في غير الموصلات (الفصل 16)
جديد ◄ قانون جاوس، اختياري (الفصل 16)
جديد ◄ الناسخات الضوئية وطابعات الحاسوب (الفصل 16)
التأكيد على اتجاهات القوى والمجالات الكهربائية بشكل أكبر (الفصلان 16، 17)
ربط الجهد الكهربائي بشكل أفضل مع الشغل، تفاصيل أكثر (الفصل 17)
جديد ◄ أثر العازلية في المكثف مع وصلة أو دونها بالفولتية، إضافة إلى تفاصيل أخرى (الفصل 17)
جديد ◄ اشتقاق سعة المكثف متوازي الصفيحتين، اختياري (الفصل 17)
جديد ◄ الخطر الكهربائي، التأريض (التوصيل بالأرض)، الأمان، قاطعات التيار: أُضيفت مواد جديدة كثيرة (الفصول 17، 18، وخاصة 19، 20، 21)
جديد ◄ التيار الكهربائي، نوقشت المفاهيم غير الصحيحة في الفصل 18
حُدّثت الموصلية الفائقة (الفصل 18)
عُرفت الفولتية الحديّة والقوّة الكهربائية المحركة (emf)، بتفصيل أكبر (الفصل 19)
اختُصرت المواد المغناطيسية (الفصل 20)
جديد ◄ لُخصت قواعد اليد اليمنى في جدول(الفصل 20)
فُصّل قانونا فارادي ولنز (الفصل 21)
اختصرت الدارات الكهربائية مُترددة التيار (AC) (الفصل 21)، وقُلل من أهمية تيار الإزاحة (الفصل 22)
ضغط إشعاع الأمواج الكهرومغناطيسية وزخمه (EM) (الفصل 22)
جديد ◄ أين ترى نفسك في المرآة؟ أين يمكنك أن ترى فعليًا صورة العدسة؟ (الفصل 23)
جديد ◄ شاشات البلورة السائلة (LCD) (الفصل 24)
جديد ◄ الفيزياء المعنية بآلات التصوير الرقمية و CCD (الفصل 25)
جديد ◄ الرؤية أسفل المياه (الفصل 25)
إعادة إنجاز الكتلة النسبوية (الفصل 26)
نتائج ثورية في علم الكون: تسطح الكون وعمره، SDSS، WMAP، والمادة الداكنة، والطاقة الداكنة (الفصل 33)
جديد ◄ الحرارة النوعية للغازات، تجزئة الطاقة بالتساوي (الملحق)

حل المسائل، بنهج جديد ومحسن

تُعد قدرتك على حلّ المسائل تقنية مهمة بشكل عام، كما ويُعَدُّ حلّ المسائل أيضًا طريقةً فاعلةً في فهم الفيزياء بعمق أكثر، وهذه بعض الطرق التي استخدمت في هذا الكتاب لمساعدة الطلّاب على حل المسائل بفاعلية جيدة.

صناديق طرق حل المسائل، هناك نحو 20 طريقة موجودة في هذا الكتاب (هناك قائمة على صفحة xiii)، كل واحدة توجز نهجًا خطوة بخطوة لحل المسائل بشكل عام، أو بشكل خاص للمادة المدروسة. وقد يجد أفضل الطلاب أن هذه (الصناديق) غير ضرورية، ويمكنهم عندئذٍ تجاوزها. ولكن، هناك كثير منهم قد يجدونها مفيدةً في تذكيرهم بالنهج العام والخطوات الممكن اتباعها للبدء في الحل، لقد وضع صندوق حل المسائل العام في البند 4-9 هناك، بعد أن حاول الطلاب جاهدين حل المسائل، لعلهم يتشجعون فيقرؤوه بتمعن، ويمكن قراءة البند 4-9 قبل ذلك حسب الرغبة. وليس المقصود أن تكون صناديق حل المسائل وصفات سحرية، بل دليلًا أو مرشدًا للحل، لذا فهي تتبع في بعض الأحيان الأمثلة لتكون ملخصًا للاستخدامات المستقبلية.

إن هدف بنود حلّ المسائل مثل البنود: (2-6، 3-6، 4-7، 6-7، 6-8، و 8-13) هو تقديم تدريب إضافي في موضوعات حل المسائل.

الأمثلة: تقع الأمثلة المحلولة - ذات العناوين؛ لتسهيل الرجوع إليها - في أربعة أصناف هي:

1- غالبيتها أمثلة محلولة عادية على أنها (مسائل تدريبية). كما أضيفت عدة أمثلة جديدة، وأُلغي القليل من الأمثلة القديمة، وأعيد حلّ الكثير منها بوضوح أكبر وبخطوات رياضية أكثر، وتكررت جملة «سبب استخدامنا هذه الطريقة»، ووجود فقرة النهج الجديد ليثار نقاش يتناول السبب والنهج، وكان الهدف هو (التفكير بصوت مرتفع) مع الطلاب؛ ليقودهم إلى تطوير فهم عميق . وتزداد درجة صعوبة الأمثلة المحلولة لمعظم الموضوعات تدريجيًّا، وكان أكثرها صعوبة يحاكي أكثر المسائل صعوبة والموجودة في نهاية كل فصل، وارتبط كثيرٌ من الأمثلة بتطبيقات من مجالات مختلفة وبالحياة اليومية.

2- **أمثلة الخطوة خطوة:** بعد كثير من صناديق الحل، نلاحظ أنّ المثال التالي محلول بالكامل خطوة خطوة مُتبعًا خطوات الصندوق السابق، وتُعد هذه الحلول طويلة ويمكن اعتبارها مكررة؛ لذا تمّ حل سؤال فقط من كل نوع بهذه الطريقة. ◀جديد

3- **أمثلة التقدير،** 10% تقريبًا من المجموع الكلّي قُصِد به المساعدة في تطوير المهارات اللازمة لتقدير الإجابة إلى أقرب مقدار، حتى وإن شحت المعلومات المتوافرة، أو استحال التكهن تحت أي ظرف بأي نتيجة محتملة. انظر على سبيل المثال البند 7-7، الأمثلة 1-6 إلى 1-9.

4- **أمثلة مفاهيمية:** يُعدّ كل منها سؤالًا سقراطيًّا، القصد منه تحفيز تجاوب الطالب قبل قراءة الجواب المعروض.

فقرة النهج: في الأمثلة المحلولة جميعها فقرة تقديمية مختصرة تسبق الحل، تُحدّد النهج والخطوات الممكن اتباعها لحل المسألة المعطاة. ◀جديد

ملحوظة: في كثير من الأمثلة (ملحوظة) مختصرة تظهر بعد الحل؛ لتعلق في بعض الأحيان على الحل نفسه، وفي أحيان أخرى لتذكر تطبيقًا، أو لتعطي نهجًا آخر بديلًا لحل المسألة. وتشير فقرات الملحوظة الجديدة هذه إلى انتهاء الحل، وتناول موضوع ذي علاقة بعد ذلك. وفي هذه الأماكن، قُصد بالعنوان الفرعي **(أمثلة إضافية)** إمكانية التغاضي عنها خلال القراءة الأولى، وعندما يعيد الطلاب قراءة الفصل، فإنهم يكتسبون دافعًا قويًّا لحل مجموعة أوسع من المسائل. ◀جديد

التمارين خلال النّص، بعد المثال أو الاشتقاق، تعطي الطلاب فرصة رؤية ما إذا كان استيعابهم كافيًا لحل سؤال بسيط أو إجراء حسابات بسيطة، وتعطى الإجابات في نهاية الصفحة الأخيرة من كل فصل. ◀جديد

كما وزيد عدد **المسائل** وتنوعت في نهاية كل فصل؛ وقد استبدل القديم منها أو أُعيدت كتابته بصورة أكثر وضوحًا، و/ أو غيرت قيمه العددية. ويحتوي كل فصل على مجموعة كبيرة من المسائل المرتّبة وفق البند، ودُرّجت استنادًا إلى مدى صعوبتها (تقريبًا)؛ فمسائل المستوى I سهلة، وصُمّمت لتعزيز ثقة الطلّاب بأنفسهم. أما مسائل المستوى II فهي (عادية)، وتقدّم درجة أعلى من التحدّي وتجمع في العادة بين مفهومين، ولكن مسائل المستوى III فهي الأكثر تعقيدًا، وهدفها (زيادة الفائدة) لأنها تتحدى الطلّاب حتى أكثرهم تفوقًا. إنّ التنسيق بواسطة رقم البند هو لمساعدة المدرسين في اختيار المادة التي يجب التركيز عليها، وهذا يعني أن تلك المسائل تعتمد عليها حتى نهاية تلك المادة في ذلك البند: ويمكن للمواد السابقة أن تعتمد عليها أيضًا.

المسائل العامة غير مصنّفة وجُمعت معًا عند نهاية كلّ فصل، وهي تعادل ٣٠٪ تقريبًا من المسائل كلّها، وليس ضروريًا أن تكون أكثر صعوبة، ولكنها تتطلب على الأغلب مادة من الفصول السابقة، وهي مفيدة للمدرسين الراغبين في تكليف الطلاب بحل مسائل قليلة دون منحهم أي تلميح حول درجة صعوبتها، أو ذكر البند الذي تنطوي فيه.

الأسئلة، عند نهاية كلّ فصل، وهي أيضًا مفاهيمية تساعد الطلاب على استخدام المبادئ والمفاهيم وتطبيقها، فيتعمق فهمهم نتيجة لذلك (أو أنهم يدركون حاجتهم إلى مزيد من الدارسة).

تحديد المسائل

أرى أن يحدّد المدرسون عددًا كبيرًا من مسائل المستويين I و II، إضافة إلى عدد قليل من المسائل العامة، على أن تكون مسائل المستوى III فقط (لزيادة المعرفة) من أجل تحدّي قدرات الطلاب المتميزين. وعلى الرغم من أن معظم مسائل المستوى I قد تبدو سهلة، إلاّ أنها تساعد في بناء الثقة بالنفس، كما أنها تُعدّ جزءًا مهمًا من العملية التعليمية، خاصةً في الفيزياء. إجابات المسائل فردية الترقيم موجودة في آخر الكتاب.

الترتيب

احتفظ ملخص الطبعة الجديدة بالترتيب التقليدي للموضوعات: الميكانيكا (الفصول من 1 إلى 9)؛ والموائع، والاهتزازات، والأمواج، والصوت (الفصول من 10 إلى 12)؛ والنظرية الحركية والديناميكا الحرارية (الفصول من 13 إلى 15)؛ والكهربائية والمغناطيسية (الفصول من 16 إلى 22)؛ والضوء (الفصول من 23 إلى 25)؛ والفيزياء الحديثة (الفصول من 26 إلى 33). تقريبًا الموضوعات التي تدرّس عادة في مساق في الفيزياء التحضيرية جميعها موجودة هنا.

يُعدّ عرف البدء بالميكانيكا المتبع منطقيًّا بسبب تطورها أولًا، إضافة إلى اعتماد الكثير من الموضوعات الأخرى عليها. وخلال الميكانيكا، هناك طرق مختلفة لترتيب الموضوعات تتسم بدرجة عالية من المرونة أخذها هذا الكتاب بالحسبان. وهنا، أفضّل تدريس مادة الاتزان السكوني بعد الميكانيكا بسب معاناة عدد كبير من الطلاب التعامل مع مبدأ القوة دون حركة. زِدْ على ذلك أنّ الاتزان السكوني حالة خاصّة من الديناميكا – ونحن ندرس الاتزان السكوني لنمنع المباني من أن تصبح ديناميكية (السقوط) ومع هذا، يمكن تغطية الاتزان السكوني (الفصل 9) قبل ذلك بعد مقدمة موجزة للمتجهات. وخيار آخر هو الضوء، والذي وضعته بعد الكهرباء والمغناطيسية والأمواج الكهرومغناطيسية. حيث يمكن أن يتم التعامل مع الضوء مباشرة بعد الأمواج (الفصل 11). ويمكن التعامل مع النسبية الخاصة (الفصل 26) مع الميكانيكا وفق الرغبة؛ ولنقل بعد الفصل 7.

ليس من الضروري أن تحظى الفصول المختلفة بأوزان متساوية، فإن كان كلّ من الفصلين 4 و 21 يحتاج إلى أسبوع ونصف إلى أسبوعين، فإن الفصل 12 أو 22 قد يحتاج كل منهما إلى نصف أسبوع فقط أو أقل من ذلك. وبما أن الفصل 11 يغطي الأمواج المستقرة، فإنه بالإمكان ترك الفصل 12 للقراءة الذاتية إن لم يتوافر الوقت الكافي لشرحه في الغرفة الصفية.

يحتوي الكتاب على مادة أكثر ممّا يمكن إعطاؤه في معظم منهج السنة الأولى، ومع هذا، فهناك حرية كبيرة في اختيار الموضوعات.

تُعد البنود الموسومة بنجمة (*) اختيارية، وهي تحتوي على مواد متقدمة في الفيزياء أكثر (ربما مادة لا تغطى في منهج فيزياء اعتيادي) و / أو تطبيقات شائقة وهي لا تحتوي على أي مادة ضرورية في الفصول اللاحقة، إلاّ ربما للبنود الاختيارية اللاحقة. وليس من الضروري أن تغطي البنود غير الموسومة جميعها بنجمة؛ وهناك حرية كبيرة في اختيار المادة المعطاة كذلك.

ولمنهج قصير، يمكن إلغاء المواد الاختيارية جميعها، إضافةً إلى أجزاء رئيسة من الفصول 10، و 12، و19، و 22، و 28، و 29، و 32، و 33، وربما أجزاء مختارة من الفصول 7، و 8، و 9، و 15، و 21، و 24، و 25، و 31. ويمكن للمواد التي لا تُغطّى في الفصل أن تكون مرجعًا للطلاب في دراساتهم اللاحقة.

صورة الأرض التُقطت من على علو 36,000 km، وتم تحسينها باستخدام الحاسوب. وتظهر في الصورة الأمريكيتان الشمالية والجنوبية بوضوح، كما تظهر السماء من على هذا العلو سوداء اللون (أما لماذا نرى السماء زرقاء من سطح الأرض، فقد نوقش ذلك في الفصل 24). سوف نبدأ هذا الفصل بتعلم بعض الأساسيات عن العلم ونظرياته والقياس ووحداته.
وسنتعلم أيضًا كيفية إجراء التقدير بسرعة.

الفصل 1

مقدمة، القياس والتقدير

تُعدّ الفيزياء العلم الأساسي بين العلوم جميعها، وهو علم يتناول سلوك المادة وتركيبها. ويقسم مجال الفيزياء عادة إلى **الفيزياء الكلاسيكية** التي تتضمن الحركة، والسوائل، والحرارة، والصوت، والضوء، والكهرباء، والمغناطيسية، أما القسم الآخر فهو **الفيزياء الحديثة**، وتتضمن موضوعات النسبية، والتركيب الذري، والمادة المكثفة، والفيزياء النووية والجسيمات الأولية، والكونيات وفيزياء الفلك. وقبل البدء بدراسة الفيزياء نفسها، دعنا ننظر بإيجاز كيف أن هذا النشاط الشامل الذي يسمى (علمًا) ومن ضمنه الفيزياء يمارس في الحقيقية.

1-1 طبيعة العلم

إن الهدف الرئيس للعلوم جميعها بما فيها الفيزياء هو البحث عن ترتيب ما لمشاهداتنا للعالم من حولنا. يعتقد كثير من الناس أن العلم عملية ميكانيكية لجمع الحقائق وابتكار النظريات، ولكنه في الحقيقة ليس بهذه السهولة: فالعلم عمل مبدع يشبه من نواح عديدة الأعمال الإبداعية للعقل البشري.

الشكل 1-1 يقف أرسطو، الشخصية الرئيسة (يرتدي الملابس الزرقاء) في هذه الصورة عند أعلى الدرج (والشخص الذي بجانبة أفلاطون). رسم هذه الصورة رفائيل سنة 1510 تقريبًا، وهي تمثل عصر النهضة المشهور لمدرسة أثينا. ويظهر في هذه الصورة التي تُعدّ إحدى التحف الفنية إقليدس (يرسم دائرة عند أسفل يمين الصورة) وبطليموس (أقصى يمين الصورة) وكذلك فيثاغورس وسقراط وديوجينس.

المشاهدة والتجربة

من أهم ميزات العلم **مشاهدة** الأحداث وملاحظتها، ويتضمن ذلك تصميم التجارب وإجراءها. وتتطلب المشاهدة خيالًا واسعًا؛ حيث لا يمكن للعلماء أبداً تضمين كل شيء في وصف مشاهداتهم. ولذلك يجب على العلماء وضع أحكام حول طبيعة الأشياء التي لها علاقة بمشاهداتهم وتجاربهم. فعلى سبيل المثال، كيف استطاع عالمان عظيمان مثل أرسطو (384-322 قبل الميلاد – الشكل1-1) وغاليليو (1642-1564 الشكل 2-17) تفسير الحركة على سطح أفقي. لقد لاحظ أرسطو أن الأجسام التي على سطح الأرض (أو على سطح طاولة)، تتأثر بداية بقوة دفع، ومن ثَمَّ تتباطأ دائمًا، وأخيرًا تقف. وهكذا استنتج أرسطو أن الحالة الطبيعية للأجسام هي السكون. أعاد غاليليو دراسة الحركة الأفقية في بداية العام 1600s، وتخيل أنه إذا أهمل الاحتكاك بين الجسم الذي تؤثر فيه القوة والسطح الأفقي الذي يتحرك عليه الجسم فإن الجسم يستمر في حركته على نحو غير محدد من غير أن يتوقف. واستنتج من ثَمَّ أن الحالة الحركية للجسم هي حالة طبيعية مثل تلك التي يمتلكها في حالة السكون. وبهذا التصور، أوجد غاليليو مفهومنا الحديث للحركة (الفصول 4,3,2) بالرغم من أن غاليليو توصل إليه نظريًّا من غير أن يتخلص من الاحتكاك في أثناء التجربة.

الحركة أمر طبيعي مثل السكون

النظريات

إن المشاهدة، والتجريب الدقيق، والقياس هي جانب من العملية العلمية، أما الجانب الآخر فهو الاختراع أو إيجاد **النظريات** التي تفسر المشاهدات وترتبها. فلا يمكن أن تُشتق النظريات مباشرة من المشاهدات، ولكن المشاهدات قد توحي بنظرية. ويتم قبول النظريات أو رفضها على أساس التجربة والمشاهدة.

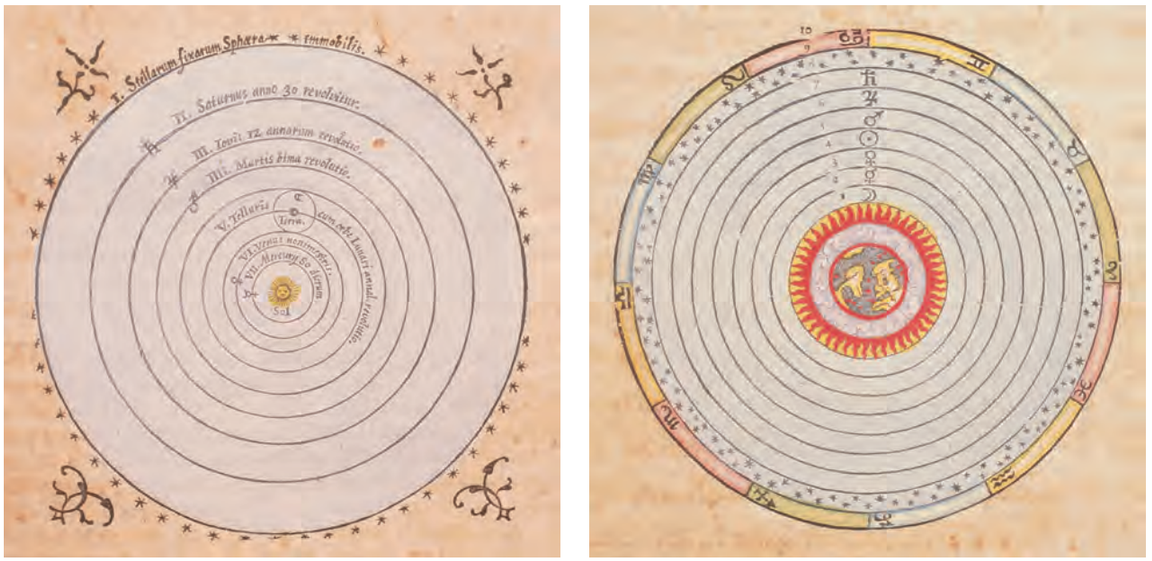
وتعد النظرية إلهامًا من العقل البشري، فعلى سبيل المثال، إن الفكرة التي تقول بأن المادة مكونة من ذرات (النظرية الذرية) لم يتم التوصل إليها من خلال المشاهدة المباشرة للذرات- فلا يمكن رؤية الذرات مباشرة، ولكنها نبعت من عقول مبدعة. وكذلك الحال، فإن نظرية النسبية والنظرية الكهرومغناطيسية للضوء وقانون نيوتن في الجذب العام كلها نتائج للخيال البشري.

يمكننا مقارنة نظريات العلم الرائعة كإنجازات إبداعية بالأعمال المهمة في الفن والأدب. ولكن كيف يختلف العلم عن الأعمال الإبداعية الأخرى؟ إن أحد أهم هذه الاختلافات هو أن العلم يشترط اختبار الأفكار والنظريات بالتجربة للتأكد من تنبؤاتها. ولكن النظريات لا تثبت بالاختبار، والسبب في ذلك عدم وجود جهاز قياس مثالي: أي أنه لا يمكن التأكد من صحة النظرية بالضبط. وعلاوة على ذلك لا يمكن اختبار النظرية لكل مجموعة من الظروف المحتملة. وعليه، فإنه لا يمكن إثبات أي نظرية على نحو مطلق. وفي الحقيقة فإن تاريخ العلم يخبرنا بأن هناك نظريات دامت أزمنة طويلة ثم حلت مكانها نظريات أخرى جديدة.

اختبار النظرية

يقبل العلماء النظرية الجديدة في بعض الحالات؛ لأن تنبؤاتها تتفق كمّيًا مع التجربة على نحو أفضل من تلك التي للنظرية القديمة.

قبول النظرية



(ب) (أ)

الشكل 2-1 (أ) يمثّل وجهة نظر بطليموس التي تقول إن الأرض مركز الكون. لاحظ وجود العناصر الأربعة للقدماء في المركز، وهي: الأرض، والماء، والهواء (الغيوم حول الأرض) والنار. تمثل الدوائر مع الرموز القمر وعطارد، والزهرة، والشمس، والمريخ، والمشتري، وزحل، ثم النجوم الثابتة وعلامات للبروج. (ب) تمثيل وجهة نظر كوبرنيكوس للكون؛ حيث تبدو الشمس مركزًا له (انظر الفصل 5).

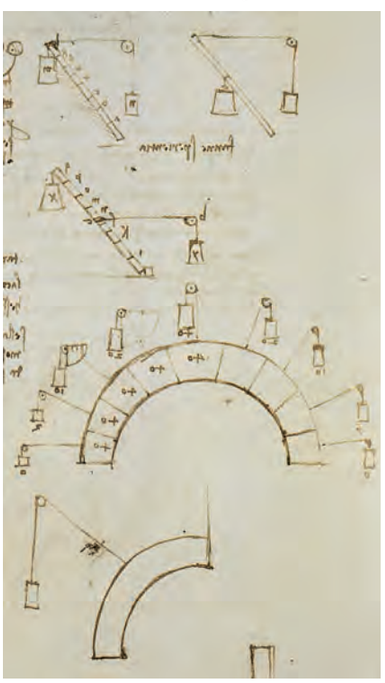
وتقبل النظرية الجديدة في حالات عديدة إذا قدمت تفسيرًا لعدد كبير من الظواهر أكثر مما قدمته النظرية القديمة: فعلى سبيل المثال، لم تكن نظرية كوبرنيكوس التي تعد الشمس مركز الكون (الشكل 1-2 ب) أكثر دقة من نظرية بطليموس التي ترى أن الأرض مركز الكون (الشكل 1-2 أ) من حيث التنبؤ بحركة الأجرام السماوية (الشمس، القمر، الكواكب). وقد كان لنظرية كوبرنيكوس نتائج لم تكن لنظرية بطليموس، مثل التنبؤ بمراحل ظهور كوكب الزهرة التي تشبه تلك التي للقمر. إن النظرية البسيطة والقيمة التي توحد العديد من الظواهر المتنوعة وتفسرها تكون أكثر فائدة بالنسبة للعالم. وهذه الميزة بالإضافة إلى الاتفاق الكمّي لها أثر كبير في قبول النظرية.

إن الميزة المهمة لأي نظرية هي كيف يمكن أن تتنبأ بالظواهر كميًّا وبفاعلية. ومن وجهة النظر هذه، فإن النظرية الجديدة تبدو في أغلب الأحيان تطويرًا بسيطًا للنظرية القديمة. وعلى سبيل المثال، تقدم نظرية آينشتاين النسبية تنبؤات تختلف قليلًا عن النظريات القديمة لغاليليو ونيوتن وخصوصًا في مواقف الحياة اليومية. ولكن تنبؤاتها أفضل في حالة السرعات العالية التي تقترب من سرعة الضوء. وليس التنبؤ الكمّي فقط هو النتيجة المهمة للنظرية، وإنما تغيُّر نظرتنا إلى العالم الذي يحيط بنا أيضًا: فقد تغيرت مفاهيمنا تمامًا عن الفضاء والزمن نتيجة لنظرية النسبية، فأصبحنا نرى الكتلة والطاقة كيانًا واحدًا (من خلال المعادلة المشهورة $E = mc^2$).

2-1 الفيزياء وعلاقتها مع المجالات الأخرى

لقد كان العلم لوقت طويل وحدة متكاملة تقريبًا ويعرف بالفلسفة الطبيعية. ولكن قبل قرن أو اثنين أصبحت الفروق بين الفيزياء والكيمياء وحتى علوم الحياة واضحة. وأما الفرق الواضح الذي نراه اليوم بين الفنون والعلوم فهو الفرق نفسه الذي كان سائدًا بينهما إلى قرون عدة خلت. ولا عجب في ذلك، إذ إن تطور الفيزياء أثّر في المجالات الأخرى وتأثر بها. لقد وجد على سبيل المثال أن دفاتر ملاحظات (الشكل 1-3) ليوناردو دفنشي - وهو باحث ومهندس، وأعظم فنان في عصر النهضة - تحتوي على أول مراجع للقوى التي تؤثر في البناء؛ على الرغم من رؤيتنا بأن هذا الموضوع يقع حاليًّا ضمن الفيزياء بالإضافة إلى علاقته بالعمارة وفن البناء.

الشكل 3-1 دراسات على القوى في الإنشاءات قام بها ليوناردو دفنشي (1452-1519).



(أ)

(ب)

الشكل 1-4 (أ) بنيت هذه القناة الرومانية قبل 2000 سنة، وما زالت باقية مكانها. (ب) انهيار مركز هارتفورد المدني في عام 1978 بعد سنتين فقط على بنائه.

إن البداية المبكرة للبحث في الكهرباء - التي أدت إلى اكتشاف البطارية الكهربائية والتيار الكهربائي - بدأ بها عالم بوظائف أعضاء الجسم يُدعى لويجي جلفاني في القرن الثامن عشر. لاحظ جلفاني ارتعاش أرجل الضفادع استجابة لشرارة كهربائية تعرضت لها، ثم لاحظ أن العضلات تنقبض عندما تلامس معدنين مختلفين (الفصل 18). وقد سميت هذه الظاهرة في البداية (كهرباء الحيوان)، وبعد ذلك بقليل، أصبح واضحاً أن التيار الكهربائي يمكن أن ينشأ بغياب الحيوان.

تتطبق الفيزياء على الكثير من المجالات

تستخدم الفيزياء في العديد من المجالات: فعلى سبيل المثال، قد يجد عالم الحيوان أن الفيزياء مفيدة في فهم كيف تتمكن بعض أنواع الكلاب والحيوانات الأخرى من العيش تحت الأرض من غير أن تختنق. كما أن المعالج الطبيعي يؤدي عمله بفاعلية أكبر إذا كان على اطلاع بمبادئ تأثير القوى داخل الجسم البشري ومركز ثقله. كما أن معرفة مبادئ تشغيل المعدات البصرية والإلكترونية مفيدة للغاية في مجالات عديدة. ويهتم علماء الحياة ومصممو العمارة على حد سواء بطبيعة الحرارة التي تفقدها الكائنات الحية أو تكسبها، حيث تنعكس سلبًا أو إيجابًا على راحتها. ربما ليس من الضروري أن يقوم مصمم بناء ما بحساب أبعاد الأنابيب المستخدمة في نظام التدفئة أو حتى حساب القوى التي يشتمل عليها البناء، ومعرفة مدى تحمّله ليبقى قائمًا (الشكل 1-4)، ولكن عليه أن يعرف المبادئ الأساسية لهذه التحليلات حتى يتمكن من عمل تصميم واقعي كي يتواصل على نحو فاعل مع المهندس الاستشاري والاختصاصيين الآخرين. ومن وجهة نظر نفسية أو جمالية أيضًا، فإن مصمم البناء يجب أن يكون مدركًا للقوى التي يشتمل عليها البناء؛ لأن عدم استقراره قد يسبب الإزعاج لأولئك الذين يجب أن يعيشوا أو يعملوا فيه. كما وترتبط الفيزياء على نحو واسع مع مجالات أخرى. وفي الفصول القادمة سنناقش العديد من مثل هذه التطبيقات في أثناء قيامنا بالهدف الرئيس، وهو شرح الفيزياء الأساسية.

3-1 النماذج والنظريات والقوانين

النماذج

عندما يحاول العلماء فهم مجموعة معينة من الظواهر، فإنهم يستعملون **نموذجًا** ما. ومن الناحية العلمية يمثل النموذج تناظراً أو تخيلاً عقلياً للظواهر بدلالة شيء آخر مألوف لدينا. ومن الأمثلة على ذلك النموذج الموجي للضوء، فلا يمكن أن نرى أمواج الضوء كما نرى أمواج الماء؛ ومن ثَمَّ فإنه من الضروري اعتبار الضوء مكوّناً من أمواج؛ لأن التجارب تدل على أن الضوء يسلك في جوانب عديدة سلوك أمواج الماء.

إن الغاية من النموذج هي تزويدنا بصورة بصرية أو عقلية تقريبية- شيء نعتمد عليه- عندما لا نستطيع فهم أو رؤية حقيقة ما يحدث. وفي أغلب الأحيان تمكننا النماذج من فهم الظواهر بعمق: فقد يؤدي التناظر مع نظام مألوف (على سبيل المثال موجات الماء في المثال السابق) إلى إجراء تجارب جديدة، وقد يزودنا أيضًا ببعض الأفكار حول ظواهر أخرى ذات علاقة من الممكن أن تحدث.

النظريات (مقابل النماذج)

وفي الحقيقة، هناك اختلاف بين **النظرية** والنموذج: فالنموذج يكون عادة بسيطًا نسبيًّا، ويعطي تركيبًا مشابهًا للظواهر التي ندرسها. أما **النظرية** فهي أكثر شمولاً وتفصيلاً من النموذج، وتعطي تنبؤات كمية ذات دقة عالية وقابلة للاختبار أيضًا. وعلى أي حال، يجب عدم الخلط بين النموذج أو النظرية والنظام الحقيقي أو الظواهر نفسها.

القوانين والمبادئ

يقدم العلماء **القانون** على نحو مختصر ومفيد، ولكن بعبارات عامة، عن كيفية سلوك الظواهر الطبيعية (على سبيل المثال قانون حفظ الطاقة). وأحيانًا يتم عرض العبارة من خلال معادلة أو علاقة رياضية تربط بين كميات (مثل قانون نيوتن الثاني $F = ma$). وحتى تسمى العبارة قانوناً، يجب أن يتم إثباتها تجريبيًا، وعلى مجال واسع من الظواهر التي نشاهدها. أما العبارات غير العامة، فيستخدم مصطلح قاعدة لوصفها (مثل قاعدة أرخميدس). تختلف القوانين العلمية التي تتصف بالطابع الوصفي عن القوانين السياسية التي تتسم بالطابع التصويري. فالقوانين السياسية تبيّن كيف يجب أن يكون سلوكنا، في حين أن القوانين العلمية تصف لنا سلوك الطبيعة كما هو. وليس كيف **يجب أن** يكون. وكما هو الحال بالنسبة للنظريات، لا يمكن اختبار القوانين لعدد غير محدد من الحالات المتنوعة والمحتملة؛ ولذلك لا يمكن التأكد من صحة أي قانون على نحو مطلق. ونستخدم مصطلح (قانون) عندما تختبر صحته على مجال واسع من الحالات، وكذلك عندما يتم فهم الحالات الاستثنائية وحدود تطبيقه على نحو واضح. ويفترض العلماء عادة صحة القوانين والنظريات كأساس لعملهم على أن يكونوا يقظين في حال اكتشاف معلومات جديدة قد تغير صحة أي قانون أو نظرية.

4-1 القياس وعدم اليقين (مبدأ الريبة) والأرقام المعنوية

يبذل العلماء قصارى جهودهم لفهم العالم الذي يحيط بنا من خلال إيجاد علاقات رياضية تربط بين كميات فيزيائية يمكن قياسها.

عدم اليقين (مبدأ الريبة)

هناك عدم يقين في كل قياس.

تمثل الأقيسة الصحيحة والدقيقة جزءاً مهماً من الفيزياء. ولعدم وجود قياس دقيق ومطلق، فهناك عدم يقين في كل قياس. ومن بين أهم مصادر عدم الدقة، عدا عن الأخطاء الشخصية، محدودية الدقة في أجهزة القياس وعدم القدرة على قراءتها بعد جزء ما من أصغر تدريج عليه. فإذا استخدمنا على سبيل المثال مسطرة مدرجة بالسنتيمترات لقياس عرض لوح خشبي (الشكل 1-5) فيمكننا القول بأن قراءتنا دقيقة لغاية 0.1 cm (1 mm) وهو أصغر تدريج على المسطرة، بالرغم من أن نصف هذه القيمة قد يكون صحيحاً. وسبب ذلك هو أننا لا نستطيع تقدير قراءة المسطرة بين أصغر تدريجات عليها، إضافة إلى أن صناعة المسطرة نفسها قد لا تكون دقيقة*.

الشكل 1-5 قياس عرض لوح خشبي باستخدام مسطرة مدرجة بالسنتيمترات. الدقة في القياس 1 mm ± .

* هناك فرق تقني بين دقة القياس وصحة القياس: حيث يشير المعنى الحرفي للدقة إلى إمكانية تكرار القياس باستعمال جهاز معين. فعلى سبيل المثال، إذا قست عرض لوح خشبي عدة مرات وحصلت على نتائج مثل 8.82 cm، 8.78 cm، 8.85 cm، 8.81 cm، (محاولاً في كل مرة تقدير أفضل قراءة بين العلامات التي تدل على 0.1 cm) في هذه الحالة يمكنك القول بأن الأقيسة تعطي دقة أفضل بقليل من 0.1 cm. أما صحة القياس فتدل على مدى قرب القيمة المقيسة من القيمة الحقيقة. وإذا صنعت المسطرة الموضحة في (الشكل1-5) بنسبة خطأ 2% فإن صحة قياسها لعرض اللوح الخشبي (حوالي 8.8 cm) تكون حوالي 2% من 8.8 cm، أو 0.2 cm ± تقريبًا. ويأخذ تقدير عدم التحديد بالحسبان كلاً من دقة القياس وصحته.

بيان عدم اليقين

عند عرض نتيجة قياس ما، فإنه من الضروري **بيان عدم اليقين في القياس**. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تكتب نتيجة قياس عرض اللوح الخشبي كما يأتي: 8.8 ± 0.1 cm ؛ حيث يمثل عدم اليقين في القياس بـ ± 0.1 cm (ويقرأ زائد أو ناقص 0.1 cm). ومن ثَمَّ فإن القيمة الحقيقية لعرض اللوح تقع على الأرجح بين 8.7 و 8.9 cm أما **النسبة المئوية لعدم اليقين** فتمثل النسبة بين عدم اليقين إلى القيمة المقيسة مضروبة في 100%. فإذا كان القياس 8.8 وعدم التحديد 0.1 cm فإن النسبة المئوية في عدم اليقين تساوي:

$$\frac{0.1}{8.8} \times 100\% \approx 1\%$$

حيث يعني الرمز $\approx$ يساوي تقريبًا.

افتراض عدم اليقين

وغالبًا ما تكتب القيمة المقيسة من غير الإشارة إلى عدم اليقين على نحو واضح. وفي مثل هذه الحالات نفترض أن عدم اليقين يمثل وحدة أو وحدات قليلة من آخر منزلة في القيمة المقيسة. وعليه، فإذا كانت القيمة المقيسة لعرض اللوح 8.8 cm فإن عدم اليقين يفترض أن يكون 0.1 cm أو 0.2 cm. إن من المهم في مثل هذه الحالة عدم كتابة القراءة 8.80 cm؛ لأن ذلك يتضمن أن عدم اليقين في حدود 0.01 cm ، وهذا يعني أنه من المحتمل أن يكون عرض اللوح بين 8.79 cm و 8.81 cm ولكنه في الحقيقة يقع بين 8.7 cm و8.9 cm.

المثال المفاهيمي 1-1 **هل الماسة لك؟** طلبت إليك إحدى زميلاتك استعارة ماستك الثمينة كي تريها لعائلتها. وبما أنك قلقة على الماسة، فقد قمت بوزنها باستعمال ميزان، فكانت قراءته 8.17 g، وعدم اليقين في قراءته ± 0.05 g. وبعد أن أعادتها زميلتك في اليوم التالي، قمت بوزنها فكانت قراءة الميزان 8.09 g. فهل هذه هي ماستك؟

الإجابة: إن قراءات الميزان قياسات ليس من الضروري أن تعطي القيمة (الصحيحة) للكتلة؛ فكل قياس يمكن أن يكون أكثر أو أقل حتى 0.05 g أو ما يقاربها. إن الكتلة الحقيقة لماستك تقع على الأرجح بين 8.12 g و 8.22 g. والكتلة الحقيقة للماسة بعد أن أعادتها زميلتك تقع على الأرجح بين 8.04 g و 8.04 g. وهذه القيم تتداخل مع بعضها، لذلك ليس هناك سبب قوي للشك في أن الماسة التي أعيدت هي ليست ماستك على الأقل كما تظهرها قراءات الميزان.

الأرقام المعنوية

ما الارقام المعنوية؟

يسمى عدد الأرقام الموثوق بها في عدد ما بعدد **الأرقام المعنوية**؛ وعليه فهناك أربعة أرقام معنوية في العدد 23.21 cm أما عدد الأرقام المعنوية في العدد 0.062 cm فهو اثنان فقط (الأصفار التي في العدد الأخير هي مجرد حاملة مكان تبين أين يجب أن توضع الفاصلة العشرية). وقد لا يكون دائمًا عدد الأرقام المعنوية واضحاً. فإذا أخذنا على سبيل المثال العدد 80، فهل هناك رقم معنوي واحد أو رقمان؟ فإذا قلنا إن المسافة بين مدينتين **حوالي** 80 km ، فإن هناك رقماً معنوياً واحداً (وهو 8) لأن الصفر مجرد حامل مكان. أما إذا كانت المسافة 80 km **بالضبط** وبدقة من 1 إلى 2 km، فإن العدد 80 يحتوي على رقمين معنويين*. في حين إذا كانت المسافة 80 km بالضبط وعدم التحديد ± 0.1 km فإنها تكتب 80.0 km.

عند إجراء القياسات أو عمل الحسابات تجنب وضع أرقام كثيرة في الحل النهائي أكثر مما ينبغي. فعلى سبيل المثال، لحساب مساحة مستطيل أبعاده 11.3 cm في 6.8 cm فإن نتيجة الضرب 76.84 cm^2. ومن الواضح أن هذا الحل ليس دقيقًا لغاية 0.01 cm^2 لأنها من الممكن أن تكون (استعمل عدم اليقين المفترض لكل قياس) بين $11.2 \text{ cm} \times 6.7 \text{ cm} = 75.04 \text{ cm}^2$ و $11.4 \text{ cm} \times 6.9 \text{ cm} = 78.66 \text{ cm}^2$. وفي أحسن الأحوال يمكننا كتابة الحل 77cm^2 الذي يتضمن عدم تحديد يتراوح بين 1 و 2 cm^2. ومن ثَمَّ يجب إهمال الرقمين الآخرين (في العدد 76.84 cm^2) لأنهما ليسا رقمين معنويين. وكقاعدة عامة تقريبية (تؤخذ بالحسبان في حال عدم وجود تفاصيل عن عدم اليقين) يمكننا القول: «إن عدد الأرقام المعنوية في النتيجة النهائية لعملية الضرب أو القسمة يجب أن يساوي عددها في أقل الأعداد (المستعملة في العملية) أرقامًا معنوية» وفي مثالنا السابق نجد أن العدد 6.8 cm له أقل عدد من الأرقام المعنوية (اثنان فقط)؛ لذلك فإن النتيجة النهائية 76.84 cm^2 يجب أن تقرب إلى 77 cm^2.

حل المسألة

يجب أن يكون عدد الأرقام المعنوية في النتيجة النهائية مساويًا لأقل عدد أرقام معنوية في القيم المدخلة.

* إذا كان للعدد 80 رقمان معنويان، فإن بعضهم يفضل كتابته بوجود فاصلة عشرية؛ أي 80.، ولكننا لا نقوم بذلك عادة، وعليه فإن عدد الأرقام المعنوية في العدد 80 يبقى غامضاً إلا إذا ذُكر شيء متعلق به، مثل كلمة حوالي (يعني 80 ± 10) أو قريباً جداً، أو بالضبط (يعني 80 ± 1).

التمرين أ: مستطيل أبعاده 4.5 cm في 3.25 cm، فإن مساحته بالشكل الصحيح تساوي:
(أ) 14.625 cm^2 (ب) 14.63 cm^2 (ج) 14.6 cm^2 (د) 15 cm^2

عند جمع الأعداد أو طرحها يجب ألا تكون النتيجة النهائية أكثر دقة من العدد الأقل دقة. على سبيل المثال: إن نتيجة طرح 0.57 من 3.6 هي 3.0 (وليس 3.03). عند استعمال آلة حاسبة، تذكر أن الأرقام التي تحصل عليها قد لا تكون كلها معنوية. فعند قسمة 2.0 على 3.0 يكون الحل المناسب 0.67 وليس 0.666666666. وهكذا فإن الأرقام الواردة في نتيجة ما يجب أن تكون كلها أرقامًا معنوية. و على أي حال، للحصول على أدق نتيجة يجب أن تضيف رقمًا معنويًا أو أكثر في أثناء إجراء الحسابات، ثم تقوم بتقريب النتيجة النهائية. (عند استعمال آلة حاسبة يمكنك إبقاء كل الأرقام ضمن النتائج المتوسطة). لاحظ كذلك أن الآلة الحاسبة تعطي أحيانًا أرقاماً معنوية أقل مما يجب. فعلى سبيل المثال، عند إجراء عملية الضرب 2.5×3.2 فإن الحل الذي قد تعطيه الآلة الحاسبة هو 8. ولكن الحل الصحيح يجب أن يشتمل على رقمين معنويين؛ لذلك فإن الحل المناسب هو 8.0 (الشكل 1-6).

التمرين (ب): هل للعددين 0.00324 و 0.00056 العدد نفسه من الأرقام المعنوية؟ توخَّ الحذر حتى لا تخلط بين الأرقام المعنوية وعدد المنازل العشرية.

التمرين (جـ): بين عدد الأرقام المعنوية وعدد المنازل العشرية لكل عدد من الأعداد الآتية
(أ) 1.23 (ب) 0.123 (جـ) 0.0123

المثال المفاهيمي 1-2 **الأرقام المعنوية** استخدمت منقلة لقياس زاوية ما فكانت 30^o (الشكل 1-7) . (أ) ما عدد الأرقام المعنوية الذي تدونه لهذا القياس؟
(ب) استخدم آلة حاسبة لإيجاد جيب تمام الزاوية التي قمت بقياسها.

الحل (أ) إذا نظرت إلى المنقلة، فسترى أن الدقة في قياسك لزاوية ما حوالي درجة واحدة (بالتأكيد ليس 0.1^o)، لذلك يمكنك أن تدوّن رقمين معنويين؛ أي 30^o (وليس 30.0^o). (ب) إذا أدخلت $\cos 30^o$ إلى آلة حاسبة فستحصل على رقم مثل 0.866025403. على أي حال، بما أن الزاوية التي أدخلتها مكونة من رقمين معنويين فإن جيب تمام هذه الزوية يكتب بالشكل الصحيح 0.87؛ أي يجب أن تقرب إجابتك إلى رقمين معنويين.
ملحوظة: سنناقش في (الفصل 3) الدوال المثلثية، مثل جيب التمام.

التدوين العلمي

تكتب الأعداد عمومًا بدلالة القوى للعدد عشرة أو بالتدوين العلمي، فعلى سبيل المثال يكتب العدد 36,900 هكذا 3.69×10^4 والعدد 0.0021 هكذا 2.1×10^{-3}. ومن فوائد التدوين العلمي (تمت مناقشته في الملحق أ) أنه يسمح لعدد الأرقام المعنوية أن يظهر على نحو واضح. ليس واضحًا فيما إذا كان العدد 36,900 يشتمل على ثلاثة أو أربعة أو خمسة أرقام معنوية. ويمكن تجنب مثل هذا الغموض باستخدام التدوين لقوى العدد عشرة: إذا كان العدد معروفاً بدقة ثلاثة أرقام معنوية فيُكتب 3.69×10^4، ولكن إذا كان معروفاً بدقة أربعة أرقام فيُكتب 3.690×10^4.

* الخطأ المئوي

إن قاعدة الأرقام المعنوية هي للتقريب فقط، وفي بعض الحالات قد تقلل من تقدير دقة الحل. لقسمة 97 على 92، نجد أن:

$$\frac{97}{92} = 1.05 \approx 1.1.$$

إن كل عدد من العددين 97 و 92 له رقمان معنويان؛ ولذلك فإن القاعدة تعطي الحل 1.1. وبالرغم من ذلك فإن كل عدد من العددين 97 و 92 يتضمن على عدم يقين ± 1 إذا لم يذكر عدم اليقين آخر. ومن ثَمَّ فإن 92 ± 1 و 97 ± 1 يتضمن كل منهما دقة حول 1% ($1/92 \approx 0.01 = 1\%$).
لكن النتيجة النهائية لرقمين معنويين هي 1.1 وتتضمن عدم يقين ± 0.1، وهو ما يمثل $0.1/1.1 \approx 0.1 \approx 10\%$. وفي مثل هذه الحالة من الأفضل إعطاء الحل كما هو ودون تقريب؛ أي:1.05 (الذي يحتوي على ثلاثة أرقام معنوية). لماذا؟ لأن 1.05 يتضمن عدم تحديد ± 0.01 وهو ما يمثل $0.01/1.05 \approx 0.01 \approx 1\%$ أي عدم اليقين نفسه الذي للأعداد الأصلية 92 و 97.
اقتراح : استخدم قاعدة الأرقام المعنوية، وخذ بالحسبان النسبة المئوية في عدم اليقين، ثُمَّ أضف رقماً عشرياً إضافياً إذا كان ذلك يقدم تقديراً أكثر واقعية لعدم اليقين هذا.

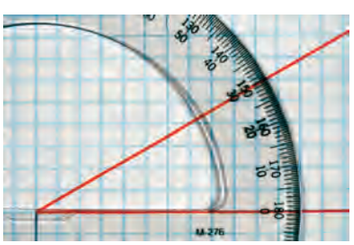
تنويه !
تخطئ الآلات الحاسبة في الأرقام المعنوية.

حل المسألة
سجل العدد المناسب من الأرقام المعنوية فقط في النتيجة النهائية. أضف أرقاماً عشرية في أثناء عملية الحساب.

(ب) (أ)

الشكل 1-6 هاتان الحاسبتان تبينان عدداً غير صحيح للأرقام المعنوية. في (أ) 2.0 قسم على 3.0. النتيجة النهائية الصحيحة يجب أن تكون 0.67. في (ب) ضرب العدد 2.5 في 3.2. النتيجة الصحيحة 8.0.

الشكل 1-7 المثال 1-2 استعمال منقلة لقياس زاوية ما.



5-1 الوحدات والمعايير والنظام الدولي للوحدات

تقاس أي كمية بالنسبة إلى معيار أو **وحدة** معينة، ويجب تحديد هذه الوحدة بجانب القيمة العددية للكمية المقيسة؛ فعلى سبيل المثال: يمكننا قياس الطول بوحدات مثل البوصات، أو الأقدام، أو الأميال، أو في النظام المتري بالسنتيمترات أو الأمتار، أو الكيلومترات. إن تحديد طول جسم معين بالعدد 18.6 يكون بلا معنى؛ حيث يجب ذكر وحدة القياس التي تتبع العدد، لأن 18.6 مترًا تختلف تمامًا عن 18.6 بوصة أو عن 18.6 ميلمترًا. إن أي وحدة قياس نستعملها مثل المتر للمسافة أو الثانية للزمن، نحتاج إلى تعريفها بواسطة معيار معين يُعرّف **بالضبط** ما هو المتر أو الثانية. ومن المهم أن تكون المعايير التي تم اختيارها في متناول اليد، بحيث يمكن لأي شخص يحتاج إلى إجراء قياس دقيق جدًا الرجوع إلى المعيار الذي في المختبر.

الطول

معيار الطول (المتر)

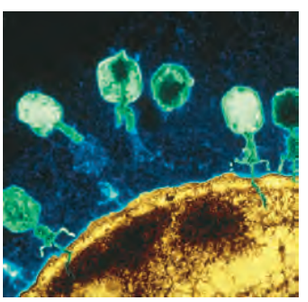
إن أول معيار دولي هو **المتر** (اختصاراً m): حيث وُضع معيارٌ **للطول** من قبل الأكاديمية الفرنسية للعلوم في 1790. ولقد اختير المتر المعياري في الأصل كي يمثل جزءاً من عشرة ملايين من المسافة التي بين خط الاستواء وأي من القطبين*، وقد صمم قضيب من البلاتين ليمثل هذا الطول. (المتر الواحد تقريبًا يساوي المسافة من رأس أنفك إلى رأس أصابعك عندما تكون الذراع واليد ممدودتين إلى الخارج). وفي عام 1889، عُرّف المتر بدقة أكثر ليمثل المسافة بين علامتين محفورتين بدقة على قضيب خاص من سبيكة البلاتين والأريديوم. وفي عام 1960، أُعيد تعريف المتر للحصول على دقة كبيرة وقابلية إنتاج عالية ليساوي 1,650,763.73 طول موجة من ضوء برتقالي معين ينبعث من غاز الكربتون 86. وفي عام 1983، أُعيد تعريف المتر مرة أخرى، ولكن هذه المرة بدلالة سرعة الضوء (أفضل قيمة مقيسة لسرعة الضوء بدلالة التعريف القديم للمتر هي 299,792,458 m/s مع عدم يقين 1 m/s). والتعريف الجديد «المتر هو طول المسار الذي يقطعه الضوء في الفراغ خلال مدّة زمنية مقدارها 1/299,792,458 من الثانية»**.

إن الوحدات البريطانية للطول (بوصة، قدم، ميل) تُعرف الآن بدلالة المتر. فالبوصة مثلًا تعرف بدقة على أنها تساوي 2.45 سنتيمترًا (يكتب اختصارًا cm، حيث إن 1 cm = 0.01 m). وهناك معاملات تحويل أخرى موجودة في الجدول الذي على الجانب الداخلي للغلاف الأمامي لهذا الكتاب. ويبين (الجدول 1-1) بعض الأطوال، من الصغيرة جدًا إلى الكبيرة جدًا، مقربة إلى أقرب قوة من قوى العدد 10. انظر أيضًا إلى (الشكل 1-8).

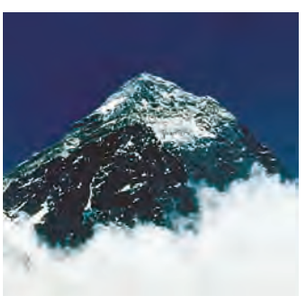
الجدول 1-1: بعض الأطوال والمسافات المثالية (رُتبة المقدار)

الطول (أو المسافة)	الأمتار (تقريبًا)
النيوترون أو البروتون (نصف قطر)	10^{-15} m
الذرة	10^{-10} m
الفيروس [انظر الشكل 1-8 أ]	10^{-7} m
الورقة (سُمك)	10^{-4} m
عرض أصبع اليد	10^{-2} m
طول ملعب كرة القدم	10^{2} m
ارتفاع قمة إفرست [انظر الشكل 1-8 ب]	10^{4} m
قطر الأرض	10^{7} m
الأرض إلى الشمس	10^{11} m
الأرض إلى أقرب نجم	10^{16} m
الأرض إلى أقرب مجرة	10^{22} m
الأرض إلى أبعد مجرة مرئية	10^{26} m

الشكل 1-8 بعض الأطوال:
(أ) فيروسات (طولها حوالي 10^{-7} m) تهاجم خلية. (ب) ارتفاع قمة إفرست بدلالة القوة عشرة 10^{4} m (ولكي نكون دقيقين فإن الارتفاع 8850 m)



(أ)



(ب)

* تدل الأقيسة الحديثة لمحيط الأرض على أن الطول الذي قصد أقل بحوالي جزء من خمسين من 1%.

** بهذا التعريف الجديد للمتر، فإن القيمة الدقيقة لسرعة الضوء في الفراغ تساوي 299,792,458 m/s.

الجدول 1-2 : بعض الفترات الزمنية المثالية

المدّة الزمنية	الثواني (تقريبًا)
عمر جسيم أصغر من الذرة / غير مستقر	10^{-23} s
عمر عناصر مشعة	10^{-22} s – 10^{28} s
عمر الميون	10^{-6} s
الزمن بين نبضات قلب الإنسان	10^{0} s (= 1 s)
اليوم	10^{5} s
السنة	3×10^{7} s
مدة حياة الإنسان	2×10^{9} s
التاريخ المسجل	10^{11} s
الجنس البشري على الأرض	10^{14} s
الحياة على الأرض	10^{17} s
عمر الكون	10^{18} s

الجدول 1-3 : بعض الكتل

الجسم	كيلوغرام(تقريبًا)
الإلكترون	10^{-30} kg
البروتون/ النيوترون	10^{-27} kg
جزيء DNA	10^{-17} kg
البكتيريا	10^{-15} kg
البعوضة	10^{-5} kg
الخوخ	10^{-1} kg
الإنسان	10^{2} kg
السفينة	10^{8} kg
الأرض	6×10^{24} kg
الشمس	2×10^{30} kg
المجرة	10^{41} kg

الزمن

إن الوحدة المعيارية **للزمن** هي **الثانية** (s)، ولسنوات عديدة عرفت الثانية بأنها تساوي 1/86,400 من متوسط اليوم الشمسي. وتعرف الثانية المعيارية الآن بدقة أكبر بدلالة تردد الإشعاع المنبعث من ذرات السيزيوم عند مرورها بين حالتين محدّدتين. [وبالتحديد، فإن الثانية الواحدة تعرف على أنها الزمن الذي يستغرقه هذا الإشعاع لعمل 9,192,631,770 ذبذبات]. ومن هذا التعريف، نجد أن هناك 60s في كل دقيقة (min) و60 دقيقة في كل ساعة (h). يبين (الجدول 1-2) مجالاً من الحقب الزمنية المقيسة مقربة إلى أقرب قوة للأساس عشرة.

الكتلة

إن الوحدة **المعيارية** للكتلة هي **الكيلوجرام** (kg). والكتلة المعيارية هي أسطوانة مصنوعة من البلاتين والأريديوم، وتعرف كتلتها بالضبط لتساوي 1 kg، وهي محفوظة في المركز الدولي للقياس والأوزان قرب باريس في فرنسا. يبين (الجدول 1-3) الكتل [وللغايات العلمية، فإن 1kg يزن تقريبًا 2.2 باوند (lb) على سطح الأرض]. وعندما نتعامل مع الذرات والجزيئات فإننا نستخدم وحدة الكتلة الذرية الموحدة (u) ونعبر عنها بدلالة الكيلوغرام كما يأتي:

$$1\,\text{u} = 1.6605 \times 10^{-27}\,\text{kg}.$$

وفي الفصول اللاحقة، سوف نناقش تعريفات وحدات معيارية لكميات فيزياء أخرى.

بادئات الوحدة

في النظام المتري، تعرف الوحدات الصغيرة والكبيرة بمضاعفات العدد 10 للوحدة المعيارية، وهو ما يجعل عملية الحساب سهلة. وعليه، فإن 1 كيلو متر (km) يساوي 1000 m، و 1cm يساوي $\frac{1}{100}$m ، و1mm يساوي $\frac{1}{1000}$ m أو $\frac{1}{10}$ cm وهكذا. يوضح (الجدول 1-4) البادئات سنتي (centi) وكيلو (kilo) وغيرها. ويمكن استعمال هذه البادئات ليس فقط لوحدات الطول، ولكن لوحدات أخرى مثل الحجم والكتلة، أو أي وحدة مترية أخرى. فعلى سبيل المثال، السنتيلتر (cL) يساوي $\frac{1}{100}$ من اللتر (L) والكيلوجرام يساوي 1000 g.

الجدول 1-4: البادئات المترية (SI)

البادئة	الاختصار	القيمة
يوتا	Y	10^{24}
زيتا	Z	10^{21}
إكسا	E	10^{18}
بتا	P	10^{15}
تيرا	T	10^{12}
جيجا	G	10^{9}
ميجا	M	10^{6}
كيلو	k	10^{3}
هكتو	h	10^{2}
ديكا	da	10^{1}
ديسي	d	10^{-1}
سنتي	c	10^{-2}
ملي	m	10^{-3}
ميكرو *	μ	10^{-6}
نانو	n	10^{-9}
بيكو	p	10^{-12}
فيمتو	f	10^{-15}
آتو	a	10^{-18}
زيبتو	z	10^{-21}
يوكتا	y	10^{-24}

* μ حرف لاتيني (ميو)

أنظمة الوحدات

عندما نتعامل مع القوانين والمعادلات الفيزيائية، فإنه من المهم استخدام مجموعة من الوحدات تتوافق مع بعضها. فعلى مرّ السنين استخدمت أنظمة وحدات عديدة. أما اليوم، فإن **النظام الدولي** هو المهم. ويرمز إلى هذا النظام بـ SI من الفرنسية **Systeme International**. إن وحدة قياس الطول في هذا النظام هي المتر (meter) ووحدة قياس الكتلة هي الكيلوجرام (kilogram) ووحدة قياس الزمن هي الثانية (second)، ولهذا فقد سمي النظام (MKS).

أما النظام المعياري الآخر فهو نظام (**cgs**)، وفيه تكون الوحدات المعيارية للطول والكتلة والزمن هي السنتيمتر والغرام والثانية، على الترتيب، كما تم اختصارها في اسم النظام. في حين أن المعايير في **النظام الهندسي البريطاني** هي القدم للطول، والباوند للقوة، والثانية للزمن.

حل المسألة

أستخدم دائماً مجموعة الوحدات المتوافقة مع بعضها.

النظام الدولي للوحدات

إن وحدات النظام الدولي (SI) هي الوحدات الرئيسة التي تستخدم في الوقت الحاضر في الأمور العلمية جميعها؛ لذا سوف نستخدم في هذا الكتاب وحدات SI على نحو حصري تقريبًا، بالرغم من أننا سوف نوضح وحدات النظام البريطاني و cgs لكميات مختلفة عندما نتطرق إليها.

الكميات الأساسية والمشتقة

تنقسم الكميات الفيزيائية إلى نوعين، أساسية ومشتقة، ومن ثَمَّ فإن الوحدات التي تناظر هذه الكميات تسمى أيضًا وحدات أساسية ووحدات مشتقة. يجب أن تعرف الكمية الأساسية بدلالة معيار. وللتبسيط يريد العلماء أقل عدد من الكميات الأساسية المحتملة لتتوافق مع الوصف الكامل لعالم الفيزياء، ولقد تبيّن أن عدد هذه الكميات سبعة والمستخدم منها في النظام الدولي (SI) موضح في (الجدول 1-5). ويمكن تعريف الكميات الأخرى بدلالة هذه الكميات الأساسية السبع*؛ ولذلك فإنها تعرف بالكميات المشتقة. ومن الأمثلة على الكميات المشتقة السرعةُ القياسيةُ: وهي عبارة عن المسافة مقسومة على الزمن اللازم لقطع تلك المسافة. يحتوي الجدول المثبت على الجانب الداخلي للغلاف الأمامي للكتاب على العديد من الكميات المشتقة ووحداتها بدلالة الوحدات الأساسية. ولتعريف أيّ كمية، سواء أكانت أساسية أم مشتقة، يمكننا تحديد قاعدة أو نهج ما، وهو ما يسمى بالتعريف العملي.

الجدول 1-5: الكميات الأساسية في النظام الدولي SI ووحداتها.

الكمية	الوحدة	اختصار الوحدة
الطول	متر	m
الزمن	ثانية	s
الكتلة	كيلوغرام	kg
التيار الكهربائي	أمبير	A
درجة الحرارة	كلفن	K
مقدار من المادة	مول	mol
شدة الإضاءة	كاندلا	cd

6-1 تحويل الوحدات

تحتوي أيّ كمية نقوم بقياسها كالطول، والسرعة القياسية، والتيار الكهربائي على عدد ووحدة قياس. وفي أغلب الأحيان تعطى كمية ما بوحدة قياس معينة، ثم يُطلب التعبير عنها بوحدات أخرى. لنفرض على سبيل المثال أننا قسنا عرض طاولة ووجد أنه يساوي 21.5 بوصة (inches) ونريد التعبير عنه بدلالة السنتيمتر. في مثل هذه الحالة، يجب أن نستخدم معامل تحويل كما يأتي:

$$1\ \text{in.} = 2.54\ \text{cm}$$

ويكتب بطريقة أخرى كما يأتي:

$$1 = 2.54\ \text{cm/in.}$$

وبما أن الضرب في واحد لا يغير أي شيء، فإن عرض الطاولة بالسنتيمتر يساوي:

$$21.5\ \text{inches} = (21.5\ \cancel{\text{in.}}) \times \left(2.54\ \frac{\text{cm}}{\cancel{\text{in.}}}\right) = 54.6\ \text{cm}.$$

لاحظ كيف تم حذف الوحدات. وهناك جدول في الصفحات التقديمية للكتاب يحتوي على تحويلات لوحدات مختلفة. والأمثلة الآتية توضح بعض التحويلات.

المثال 1-3 **أعلى القمم** ترتفع القمم الأربع عشرة الأعلى في العالم أكثر من 8000 m عن مستوى سطح البحر (الشكل 1-9 والجدول 1-6)، ولذلك تسمى بالقمم ذات الثمانية الآف متر. قمة ارتفاعها 8000 m عن مستوى سطح البحر، احسب ارتفاعها بالقدم.

النهج: تحتاج ببساطة إلى تحويل المتر الى قدم؛ ولذلك نبدأ بمعامل التحويل الدقيق 1 in. = 2.5400 cm أي أن 1 in. = 2.54 cm لأي عدد من الأرقام المعنوية

الإجابة: القدم يساوي 12 بوصة، ولذلك يمكن كتابة ما يلي:

$$1\ \text{ft} = (12\ \cancel{\text{in.}})\left(2.54\ \frac{\text{cm}}{\cancel{\text{in.}}}\right) = 30.48\ \text{cm} = 0.3048\ \text{m}$$

تم حذف الوحدات، والنتيجة التي حصلنا عليها صحيحية. ويمكن إعادة كتابة

الشكل 1-9 ثاني أعلى قمة في العالم (تسمى K2)، وهي أصعب قمة من بين القمم ذات الثمانية الآف متر. تظهر هذه القمة K2 من الجانب الشمالي (الصين)، والغلاف الخارجي للكتاب يظهرها من جهة الجنوب (باكستان). المثال 1-3.

تطبيق الفيزياء
أعلى قمم العالم

* الاستثناء الوحيد للزاوية (زوايا نصف قطرية - انظر الفصل الثامن والزاوية المجسمة (زوايا نصف قطرية مجسمة). حيث لا يوجد إجماع على ماهيه هذه الكميات، هل هي أساسية أم مشتقة؟.

فهرست

الاختصار defn تعني: الصفحة المعنية تعطي تعريف الحدة fn تعني المرجع في ملاحظة أسفل الصفحة؛ pr تعني موجود في مسألة أو سؤال؛ ff تعني أيضًا الصفحات التالية

A (atomic mass number), 836
(العدد الذري الكتلي)
زيغ:
Aberration
اللانقطية
astigmatism, 702, 710
لوني
chromatic, 710
العين
of eye, 702–3, 710
العدسات
of lenses, 710–11
وحيد اللون
monochromatic, 710–11
كروي
spherical, 636, 710
اللمعان المطلق
Absolute luminosity, 930 and ff
Absolute space and time, 729
الحيز المطلق والزمن
تدريج الحرارة المطلق
Absolute temperature scale, 362–63
الصفر المطلق
Absolute zero, 362
الجرعة الممتصة
Absorbed dose, 889
خطوط الامتصاص
Absorption lines, 679, 777
Absorption spectrum, 679, 771–72
طيف الامتصاص
Abundances, natural, 836
الوفرة الطبيعية
Ac circuits, 506–8, 520 fn, 603–5
دارات AC
مولد التيار المتناوب
Ac generator, 592–93
محرك التيار المتناوب
Ac motor, 572
Accademia del Cimento, 355
أكاديمية سيمنتو
Acceleration, 23–27, 75–77, 106–9
التسارع
الزاوي
angular, 196–99, 201
المتوسط
average, 23, 24
الطرد المركزي
centrifuge, 201
المركزي
centripetal, 107 ff, 194, 198, 200
كوريوليس
Coriolis, A-18–A-19
كوني
cosmic, 953
في الجاذبية
of gravity, 33 ff, 121 in g's, 35
لحظي
instantaneous, 24
في القمر
of the Moon, 109, 118
حركة ثابتة
motion at constant, 26–44
نصف قطري
radial, 107
علاقة مع القوة
relationship with force, 75–77
المهتز التوافقي البسيط
of simple harmonic oscillator, 295
مماسي
tangential, 115–16, 198
منتظم (ثابت)
uniform (constant), 26–44
مسارعات
Accelerators, 902
قبول النظريات
Acceptance of theories, 2–3
مستوى المتقبل
Acceptor level, 828
Accommodation of eye, 702
تكيف العين
الدقة
Accuracy, precision vs., 5 fn
وتر أشيل
Achilles tendon, 250 pr
مزدوج لا لوني
Achromatic doublet, 711
الاكتنيدات
Actinides, 800
جهد الفعل
Action potential, 512–13
Action-reaction (Newton's third law), 77–80
الفعل ورد الفعل (قانون نيوتن)
Activation energy, 371, 816
طاقة التنشيط
Active galactic nuclei (AGN), 930
أنوية المجرات النشطية
Active matrix LCD, 689
المصفوفة النشيطة
Activity of nuclear radiation, 849 ,851,889
نشاط الإشعاع النووي
Addition of velocities, 62–64,748
جمع السرعات
الأدينين
Adenine, 460–61
التصاق
Adhesion (defn), 277
عملية كظيمة
Adiabatic process, 411–12
ADP, 817
الهواء
Air:
الطفو
buoyancy of, 267
كتلة الهواء في الغرفة
mass of in room, 365
محتوى الماء
water content of, 374–76
أكياس الهواء
Air bags, 29
دورة الهواء تحت سطح الأرض
Air circulation, underground, 274
Air columns, vibrations of, 329–34
اهتزاز الأعمدة الهوائية
مكيف الهواء
Air conditioner, 421–23
تلوث الهواء
Air pollution, 430
شدة صوت الطائرة
Airplane, sound intensity of, 326–27
جناح الطائرة
Airplane wing, 272–73
كاشفات المعادن في المطار
Airport metal detector, 595
مدرج المطار
Airport runway, 27
قرص إيري
Airy disk, 712
Algebra, review of, A-3–A-6
مختصر جبري
الفلزات القلوية
Alkali metals, 799
انتقال مسموح
Allowed transition, 797, 823
انحلال ألفا
Alpha decay, 842–44
عبور ألفا
and tunneling, 855
Alpha particles (or rays), 770,842, 844
جسيمات ألفا
Alternating current (ac), 506–8, 603–8
تيار متناوب (ac)
المتناوبات
Alternators, 593
تضمين الاتساع
AM, 626, 627
أحماض أمينية
Amino acids, 819–20
أميتر
Ammeter, 541–45
مادة لابلورية
Amorphous material, 824
Ampère, André, 496, 568, 616
أندريه أمبير
Ampere (unit), 496, 566
أمبير (وحدة)
operational definition of, 566
Ampère's law, 568–69, 616
قانون أمبير
مكبرات
Amplifiers, 830, 831
اتساع
Amplitude:
of
اتساع الاهتزازة
of vibration, 288
اتساع الموجة
wave, 302, 305, 306–7, 314, 327
تضمين الاتساع
Amplitude modulation (AM), 626, 627
Amusement park rides, 111,
منتزه التسلية
194, 198, 199
Analog information, 598
معلومات مناظرة
Analyzer (of polarized light), 685
محلّل (الضوء المستقطب)
اندروميدا
Andromeda, 929
Aneroid gauge and barometer, 261
باروميتر
زاوية
Angle:
زاوية بروستر
Brewster's, 687
زاوية حرجة
critical, 645
زاوية الميل
of dip, 556
زاوية السقوط
of incidence, 308, 312, 633,643
زاوية الطور
phase, 607
زاوية الاستقطاب
polarizing, 687
القياس نصف قطري للزاوية
radian measure of, 195
of
زاوية الانعكاس
of reflection, 308, 633
زاوية الانكسار
refraction, 312, 643
وحدة أنجستروم
Angstrom unit, 671 fn
Angular acceleration, 196–99
التسارع الزاوي
Angular displacement, 196
الازاحة الزاوية
Angular magnification, 705
التكبير الزاوي
Angular momentum, 213–15
الزخم الزاوي
قانون حفظ الزخم
conservation law of, 213–15,846
الزاوي
نووي
nuclear, 838
محفوظ في الدارات
quantized in atoms, 773,794–95
محفوظ في
quantized in molecules, 821–22
الجزيئات
للهيدروجين
of hydrogen, 367
Atomic mass number, 836
العدد الكتلي الذري
Atomic mass unit, 9, 353, 837, 838
Atomic number, 797, 836
العدد الذري
محددًا بالأنشطة السنية
determined from X-ray analysis, 800–802
أطياف ذرية
Atomic spectra, 771–73
fine structure of, 786, 795
التركيب الدقيق
التركيب الذري
Atomic structure:
نموذج بوهر
Bohr model of, 773–79
للذرات المركبة (المعقدة)
of complex atoms, 797–98
early models of, 769–70
النماذج الأولية لـ
لذرة الهيدروجين
of hydrogen atoms, 771–85,794–97
مكانيكا الكم
quantum mechanics of, 786–807
القشرات ودون القشرات
shells and subshells of, 798–99, 800
النظرية الذرية
Atomic theory, 352–54, 769–81
Kinetic
أنظر الذرة والترتيب الذري
(see also Atom; Atomic structure; theory)
الوزن الذري
Atomic weight, 353 fn
البخاخ
Atomizer, 272
ATP, 817
Attack angle, of wing, 272–73
زاوية الهجوم، للجناح
آلة أتوود
Atwood machine, 88, 221 pr
المدى السمعي
Audible range, 323
الشفق
Aurora borealis, 563
Autofocusing camera, 324
القمرة آلية التبئير
Autoradiography, 892–93
التصور الإشعاعي الآلي
Average angular acceleration, 197
التسارع الزاوي المتوسط
Average angular velocity, 196
السرعة الزاوية المتوسطة
السرعة المتوسطة
Average speed, 21
أميدو أفوجادرو
Avogadro, Amedeo, 366
Avogadro's hypothesis, 366–67
Avogadro's number, 366–67
عدد أفوجادرو
Axis of lens, 647
محور العدسة
Axis of rotation, 195
محور الدوران
قوى الميلان
forces tilting, 206
A xon, 511–13
محور الليفة العصبية
قوة دافعة راجعة
Back emf, 593–94
قوى راجعة
Back, forces in, 234–35
ألم ظهر
Back pain, 234
Background radiation, cosmic microwave, 945–47
إشعاع الخلفية، كوني، ميكروويف
Balance, 236
ميزان
بندول قذفي
Ballistic pendulum, 178–79
صيغة بالمر
Balmer formula, 772, 776
بالمر
Balmer, J. J., 772
Balmer series, 772, 776–77
سلسلة بالمر
فجوة الحزمة
Band gap, 825
أطياف الحزمة
Band spectra, 821
Band theory, of solids, 825–26
نظرية الحزمة للمواد الصلبة
Banking of curves, 112–15
منحنيات مائلة
شيفرة البار
Bar codes, 806
بار (وحدة)
Bar (unit), 259, 261
البارومتر
Barometer, 260–62
عدد بايرون
Baryon number and its conservation, 911, 914
الباريونات
Baryons, 911, 914, 916, 917
نظرية الكوارك
quark theory, 916, 917
جهد القاعدة
Base bias voltage, 830
Base, of transistor, 830–31
الزخم الزاوي في النجوم
in stars, 936
Angular quantities, 195–200,215–16
الكميات الزاوية
الطبيعة الاتجاهية للكميات الزاوية
vector, nature of, 215–16
Angular velocity, 196 ff, 215–16
السرعة الزاوية
linear velocity and, 197, 199
السرعة الخطية
فناء
Annihilation, 765, 949
مصعد
Anode, 485, 754, 755
Antenna, 615, 621, 626, 627–28
هوائي
مبدأ
Anthropic principle, 955
طبائع البشر
Antilock brakes, 113
كوابح عدم الاقفال
Antimatter, 921, 923 pr
ضد المادة
Antineutrino, 846
ضديد النيوترينو
Antinodes, 310, 333
Antiparticle, 846, 910
ضديد الجسيم
Antiproton, 910
ضديد البروتون
Antiquark, 916–17
ضديد الكوارك
Apparent brightness, 930–31,937
البريق الظاهري
الوزن الظاهري
Apparent weight, 265
Apparent weightlessness, 124–25
Approximate calculations, 12–14
حسابات تقريبية
Arabidopsis thaliana, 881
فرانكوس أراغو
Arago, Francois, 673
أقواس
Arches, 243–45
أرخميدس
Archimedes, 263, 265
مبدأ ارخميدس
Archimedes' principle, 255,263–67
معماري
Architecture, 4, 243–45
Area under a curve or graph, 37, 141
المساحة تحت المنحنى
المساحات والحجوم
Areas and volumes, A-1
أرسطو
Aristotle, 2, 73
ذراع
Armature, 571, 592, 594
لانقطية
Astigmatism, 702, 710
Astronomical telescope, 706–7
مقراب (تلسكوب)
فيزياء فلكية
Astrophysics, 926–55
الحرية المقاربة
Asymptotic freedom, 919
تشتت الضوء
Atmosphere, scattering of light by, 690
وحدة ضغط جوي
Atmosphere (unit), 259, 261
الضغط الجوي
Atmospheric pressure, 259, 261
ذرة
Atom, 352–54, 441, 769–81 (see also Atomic structure; Kinetic theory)
تركيب الذرة
النظرية الحركية
الزخم الزاوي
angular momentum in, 773,794–95
طاقة الربط
binding energy, 776
نموذج بوهر
Bohr model of, 773–79
معقد
complex, 797–98
المسافة بين
distance between, 354
النماذج القديمة
early models, 769–70
الشحنة الكهربائية
electric charge in, 441
مستويات الطاقة
energy levels in, 775–76,794–96, 799, 800
الهيدروجين
hydrogen, 771–85, 794–97
طاقة التأين
ionization energy of, 776
متعادلة
neutral, 837
حزمة
packing of, 824
النموذج الفلكي (للنواة)
planetary (nuclear) model of, 770
توزيع الاحتمالات
probability distributions in, 794, 797, 813
النظرية الكمية
quantum theory of, 773–811
القشرات ودون القشرات
shells and subshells in, 798–99, 800
stationary states in, 773 ff
الحالة المستقرة
القنبلة الذرية
Atomic bomb, 883
Atomic force microscope, 769
مجهر القوة الذرية
كتلة الذرة
Atomic mass, 353

تدريج حرارة سيلزيوس
Center of gravity, 183–84 مركز الجاذبية
Center of mass, 182–86 مركز الكتلة
for human body, 184–85 لجسم الإنسان
and translational motion,185–86 والحركة الانتقالية
Centigrade (see Celsius temperature scale)
مئوي
Centipoise (unit), 275 وحدة سينتوز
Centrifugal (pseudo) force, 110, A-17–A-18

Centrifugal pump, 278 مضخة الطرد المركزي
Centrifuge, 116–17 الطرد المركزي
Centripetal acceleration, 107 ff,
تسارع مركزي
194, 198–99, 201
Centripetal force, 109 قوة مركزية
Cepheid variables, 937 متغيرات
CERN, 905
Cgs system of units, 9 نظام للوحدات cgs
Chadwick, James, 836 شادويك، جيمس
Chain reaction, 879–81 تفاعل متسلسل
Chandrasekhar limit, 934
نهاية شاندراسيار
Change of phase (or state),371–73,
391 تغير الحالة (الطور)

Charge (see Electric charge)
شحنة
Charge-coupled device (CCD), 697
إدارة إزدواج الشحنة
Charging a battery, 521 fn,532–33
شحنة البطارية
Charles, Jacques, 362 شارل، جاك
Charles's law, 363 قانون شارل
Charm, and charmed quark,
جميل، الكوارك
915, 916–17
Chemical bonds, 812–15
روابط كيميائية
Chemical lasers, 805 ليزرات كيماوية
Chemical reactions, تفاعلات كيماوية
temperature effect, 371 أثر درجة الحرارة
Chernobyl, 882 شيرنوبل
Chimney smoke, 274 دخان المدخنة
Chip, 812, 831 شيب
Chromatic aberration, 710–11
الزيغ اللوني
Chromosome (see DNA)
كروموسوم
Circle of confusion, 699, 710
دائرة الارباك
Circle of least confusion,710

Circuit (see Electric circuit)
دارة كهربائية
Circuit breaker, 505–6, 599
قاطع كهربائي
magnetic, 567
Circular motion, 292 حركة دائرية
nonuniform, 115–16 حركة دائرية غير منتظمة
uniform, 106–15
Circulating pumps, 278–79
مضخات دوائر
Classical physics, 1, (defn, 727) فيزياء كلاسيكية
Clausius, R. J. E., 416, 422

Clausius statement of second
نص كلادسيوس للقانون الثاني
law, 416, 422
Clock paradox (see Twinparadox)
معضلة الساعة (معضلة التوائم)
Clock, pendulum, 297 بندول الساعة
Closed tube, 332, 333 أنبوب مغلق
Clothing, insulating properties
خصائص عزل الملابس
of, 397
Cloud chamber, 857 مجرة الغيوم
CO molecule, 822–23 جزيء أول أكسيد الكربون
Coating of lenses, optical, 682
طلاء العدسات، ضوء
Coaxial cable, 580 pr, 621

Bubble chamber, 857 غرفة الفقاعات
Buckling, 361
Building materials, thermal
ممتصات الصدمات في المباني
properties of, 397
Bulk modulus, 238, 240–41 مواد البناء

Buoyancy, 263–67 المعامل الجرمي
Buoyant force, 263–67
Cable TV, 628–29 قوة الطفو
Calculator errors, 7 التلفاز بالكيبل
Caloric theory, 385 أخطاء لآلة الحاسبة
Calorie (unit), 385 نظرية الكالوري
related to the joule, 385 وحدة الكالوري
working off, 386
Calorimeter, 390, 857
Calorimetry, 388–91 الكالورميتر
Camera, 697–701 القياسات الحرارية
adjustments to, 698–700 القمرة
autofocusing, 324 خيط القمرة
digital, 697 تبئير آلي
flash unit, 484 رقمي
Cantilever, 231 وحدة الوميض
Capacitance, 480–82, 533–35
مواسعة
equivalent, 534 مكافيء
Capacitive reactance, 605
مقاومة مواسع
Capacitor, 480–81 مواسع
in ac circuits, 604–5 في دارات التيار المتناوب
charge and voltage on, 535 الشحنة والجهد
energy stored in, 484–85 الطاقة المختزنة
as filter, 605 كمرشح
parallel-plate, 482 متوازي الصفيحتين
in RC circuit, 535–37 في دارة RC

reactance (impedance) of,603–5 ممانعة
in series and parallel, 533–34 في التوالي
والتوازي
uses of, 605
Capacitor microphone, 546 pr
ميكرفون المواسع

Capacity (see Capacitance)
المواسعة
Capillaries, 278 الأنابيب الشعرية
Capillarity, 276–78 الشعرية
Car: سيارة
air bags, 29 أكياس هوائية
brakes, 260 كوابح
force that accelerates, 79 القوة المسارعة
forces on a curve, 112 القوى عن المنحنى
power needs of, 159 احتياجات القدرة
skidding, 113 الانزلاق
stopping distance of, 30, 144
مسافة الوقوف

Car starters, 567
Carbon cycle, 885 دورة الكربون
Carbon dating, 853–55 التأريخ الكربوني

Carnot cycle (engine), 419–21
دورة كارنوت
Carnot efficiency, 420 كفاءة كارنوت
Carnot, Sadi, 419 كارنوت، سادي
Carrier frequency, 626 تردد الحامل
Cassegrainian focus, 707
CAT scan, 719
Catalysts, 817 الحفازات
Cathedrals, 244–45 الكاتدرائية
Cathode, 485, 754
Cathode rays, 485, 754–55 (see also Electron)
المهبط أشعةالمهبط
Cathode-ray tube (CRT),485–86, 628
أنبوب أشعة المهبط
Causality, 128, 792–93 السببية
Cavendish, Henry, 119 هنري كافنداش
CD player, 805, 806 جهاز تشغيل CD
Cell, electric, 494–95 خلية كهربائية
Cell phones, 314, 621, 628
تلفون خلوي
Cells, pressure on, 259 ضغط الخلية
Celsius temperature scale,355–56, 362–63

Body balance, 236 توازن الجسم
Body parts, CM of, 184–85
Body temperature, 356, 395
درجة حرارة الجسم
Bohr model, 773–79, 786–87
نموذج بوهر في الذرة
Bohr, Niels, 766, 773, 793

Bohr radius, 774
Bohr theory, 773–79, 786–87

Boiling, 374–75, 414 pr غليان
Boiling point, 355 fn, 373, 375
درجة الغليان
table, 392
Boltzmann, Ludwig, 428
لودفيغ بولتزمان
Boltzmann's constant, 367, 833pr
ثابت بولتزمان
Bomb calorimeter, 390 مسعر القنبلة
Bond energy, 813, 817 طاقة الرابطة
Bonding: الربط في الجزيئات
in molecules, 812–15
in solids, 824 الربط في المواد الصلبة
Bonds, 812–15, 824
الروابط
covalent, 813, 815, 816, 824 التشارك
dipole, 818–19 الثناقطبي
hydrogen, 818–20 الهيدروجين
ionic, 814, 815, 817, 824 أيونية
metallic, 824 فلزية
molecular, 812–15 جزيئية
partial ionic and covalent,815 أيونية تشاركية
in solids, 824 الصلبة
strong (defn), 817 قوية
van der Waals, 817–21 فان دي فالز
weak, 817–21, 824 ضعيفة
Bone density, measurement of,764
كثافة العظام وقياسها
Born, Max, 788 ماكس بورن
Bosons, 797 fn, 913, 917, 918
البوزونات

Bottom quark, 916–17
Boundary layer, 273 الطبقة الحدية
Bow wave, 342 موجة القوس
Boyle, Robert, 362 روبرت بويل
Boyle's law, 362, 363, 368 قانون بويل
Bragg equation, 717 معادلة براغ
Bragg,W. H., 717 براغ
Bragg,W. L., 717
Brake, hydraulic, 260 المكابح الهيدروليكية
Braking الكبح
of car, 30, 113, 144 للسيارة
eddy currents for, 594 للتيارات الدوامية
LED lights to signal, 830
Breaking a leg, 174 كسر الساق
Breaking point, 237 نقطة الكسر
Breath, molecules in, 367 التنفس
Breeder reactor, 882 مفاعلات بريدر Bremsstrah-
lung, 802 اشعاع الكبح
Brewster, David, 687
Brewster's angle and law, 687
زاوية بروستر
Bridge circuit, 551 pr دارة القنطرة
Bridge collapse, 299
Brightness, apparent, 930–31,937
الريق
British system of units, 9 (see also name of unit)
النظام الوحدات البريطاني

Broglie (see de Broglie, Louis)
بروجلي لونس
Bronchoscopes, 646 منظار القصبات
Brown, Robert, 353
Brownian motion, 353
الحركة البراونية

Brunelleschi, Filippo, 245

Brushes, 571
BSCCO, 510
Btu (unit), 385 وحدة حرارة بريطانية

قاعدة ترانزستور
Base quantity, 10 كمية أساسية
Baseball: كرة القاعدة
curveball, 273
fly ball, 71 pr
work done on, 136, 143
Basketball, 71 pr كرة السلة
Battery, 493–500, 520–21
بطارية
charging of, 521 fn, 532–33 رمز البطارية
Battery symbol, 496 أعمدة
Beam splitter, 684
Beams, 243
Beat frequency, 337 تردد الضربات
Beats, 335–37 الضربات
Becquerel, Henri, 841 هنري بكريل
Becquerel (unit), 889 بكريل (وحدة)
Bel (unit), 325 بيل (وحدة)
Bell, Alexander Graham, 325
إليكسندربيل
Bernoulli, Daniel, 270 دانيال بيرنولي
Bernoulli's equation, 270–71
معادلة بيرنولي
Bernoulli's principle, 270 ff مبدأ
بيرنولي
applications of, 272–74
Beta decay, 845–47 انحلال بيتا
Beta particle, or ray, 842,
جسيمات بيتا
845–46 (see also Electron)
Bethe, Hans, 885 هانزبيث
Bias voltage, 828 جهد الانحياز
Biceps, and torque, 205, 221
الملقط والعزم
Big Bang theory, 944 ff نظرية الانفجار
العظيم
Big crunch, 951, 952 الطحن العظيم
Bimetallic-strip thermometer,355
ميزان المزدوج الحراري
Binary system, 935, 941
النظام المزدوج
Binding energy, 753 pr, 813,
طاقة الربط
816–17, 838–41
in atoms, 775 في الذرات
of molecules, 813, 816–17 في الجزيئات
of nuclei, 838–41 في النواة
Binding energy per nucleon,839
طاقة الربط لكل نوية
Binoculars, 646, 708 ثنائي العينة
Binomial expansion, 737,A-6–A-7 (see also inside
back cover) التمدد ثنائي الحدود
Biological damage by
التلف الحيوي بالاشعاع
radiation, 888
Biological evolution and
التطور الحيوي
development, 427
Bit speed, 200 سرعة بت
Black holes, 930, 935, 941
الثقوب السوداء
Blackbody radiation, 756–58 إشعاع الجسم
الأسود
Blood flow, 269, 275–76, 590
جريان الدم
convection by, 399
Doppler blood-flow meter, 341
مقياس دوبلر لجريان الدم

Doppler weather forecasting, تنبؤ
دوبلر الجوي
341
TIAs and, 273
Blood pressure, measuring, 279
قياس ضغط الدم
Blue sky, 690 زرقة السماء
Blue-shift, 943 الانزياح نحو الأحمر
Bobsled acceleration, 75
Body جسيم
heat loss from, 399, 400 فقد الجسم للحرارة
metabolism, 414–15 التمثيل الغذائي للجسم

Current (see Electric current) تيار
Current sensitivity of meters, حساسية المقاييس للتيار 542
Currents, ocean, 397 تيارات بحرية
Curvature of field, 710 انحناء المجال
Curvature of space, 938–41, 951 انحناء الفضاء
Curvature of universe, 938–41, 951 انحناء الكون
Curveball, throwing a, 273 ضرب كرة الانحناء
Curves, car on, 112–15 السيارة على المنحنيات
Cutoff wavelength, 802 طول موجة القطع
Cycle (defn), 288 دورة
Cyclotron, 582 pr, 903–5 جهاز سيكلوترون
Cyclotron frequency, 903–4 تردد السيكلوترون
Cytosine, 460–61, 818 سيتوسين
da Vinci, Leonardo, 3
Damped harmonic motion, 298 حركة توافقية متخامدة
Dampening, eddy currents for, 594
Dampers on building, 298 ممتصات الصدمة في المباني
Dark matter, 951–53 المادة السوداء
Dart gun, 153
Dating, radioactive, 853–55 التأريخ الإشعاعي
Daughter nucleus (defn), 842 الأبنة، نواة
Davisson, C. J., 767 دافيسون
de Broglie, Louis, 766, 780–81, 787 لويس، دي بروي
de Broglie’s hypothesis, 780–81 نظرية دي بروي
de Broglie’s wavelength, 766, 780–81, 890 طول موجة دي بروي
Debye (unit), 479–80 ديباي (وحدة)
Decay: انحلال
alpha, 842–44, 848, 855 ألفا
beta, 842, 845–47 بيتا
of elementary particles, 901 ff الجسيمات الأولية
gamma, 842, 847–48 جاما
rate of, 848–51 معدل
types of radioactive, 842, 848 أنواع الانحلال للمواد المشعة
Decay constant, 848 ثابت الانحلال
Decay series, 852–53 سلسلة الانحلال
Deceleration (defn), 25 تباطؤ
Decibel (dB) (unit), 325–27 ديسبل (وحدة)
Declination, magnetic, 556 الميل (مغناطيسي)
Decommissioning nuclear plant, 870
Decoupled photons, 935, 939 فوتونات منفصلة
Defibrillator, 485, 538 fn
Definition, operational, 10 تعريف عملي
Degradation of energy, 427
Degrees of freedom, A-22 درجات الحرية
Dehumidifier, 438 pr مزيل الرطوبة
Delayed neutrons, 869 fn نيوترونات مثبطة
Democritus, 352 ديمقراط
Demodulator, 627 مزيل التصبن
Dendrite, 511
Convex mirror, 635, 641–42 مرآة محدبة
Cooling تبريد
by evaporation, 374, 395 التبريد بالتبخر
by radiation, 400 التبريد بالإشعاع
Coordinate systems, 20 نظام إحداثيات
Copenhagen interpretation, of quantum mechanics, 793 تفسير كوبنهاجن لميكانيكا الكم
Copernicus, 3 كوبرنيلكس
Core, of reactor, 881 قلب المفاعل
Coriolis acceleration, A-18–A-19 تسارع كوريوليس
Coriolis effect, A-18–A-19 أثر كوريوليس
Coriolis force, A-18–A-19 قوة كوريوليس
Cornea, 701, 702 القرنية
Corrective lenses, 701–4 عدسات مصححة
Correspondence principle, 749, 779, 787 مبدأ التطابق (التشابه)
Cosmic acceleration, 953 تسارع كوني
Cosmic Background Explorer, 946 كاشف الخلفية الأرضية الكونية
Cosmic microwave background radiation, 945–47 حلفية أشعة كونية ميكروية
Cosmic rays, 902 أشعة كونية
Cosmological constant, 953 ثابت كوني
Cosmological principle, 944 المبدأ الكوني
Cosmological redshift, 943 الأنزياح الكوني الأحمر
Cosmology, 921, 926–55
Coulomb, Charles, 444 شارل كولومب
Coulomb force (defn), 447 قوة كولومب
Coulomb (unit), 445 وحدة الكولومب
operational definition of, 566
Coulomb’s law, 444–47, 458, 774 قانون كولومب
Counter emf, 593–94 قوة دافعة كهربائية
Counter torque, 593–94 عزم عكسي
Counterweight, 88 وزن مضاد
Covalent bond, 813, 815, 816, 824 رابطة تساهمية
Creativity, in science, 1–2 الإبداع في العلم
Credit card swipe, 599 بطاقة ائتمانية
Crick, F. H. C., 718
Critical angle, 645 زاوية حرجة
Critical damping, 298 تخامد حاد
Critical density of universe, 951 ff الكثافة الحرجة في الكون
Critical mass, 880 الكتلة الحرجة
Critical point, 372 النقطة الحرجة
Critical reaction, 881 تفاعل حرج
Critical temperature, 372, 510 درجة حرارة حرجة
Crossed Polaroids, 686 مستقطبات متخامدة
CRT, 485–86, 628
Crystal lattice, 824 شبكة بلورية
Crystallography, 717 علم تصوير البلورات
Crystals, liquid, 256, 688–89 بلورة سائلة
CT scan, 718–21
Cucurbita melopepo, 893
Curie, Marie, 841–42 ماري كوري
Curie, Pierre, 841–42 بييركوري
Curie temperature, 574 درجة حرارة كوري
Curie (unit), 889 وحدة كوري
stress on, 361
Condensation, 374 تكثيف
Condensed-matter physics (see Solid-state physics) فيزياء الحالة المكثفة
Condenser (see Capacitor) مكثف
Conductance, 518 pr ناقلة
Conduction: توصيل
electric, 441–42, 493–513, 825 كهربائي
heat, 395–97 حرارة
nerve, 510–13 عصب
Conduction band, 825, 828 حزمة التوصيل
Conduction current (defn), 617 تيار التوصيل
Conductivity, thermal, 396 الناقلة الحرارية
Conductors: الموصلات
electrical, 441–42, 456–57, 475–76, 493–513, 590–91, 825 الكهربائية
heat, 396 حرارة
Confinement, 887, 918 تعزيز
of quarks, 949 في الكواركات
Conservation laws: قوانين الحفظ
of angular momentum, 213–15 للزخم الزاوي
apparent violation of in beta decay, 846 انتهاك ظاهري كما في انحلال بيتا
of baryon number, 911 انتهاك عدد الباريون
of electric charge, 440–41, 523, 528–29 انتهاك حفظ الشحنة
in elementary particle interactions, 910–12 في التفاعلات الجسيمات الأولية
of energy, 149–55, 389 ff, 409,529 في الطاقة
of lepton numbers, 911, 912 في أعداد ليبتون
of linear momentum, 170–73 and ff في الزخم الخطي
in nuclear processes, 846 في العلميات النووية
of nucleon number, 848, 911 في عدد النيوكليونات
of strangeness, 915 في الغرابة
Conservative force, 148–49 قوة محافظة
Conserved quantity, 149 كمية محفوظة
Constant angular acceleration, 201 تسارع زاوي ثابت
Constants, fundamental (see inside front cover) ثوابت أساسية
Constant-volume gas thermometer, 356–57 حجم الغاز الثابت ميزان حرارة
Constructive interference, 308–9, 335–37, 668 تداخل بناء
Contact force, 81, 450 قوة ثابتة
Contact lenses, 702, 703–4 عدسات لاصقة
Continental drift, 267 انزياح قاري
Continuity, equation of, 268–69 معادلة الاستمرارية
Continuous laser, 805 ليزر مستمر
Continuous spectrum, 679, 756 طيف متصل
Contrast in microscope images, 716 تمايز في صور المجهر
Control rods, 880, 881 قضبان التحكم
Convection, 397–99 حمل
of blood, 399 الدم
on hiking trail, 398
Conventional current (defn), 497
Conventions, sign, 638–39, 651 اصطلاح الإشارات
Converging lens, 647, 648, 653 عدسة مجمعة
Conversion factors, 10–11 (see also inside front cover) معاملات التحويل
كابل محوري
COBE, 946
Coefficient of performance, 422 معامل الأداء
Coefficient (see name of)
Coherent source of light, 671, 803 مصدر ضوئي مترابط
Cohesion, 277 التصاق
Coil (see Inductor)
Collapse: of bridges, 299 انهيار الجسور
of building, 242 البنايات
of star, 215 النجم
Collector (of transistor), 830–32 الجامع (ترانزستور)
Colliding beams, 906–7 حزم متصادمة
Collisions, 173–81 تصادمات
elastic, 175–77 مرن
inelastic, 175–76, 178–79 غير مرن
in two or three dimensions, 179–81 في بعدين أو ثلاثة أبعاد
Colonoscopes, 646 منظار الكولون
Color: لون
of quarks, 918–20 لون الكوارك
related to wavelength, 670,671 مرتبطة بطول الموجة
of sky, 690 بالسماء
Color charge, 918–19 شحنة اللون
Color force, 918–20 قوة اللون
Coma, 710 عيوبة
Comfort, room, 400–401 غرفة ملائمة
Communications, fiber optics in, 646 l
Commutators, اتصالات، بصريات الألياف
571, 592–93 المبدلات
Compass, magnetic, 556, 564 بوصلة، مغنا طيسية
Complementarity, principle of, 765–66 مبدأ التكاملية
Complete circuit, 496, 497 دارة كاملة
Completely inelastic collision, 178–79
Complex atoms, 797–98 تصادم عديم المرونة ذرات معقدة
Components of vector, 49–53 مركبات متجه
Compound lenses, 711 عدسات مركبة
Compound microscope, 708–9 مجهر مركب
Compound nucleus, 878 نواة مركبة
Compounds (defn), 353 fn مركبات
Compression (longitudinal wave), 303 انضغاط
Compression waves (P waves), 304 موجات انضغاطية
Compressive stress, 239–40 جهد انضغاطي
Compton, A. H., 763 كومبتون
Compton effect, 763–64 أثر كومبتون
Compton wavelength, 763 موجة كومبتون
Computerized axial tomography, 719 التصوير المحوري المحوسب
Computers, 598 حاسبات
digital information and, 598 بيانات رقمية
hard drive, 200
keyboards, 482
monitors, 485–86
Concave mirror, 635 ff, 639–40 مرآة مقعرة
Concentration gradient, 377 تدرج التركيز
Concordance model, 948
Concrete: خرسانة
prestressed and reinforced, 242 خرسانة سابقة الاجهاد

leakage, 541 تسريب
magnetic force on, 558–59 قوة مغناطيسية
measuring, 541–45 قياس
microscopic view of, 509–10 منظر مجهري
and Ohm’s law, 498–500 وقانون أوم
peak, 506–7 قمّة
produced by changing magnetic field, 584 ff ينتج عن تغير المجال المغناطيسي
produces magnetic field, 557 ينتج مجالا مغناطيسيا
rms, 507 جذر متوسط المربع
Electric dipole, 455, 479–80, 818 ثنائقطبي كهربائي
Electric energy, 470–87 طاقة كهربائية
production of, 430 انتاج
storage of, 484–85 تخزين
Electric field, 450–54 مجال كهربائي
and conductors, 456–57 والموصلات
Coulomb’s law to determine, 458 قانون كولوم
in dielectric, 482–83 في العازلات
in Em wave, 617–19 في موجات EM
energy stored in, 485 الطاقة المختزنة
and equipotential lines, 474–75 خطوط تساوي الجهد
Gauss’s law to determine, 458 قانون غاوس
lines of, 454–56 خطوط
magnetic field produced by changing, 616 ff المجال المغناطيسي الناتج عن تغير
of point charge, 451 شحنة نقطية
produced by changing magnetic field or flux, 591, 617 ff ينتج عن تغير التدفق المغناطيسي
relation to electric potential, 474 العلاقة مع الجهد الكهربائي
Electric field lines, 454–56 خطوط المجال الكهربائي
Electric flux, 457–58, 617 التدفق الكهربائي
Electric force, 439 ff القوة الكهربائية
Coulomb’s law for, 444–47 قانون كولوم
Electric field (cont.) المجال الكهربائي
relation to electric potential, 474 العلاقة مع الجهد الكهربائي
Electric field lines, 454–56 خطوط المجال الكهربائي
Electric flux, 457–58, 617 التدفق الكهربائي
Electric force, 439 ff القوة الكهربائية
Coulomb’s law for, 444–47 قانون كولوم
in molecular biology, 460–62,479, 818–21 في علم الحياة الجزئيي
Electric generator, 473, 520, 584, 592–93 مولد كهربائي
Electric hazards, 538–41 اضرار كهربائية
Electric motor, 571–72 محرك كهربائي
counter emf in, 593–94 قوة دافعة عكسية
Electric potential, 470–87 (see also Potential difference) جهد كهربائي
of dipole, 479–80 فرق الجهد ثنائقطبي
relation to electric field, 474 العلاقة مع المجال الكهربائي
of single point charge, 476–79 شحنة منفردة
Electric power, 502–5 قدرة كهربائية
in ac circuits, 606 في دارات التيار المتناوب
in household circuits, 506–7 في الدارات المنزلية
transmission, 595–97 نقل
Electric power generation, 430–31 توليد القدرة الكهربائية
Electric shocks, 538–41 الصدمات الكهربائية
Electrical shielding, 457 العزل الكهربائي
Electricity, 439–545, 584 ff, 615 ff الكهرباء
Gauss’s law, 457–59 قانون غاوس
static, 440–41 سكوني
Earthquakes, 304, 305, 306, 313 الزلازل الأرضية
ECG, 487
Echolocation, 304 تحديد الصدى
Eddy currents (eddies), 268, 594–95 التيارات الدوامية
Edison,Thomas, 485 توماس أديسون
Effective dose, 878 الجرعة الفعالة
Effective values, 507 القيم الفعالة
Efficiency, of heat engine, 160, 418 فعالية المحرك الحراري
Carnot, 420 كارنوت
Einstein, Albert, 3, 353, 727–49, 758, 871, 914, 926 البرت اينشتين
EKG, 487
Elastic collisions, 175–77 تصادمات مرنة
Elastic limit, 237 حد المرونة
Elastic modulus, 238 معامل المرونة
and speed of sound, waves, 304 وسرعة الصوت، موجات
Elastic potential energy, 147, 289 طاقة وضع المرونة
Elastic region, 237 المنطقة المرنة
Elastic spring, 147 زنبرك مرن
Elasticity, 237–41 المرونة
Electric battery, 494–97, 520–21 بطارية كهربائية
Electric cell, 494–95 خلية كهربائية
Electric charge, 439 ff شحنة كهربائية
accelerating, gives rise to EM wave, 619 التسارع يؤدي إلى موجة كهرمغناطيسية
in atom, 441 في الذرة
calculating, 535 حساب
conservation of, 440–41, 523, 528–29, 848, 898 حفظ
of electron, 445, 754–56 للإلكترون
elementary, 445 أولي
induced, 442–43 تأثيري
motion of in magnetic field, 560–63 حركة في مجال مغناطيسي
point, 446, 450–51, 476–79 نقطة
quantization of, 445 تكميم
”test,” 450
Electric circuit دارة كهربائية
ac, 506–8, 603–8 تيار متناوب
complete, 496, 497 كامل
containing capacitors, 533–35, 603–8 تحتوي مقاومات
containing resistors, 498 ff, 520–45 تيار مباشر
dc, 493 ff, 520–45 رقمي
digital, 831 تأريض
grounding, 539–41 أجهزة منزلية
household, 505 تكاملي
integrated, 830–31 قوانين كيرشوف
and Kirchhoff’s rules, 528 ff LC
LC, 608, 627 LR
LR, 602–3 LRC
LRC, 606–7 مفتوح
open, 496 RC
RC, 535–37 مقوّم
rectifier, 829 رنين
resonant, 608 الثوابت الزمنية
time constants of, 536, 602 تيار
Electric current, 493 and ff كهربائي
alternating (ac), 506–8, 603–8 متناوب
conduction (defn), 617 توصيل
conventional (defn), 497 اصطلاحي
direct (dc) (defn), 506 مباشر
dicement, 617
hazards of, 538–41 اضرار
induced, 584 تأثيري
Disintegration energy, 843 طاقة الانحلال
Disorder and order, 424, 426 النظام وعدم النظام
Dispersion, 671–73 التفريق اللوني
Displacement, 20–21, 37, 46–47, 50–53 إزاحة
in vibrational motion, 288 في الحركة الاهتزازية
of wave, 314 للموجة
Displacement current, 617 تيار الانزياح
Dissipative forces, 156–58 قوى مصنعة
Dissociation energy, 813 طاقة التفكك
Distances, astronomical, 924–25 مسافات فلكية
Distortion (lenses), 710 تشويش عدسات
Diverging lens, 647, 648, 650, 653 عدسات مفرقة
Diving, spins in, 214 غوص
DNA, 460–62, 679, 718, 818–21, 876, 881 DNA
structure and replication of, 460–62 تركيب وتفكيك
Domains, magnetic, 573–75 مدى (مغناطيسي)
Domes, 243–45 قباب
Donor level, 828 مستوى العطاء
Doorbells, 567
Doping, of semiconductors, 827–28 حقن غرس أشباه الموصلات
Doppler blood-flow meter, 341 مقياس جريان الدم الدوبلري
Doppler effect, 338–42, 930 أثر (ظاهرة) دوبلر
for light, 341–42 في الضوء
Doppler, J. C., 338 fn دوبلر (اسم)
Doppler techniques in medicine, 341 طرق دوبلر في الطب
Doppler weather forecasting, 341 التنبؤ الجوي لظاهرة دوبلر
Dose, 877–79, 880 جرعة
Dosimetry, 877–79 مقياس الجرعات
Double-slit experiment, 787–89 تجربة الشق المزدوج
for electrons, 787–89 للإلكترونات
for light, 668–71 في الضوء
Down quark, 904 الكوارك للأسفل
Drift speed, 509 سرعة الانزياح
Driving, around curve, 112–13 القيادة حول منحنى
Dry cell, 495 خلية جافة
Dry ice, 373 الجليد الجاف
Duality, wave-particle, 765–68, 781 الإزدواجية، موجة - جسيم
Dulong and Petit value, A-22
DVD player, 805, 806 جهاز DVD
Dye lasers, 805 ليزر الأصبغة
Dynamic lift, 272–73 الرفع الديناميكي
Dynamic rope, 105 pr الحبل الديناميكي
Dynamics, 19, 72 ff الديناميكا
rotational, 206 ff الدورانية
Dynamo (see Electric generator) المحرك (المولد الكهربائي)
Dyne (unit), 76 داين (وحدة)
Dynodes, 856–57, 744–47, الدينو
Ear, human, 328–29 الأذن البشرية
sensitivity of, 327, 328 حساسية
Density, 256 كثافة
and floating, 263, 266 الطفو
of universe, 940–41 عمق المجال
Depth of field, 699
Derived quantity, 10 كميات اشتقاقية (مشتقة)
Derived units, SI (see inside front cover) وحدات اشتقاقية
Destructive interference, 308–9, 310, 335–36, 668 تداخل هدام
Detectors, 627 كواشف
of particles and radiation, 856–58 للجسيمات والإشعاع
Detergents, 277 ملوثات
Determinism, 792–93 التحديد
Deuterium, 864, 868, 872, 873–74 دوتيريوم
Deuteron, 864 ديوترون
Dew point, 376 نقطة الندى
Diamagnetism, 574 fn الديامغناطيسية
Diamonds, 672 الأحجار الكريمة
Diastolic pressure, 279 الضغط الدياستوي
Dielectric constant, 482 ثابت العازلية
Dielectric strength, 482 متانة العازل
Dielectrics, 482–83 العوازل
molecular description of, 483 وصف جزيئي
Diffraction, 313–14, 665–66, 673–75, 711–18 حيود
by circular apertures, 711–13 بواسطة فتحات دائرية
of electrons, 767 للإلكترونات
of light, 665–66, 673–75 للضوء
as limit to resolution, 711–13 كحد للتحليل
of matter, 767 للمادة
by single slit, 673–75 لفتحة منفردة
of water waves, 313–14 لموجات الماء
X-ray, 717–18 للأشعة السينية
Diffraction equation, 674 معادلة الحيود
Diffraction grating, 676–78 محززة الحيود
Diffraction limit, for resolution, 715 حد الحيود، للتحليل
Diffraction pattern (defn), 673 نمط الحيود
of circular opening, 711–13 لفتحة دائرية
of electrons, 767 للإلكترونات
of single slit, 673–75 لشق منفرد
X-ray, 717–18 للأشعة السينية
Diffraction spot, 673, 712 بقعة الحيود
Diffuse reflection, 633 انعكاس غير منتظم
Diffusion, 376–78 الانتشار
Diffusion constant, 377 ثابت الانتشار
Diffusion equation, 377 معادلة الانتشار
Digital camera, 697 القمرة الرقمية
Digital circuits, 831 دارات رقمية
Digital information, 598 بيانات رقمية
Digital meter, 544–45 مقياس رقمي
Diodes, 828–30 الثنائقطبيات
Diopter, 648 ديوبتر
Dipole: ثنائقطبي
electric, 455, 479–80, 818 كهربائي
magnetic, 570 مغناطيسي
Dipole bonds, 818–19 روابط قطبية
Dipole moment, 479 عزم ثنائقطبي
Dipole-dipole bonds, 818 روابط قطبية - قطبية
Dipole-induced dipole bonds, 818 روابط قطبية تأثرية
Dirac, P.A. M., 795 ديراك
Direct current (dc) (defn), 506 (see also Electric current) تيار مباشر
Direct proportion, A-1 تناسب ثابت
Discharge tube, 754, 771 أنبوب تفريغ

Excited state: حالة مهيجة
of atom, 775 للذرة
of nucleon, 914 للنوية
of nucleus, 847 للنواة
Exclusion principle, 797–98, 813 مبدأ الاستبعاد
Exoergic reaction, 876 تفاعل طارد للطاقة
Exothermic reaction, 876 تفاعل طارد للحرارة
Expansion, binomial, A-6–A-7 (see also inside back cover) تمدد، ذوي حدين
Expansion joints, 354 وصلات التمدد
Expansion of universe, 942–46 تمدد الكون
Expansion (rarefaction), 303, 324 تمدد (تخلخل)
Expansion, thermal, 354, 357–60 تمدد حراري
Experimentation, 2 تجريب
Exponential curves, 535, 602, 849 منحنيات أسية
Exponential decay, 849 انحلال أسي
Exponential notation, A-3 تدليل أسي
Exponents and exponential notation, A-2–A-3 (see also inside back cover) الأسس
Eyeglass lenses, 701–4 عدسات النظارات
Eyepiece, 706, 707–9 عينية
f-stop, 698 وقفة f-
Fahrenheit temperature scale, 355–56 تدريج الحرارة الفهرنهايتي
Falling bodies, 31–35 الأجسام الساقطة
Fallout, radioactive, 871 انحلال، إشعاعي
Far point of eye, 702 النقطة البعيدة للعين
Farad (unit), 481 فاراد (وحدة)
Faraday, Michael, 450, 584 ميخائيل فرادي
Faraday’s law, 616 قانون فرادي
Farsighted eye, 702 عيني بعيدة النظر
Fermi, Enrico, 14, 766, 787, 797 fn, 846, 866, 868, 902 أنريكو فيرمي
Fermilab, 893 مختبر فيرمي
Fermions, 797 fn, 906 الفيرميونات
Ferris wheel, 111 عجلة الجلخ
Ferromagnetism, 555, 573–75 فيرومغناطيسية
Feynman diagram, 896 اشعال فاينمان
Feynman, Richard, 896 ريتشارد فاينمان
Fiber optics, 645–46 ضوء الألياف
Fick’s law of diffusion, 377 قانون فيك في الانتشار
Fictitious (inertial) force, A-17 قوة قصورية
Field, 450, 895 (see also Electric field; Gravitational field; Magnetic field) مجال
Figure skating, spins in, 214 شكل التزلج
Film badge, 878 شارة (شعار) فيلم
Film speed, 698 fn سرعة الفيلم
Filter (electrical), 605 مرشح (كهربائي)Fine structure, 786, 795 تركيب دقيق
First harmonic, 311 التوافقي الأول
First law of thermodynamics, 408–15 القانون الأول في الديناميكا الحرارية
human metabolism and, 414–15 العمليات الغذائية في الإنسان
in isobaric and isovolumetric processes, 413 في عمليات تساوي الضغط وتساوي الحجم
First overtone, 332 الجواب الأول
Fission, 866–71 انشطار
Fission bomb, 871 القنبلة الانشطارية
Fission fragments, 866 أجزاء انشطارية
Flashlight bulb, 495 مصباح وميضي
Flavor (of elementary particles), 906 منكه (الجسيمات الأولية)
Flexor muscles, 234 عضلات قابضة
Floating objects, and density, 263, 266 الأجسام الطافية والكثافة
vibrational, 289–91, 823 اهتزازي
of waves, 305–6 للموجات
zero-point, 823 نقطة الصفر
Energy bands, 825–26 حزم الطاقة
Energy “buckets,” 290 قواديس من الطاقة
Energy conservation, law of, 149–55, 848, 910 حفظ الطاقة
Energy density, 485, 602, 623 كثافة الطاقة
in electric field, 485 في المجال الكهربائي
in EM wave, 623 في موجة EM
in magnetic field, 602 في مجال مغناطيسي
Energy gap, 825 فجوة طاقية
Energy levels: مستويات الطاقة
atomic, 775–76, 794 ff ذرية
for fluorescence, 803 للفلورة
for lasers, 803–5
in molecules, 821–23 في الجزيئات
nuclear, 847 في النواة
in solids, 825–26 في الأجسام الصلبة
Energy production and resources, 430–31 مصادر إنتاج الطاقة
Energy states: حالات الطاقة
in atoms, 775–76, 794–96 في الذرات
in molecules, 821–23 في الجزيئات
in nuclei, 847 في النواة
Energy transfer, heat as, 385–86 نقل الطاقة، كحرارة
Engine, heat, 416–21, 430 محرك حراري
Enriched uranium, 880 يورانيوم مخصب
Entropy, 408, 424–25 أنتروبيا
in life processes, 427 في العمليات الحيوية
second law of thermodynamics and, 424–25 القانون الثاني ديناميكا حرارية
statistics and, 428–29 إحصاء
Environmental pollution, 430 تلوث بيئي
Enzymes, 817 أنزيمات
Equally tempered chromatic scale, 329 سلم معدل بالتساوي
Equation of continuity, 268–69 معادلة الاستمرارية
Equation of state, 361 معادلة الحالة
for an ideal gas, 364 لغاز مثالي
Equilibrium, 226–55, (defn, 227) اتزان
conditions for, 227–29 شروط
stable, unstable, neutral, 236 مستقر، غير مستقر، متفاعل
thermal, 357 حراري
Equilibrium position (vibrational motion), 287 (موضع الاتزان (حركة اهتزازية)
Equilibrium state (defn), 361 حالة اتزان
Equipartition of energy, A-21–A-22 طاقة التجزئة
Equipotential lines, 474–75 خطوط تساوي الجهد
Equipotential surfaces, 474–75 سطوع تساوي الجهد
Equivalence principle, 938, 939 مبدأ التعادل
Erg (unit), 137, 143 ارج (وحدة)
Escherichia coli, 769 لا
Estimated uncertainty, 5 fn, 6 تحديد تقريبي
Estimating, 12–14 تقريب
Esu (unit), 445 fn وحدة Esu
Ether, إيثر 730
Euclidean space, 940 فراغ إقليدي
Evaporation, 373–74, 395 تبخر
Event, (defn, 731) حادث
Event horizon, 941 أفق الحادث
Everest, Mt., 121 افرست
Evolution: تطور
biological, 427 حيوي
stellar, 930–36 نجمي
Exchange particles (carriers of force), 908 جسيمات التبديل
production of, 934 انتاج
transmutation of, 842, 875–78 تحويل
Elevator and counterweight, 88 المصعد والقوة الموازنة
Ellipse, 125 اهليجي
e/m for electron, 755 e/m للإلكترون
EM waves (see موجات كهرومغناطيسية
Electromagnetic (EM) waves, قوة دافعة كهربائية
Emf, 520–22, (defn, 520)
back, 593–94 عكسية
counter, 593–94 عداد
of generator, 592–95 مولد
induced, 584 ff تأثيري
induced in moving conductor, 590–91 تأثيري في موصل متحرك
motional, 590 حركي
in series and in parallel, 532–34 على التوالي والتوازي
source of, 520–21 مصدر
Emission spectrum, 771 طيف انبعاث
Emission tomography, 893–94 تصوير طيفي انبعاثي
Emissivity, 399–400 الانبعاثية
Emitter (transistor), 830–31 الباعث (ترانزستور)
Emulsion detector, 857 كاشف غروي
Endoergic reaction (defn), 876 تفاعل ماص للطاقة
Endoscope, 646 كاشف داخلي
Endothermic reaction, 876 تفاعل ماص للحرارة
Energy, 136, 141–60, 744–47 طاقة
activation, 371, 816 تحفيز
binding, 775, 813, 816–17, 838–41 ربط
bond, 813, 817 رابطة
conservation, 149–55, 389, 409, 529 حفظ
degradation, 427 انحطاط الطاقة
disintegration, 843 انحلال
distinguished from heat and temperature, 386 تميز عن طريق الحرارة ودرجة الحرارة
electric (see Electric energy) كهربائي
in EM waves, 623–24 موجات EM
equipartition of, A-21–A-22 تجزئة بالتساوي
and first law of thermodynamics, 408–15 والقانون الأول الديناميكا الحرارية
geothermal, 431 حراري جيولوجيا
internal, 386–87, 408–15 داخلي
ionization, 775, 778 تأين
kinetic, 141–44, 210–13, 744–47 حركي
mass and, 744–47 الكتلة و
mechanical, 149–55 ميكانيكي
molecular rotational and vibrational, 387, 822–23 دوراني واهتزازي جزيئي
nuclear, 431, 875–96 نووي
of photon, 762–63 فوتون
potential, 144 ff, 470–71 وضع
quantization of, 756, 758, 795 تكمية
reaction, 876 تفاعل
related to work, 141 ff مرتبط بالشغل
relativistic, 744–47 نسبي
rest, 744 سكون
rotational, 210–13, 822–23 دوراني
in simple harmonic motion, 289–91 حركة توافقية بسيطة
solar, 431 شمسي
stored in electric field, 484–85 مخزن في المجال الكهربائي
stored in magnetic field, 602 مخزن في المجال المغناطيسي
thermal, 156, 386 حراري
threshold, 877, 900 pr العتبة
total mechanical energy (defn), 149 طاقة ميكانيكية كلية
transformation of, 155–56, 744–47 تحويل
unavailability of, 426–27 عدم التواجد
and uncertainty principle, 789–92 مبدأ اللاتحديد
units of, 143 وحدات
Electrocardiogram (ECG, EKG), 487 مخطط القلب الكهربائي
Electrode, 494 قطب كهربائي
Electrolyte, 494 الكتروليتي
Electromagnet, 567 كهرمغناطيسي
Electromagnetic blood-flow measurement, 590 قياس جريان الدم بطريقة كهرمغناطيسية
Electromagnetic (EM) waves, موجات كهرومغناطيسية
615–28, 664 ff, 726–27, 729, 730
Doppler effect for, 341 أثر (ظاهرة) دوبلر في نقل الزخم وضغط الإشعاع
momentum transfer and radiation pressure, 625–26
Electromagnetic force, 907–22 القوة الكهرومغناطيسية
Electromagnetic induction, 584 ff التأثير الكهرومغناطيسي
Electromagnetic oscillations, 608 اهتزاز كهرومغناطيسي
Electromagnetic pumping, 576 pr الضخ الكهرومغناطيسي
Electromagnetic spectrum, 619–22 الطيف الكهرومغناطيسي
Electromagnetism, 584–631 الكهرومغناطيسية
Electrometer, 443 مقياس كهربائي
Electromotive force (see Emf) قوة دافعة كهربائية
Electron, 754–56, 766–68 إلكترون
charge on, 445, 754–56 شحنة الإلكترون
discovery of, 754–56 اكتشاف
in double slit experiment, 787–89 of, 755 في تجربة الشحنة المزدوجة
free, 442 حر
lepton number of, 911 عدد ليتون
mass of, 756 كتلة
in pair production, 764–65 في الإنتاج المزدوج
as ‰ particle, 845–47 كجسيم
wave nature, 766–68, 780–81, 789 طبيعة الموجة
”what is an,” 768 ما هي
Electron band theory, 825–26 الإلكترون ونظرية الحزمة
Electron capture, 847 قنص الالكترون
Electron cloud, 794, 796, 813 غيمة الالكترون
Electron configuration, 798–99 شكل الالكترون
Electron degeneracy, 934 تكاثرية الالكترون
Electron microscopes, 754, 768–69 المجهر الالكتروني
Electron spin, 574, 795 العزل الالكتروني
Electron volt (unit), 476, 746, 838 الكترون فولت (وحدة)
Electronic devices, 485–86, الأدوات الالكترونية
541–45, 626–28, 827–31
Electroscope, 442–43 الكشاف الكهربائي
Electrostatic unit (esu), 445 fn وحدة كهروسكونية
Electrostatics, 439–87 الكهروسكونيات
in photocopy machines and computer printers, 462–63 في الآت التصوير
Electroweak theory, 128, 918–20 نظرية الضعف الكهربائي
Elementary charge (defn), 445 الشحنة الأولية
Elementary particle physics, 901–22 فيزياء الجسيمات الأولية
Elementary particles, 901–22 الجسيمات الأولية
Elements (defn), 353 fn العناصر
of lens, 711 العدسة
periodic table of, 798–800 الجدول الدوري للعناصر
(see also inside back cover)

Gluons, 890, 897, 906–7

Gophers, air supply, 274

GPS, 17 pr, 134 pr, 739
Gradient: تدرج
concentration, 377 التركيز
temperature, 396 درجة الحرارة
velocity, 27 السرعة
Glashow, S., 919 جلاشو
Glasses, eye, 701–4 نظارات، نظر
Global positioning system (GPS), 739 نظام تحديد المواقع العالمي
Global warming, 430 الاحتباس الحراري
Glueballs, 918 fn كرات لصق
Gluino, 922 جليون
Gluons, 902, 909, 918–19 جليونات
Gophers, air supply, 274 فهود، سناجب الأرض، مخزون الهواء
Gradient: تدرج
concentration, 377 تركيز
temperature, 396 درجة الحرارة
velocity, 274 سرعة غاليلية تحويلات
Gram (unit), 9, 76 غرام (وحدة)
Grand unified era, 949 الحقبة الموحدة العظمى
Grand unified theory, 128, 920–21 النظرية الموحدة العظمى
Graphical analysis: تحليل تخطيطي للحركة الخطية
of linear motion, 36–37
for work, 141 للعمل
Grating, diffraction, 676–78 محززة، حيود
Gravitation, universal law of, 117–20, 445, 938 قانون الجذب الكوني
Gravitational collapse, 941 انهيار جذبي
Gravitational constant, 119 ثابت الجذب
Gravitational field, 456, 938–41 مجال الجاذبية
Gravitational force, 80–83, 117–28, 909, 938–41 قوة الجذب
Gravitational mass, 938–39 كتلة الجذب
Gravitational potential energy, 144–45 طاقة الجاذبية الكامنة
Gravitational slingshot effect, 193 pr أثر المقلاع الجاذبي
Graviton, 909, 922 جرافيتون
Gravity, 32–34, 80–83, 117–28, 938–41 الجاذبية
acceleration of, 32–34, 118, 121 تسارع
center of, 183–84, 229 مركز
and curvature of space, 938–41 وتقعر الفضاء) (الفراغ
effect on light, 939, 941 أثر الضوء
on Moon, 109 على القمر
specific, 256 نوعي
Gravity anomalies, 122 الانحراف الجاذبي
Gravity waves, 954 أمواج جاذبية
Gray (unit), 889 رمادي
Greek alphabet (see inside front cover) الأحرف الأبجدية اليونانية (أنظر داخل الغلاف الأمامي
Grid (electrode), 486 شبكة (قطب) Grimaldi, Francesco, 666, 670 جريالدي، فرانسيسكو
Ground fault, 599 المعيب الأرضي
Ground fault circuit interrupter (GFCI), 599 قاطع الدارة الكهربائية المعيبة
Ground state of atom (defn), 775 الحالة الأرضية للذرة
Grounds and grounding, electrical, 497, 539–41 التأريض والتأريث الكهربائي
Groves, Leslie, 883 جروفز، ليزكي
Guanine, 460–61, 818 جوانين
Gun recoil, 172 ارتداد المدفع
GUT, 920–22

h-bar (h), 791 h- بار (h)

Galilean transformation, A-23–A-26 تحويلات غاليلو
Galilean velocity transformations, A-2, A-24–A-25 سرعة غاليلية تحويلات
Galilean-Newtonian relativity, 727–30, A-23–A-24 نسبية غاليلو - نيوتن
Galileo, 2, 19, 31–32, 54–55, 73–74, 297, 354, 622, 633, 706 fn, 708, 727, 728, 742, 915 غاليليو
Galvani, Luigi, 4, 494 لويغي غلفاني
Galvanometer, 541–44, 571 الجلفانوميتر
Gamma camera, 881 قمرة جاما
Gamma decay, 842, 847–48 انحلال جاما
Gamma rays, 620, 842, 847–48 أشعة جاما
Gamow, George, 726, 934 جورج جامو
Gas constant, 364 ثابت الغاز
Gas lasers, 805 الليزرات الغاندية
Gas laws, 361–67 قوانين الغازات
Gas tank overflow, 359 جريان خزان الغاز
Gases, 255, 353–54, 361–73, 410–14 الغازات
change of phase, 371–73, 391–92 تغير الطور
definition, 255, 353, 372 تعريف
ideal, 363–67 مثالي
light emitted by, 771–73 الضوء المنبعث
molar specific heats for, A-20–A-21 الحرارة النوعية المولية
real, 371–73 حقيقي
work done by, 410–14 الشغل المبذول
Gauge bosons, 901, 905, 907 البوزونات
Gauge pressure, 259 الضغط المقاس
Gauge theory, 907 نظرية القياس
Gauges, pressure, 260–62

Gauss, Karl Friedrich, 457 كارل فريدريك غاوس
Gauss' Law, 457–59, 616 قانون غاوس
Gauss (unit), 559 غاوس (وحدة) Gay-Lussac, Joseph, 363 جوزيف - جايلوساك
Gay-Lussac's law, 363 قانون جايلوساك
Geiger counter, 856–57 عداد جايغر
Gell-Mann, M., 904
General theory of relativity, 914, 926–29 نظرية النسبية العامة
Generator, electric, 430, 473, 520, 584, 592–93 المولد الكهربائي
Genetic code, 820 الشيفرة الوراثية
Genetic damage, 876, 878 دمار وراثي
Geodesic, 928 مساحة تطبيقية
Geological time scale dating, 854–55 تأريخ جيولوجي
Geometric optics, 632–56, (defn, 632) ضوء هندسي
Geometry, plane, A-7–A-8 (see also inside back cover) هندسية
Geometry (review), A-7–A-8 هندسة
Geophysical applications, 122 تطبيقات جيوفيزيائية
Geosynchronous satellite, 123 قمر صناعي جيولوجي
Geothermal energy, 431 طاقة حرارية جيولوجية
Germanium, 826, 827 جيرمانيوم
Germer, L. H., 767 جيرمر
GeV (see Electron volt (unit)) جيجا إلكترون فولت (وحدة)
Glaser,D. A., 857 جلاسر
Glashow, S., 907 جلاشو
Glasses, eye, 701–4 نظارات() زجاجات العين
Global positioning system (GPS), 17 pr, 134 pr, 739 نظام تحديد المكان الكوني
Global warming, 430 التسخين الكوني
Glueballs, 906 fn
Gluino, 910

van der Waals, 817–21 فان دير والز
weak, 128, 841 ff, 846, 897 ff ضعيف
work done by, 137 ff الشغل الناتج عن
Force diagram, 84 ff, 228 مخطط القوة
Force pump, 278 مضخة
Forced convection, 397 الحمل القسري
Forced vibrations, 299 الاهتزاز القسري
Formulas, mathematical (see inside back cover) صيغ رياضية
Forward biased diode, 828 ثنائي القطب منحاز للأمام
Fossil-fuel power plants, 430, 431, 592 محطات وقود أحفورية
Foucault, Jean, 666–67 فوكولت، جين
Four-dimensional space-time, 742, 928 حيز رباعي الأبعاد - الزمن
Fourier analysis, 334 تحليل فورير
Four-stroke-cycle engine, 417 محرك الأشواط الأربعة
Fovea, 701 نقرة
Fractions (see inside back cover) أجزاء
Fracture, 237, 241–43 تقصف
Frame of reference (see Reference frames) اطار مرجعي
Franklin, Benjamin, 440 بنيامين فرانكلين
Franklin, Rosalind, 718 روزاليند فرانكلين
Free fall, 124 سقوط حر
Free space, permittivity of, 445 سماحية الفراغ
Free-body diagram, 84 ff, 228 مخطط الجسم الحر
Freedom, degrees of, A-22 درجات الحرية
Freezing point (defn), 355 fn, 373 نقطة التجمد
table of, 392
Frequency, 108, 200, 288, 292–93 of تردد
audible sound, 323 للصوت المسموع
beat, 337 ضربات
carrier, 626 حامل
of circular motion, 108 حركة دائرية
cyclotron, 892 سيكلوترون
fundamental, 310, 311, 330–34 أساسي
infrasonic, 324 تحت صوتي
of light, 620 للضوء
natural, 299, 310 طبيعي
resonant, 299, 310, 329, 608 رنيني
of rotation, 200 للدوران
ultrasonic, 343 فوق صوتي
of vibration, 286 للاهتزاز
of wave, 302, 305, 306–7 كموجة
Frequency modulation (FM), 627 تضمني التردد
Fresnel,Augustin, 673 أوغستين، فرنل
Friction, 73–74, 90–95, 112–14 احتكاك
coefficients of, 90, 91 معامل
kinetic, 90 ff حركي
in rolling, 90, 211–12 في التدحرج
static, 90, 91–92, 211–12
Fringes, interference (defn), 668 هُدب التاخل
Frisch, Otto, 866 أوتو، فرش
Full-wave rectifier, 829 مقوم موجة كاملة
Fundamental constants (see inside front cover) ثوابت أساسية
Fundamental frequency, 310, 311, 330–34 تردد أساسي
Fuse, 505–6 منصهر
Fusion bomb, 874 قنبلة اندماجية
Fusion, heat of, 392 حرارة الاندماج
Fusion, nuclear, 871–75 اندماج نووي
in stars, 872, 873, 921, 938 في النجوم
Fusion reactor, 874–75 معامل اندماجي
Galaxies, 915–18, 940 مجرات
clusters, 917–18 تجمعات
mass of, 916 كتلة
Galilean telescope, 708 منظار غاليلو

Florence cathedral, 245 كاتدرائية فلورنسا
Flow of fluids, 268–74 جريان الموائع
laminar (defn), 268 انسيابي
streamline (defn), 268 خط الجدول
in tubes, 275–76 في أنابيب
turbulent, 268 اضطرابي
Flow rate, 268–69, 275 معدل الجريان
Fluids, 255–85 (see also Gases) موائع
longitudinal wave speed in, 304 سرعة الموجة الطولية
Fluorescence, 802–3 فلورة
Fluorescent light bulbs, 803 مصابيح فلورية
Flux: تدفق
electric, 617 كهربائي
magnetic, 586, 591 مغناطيسي
Flying buttress, 244 دعامة (كتف) طائرة
FM radio, 627 FM راديو
Focal length, 636, 641, 648, 650–51, 656 البعد البؤري
Focal plane, 648 المستوى البؤري
Focal point, 636, 641, 647 النقطة البؤرية
Focus, 636 البؤرة
Focusing, of camera, 698–99 تبئير الكاميرا
Football, 58, 61, 66 pr, 67 pr كرة قدم
Foot-pound (unit), 137, 143 Esu وحدة
Forbidden energy gap, 825 فجوة الطاقة الممنوعة
Forbidden transition, 797,803 fn انتقال ممنوع (محظور)
Force, 72–105, (defn, 73, 76),128 (see also Electric force; Gravitational force) قوة (قوة جاذبية)
buoyant, 263–67 قوة طفو
centrifugal, 110 طرد مركزي
centripetal, 109 مركزية
color, 906–8 لون
conservative, 148 ff محافظة
contact, 81, 128, 450 تماس
Coriolis, A-18–A-19 كوريوليس
Coulomb (defn), 447 (see also Electric force) كولومب
dissipative, 156–58 مضيعة
elastic, 147, 237–41 مرنة
electric, 439 ff كهربائية
electromagnetic, 128, 895 ff كهرومغناطيسية
in equilibrium, 226–55 في اتزان
exerted by inanimate objects, 79 ناتجة عن أجسام جامدة
fictitious, A-17–A-18 of افتراضي
friction, 90–95, 112–14 احتكاك
of gravity, 80–83, 117–28, 897, 926–29 جاذبية
inertial, A-17 قصوري
long-range, 841 بعيد المدى
in magnetic fields on charges and currents, 558–63 في المجالات المغناطيسية على الشحنات والتيارات
measurement of, 73 قياس
in muscles and joints, 234–35 في العضلات والمفاصل
net (defn), 76, 84 صافي
in Newton's laws, 75 ff في قانون نيوتن
nonconservative, 148 غير محفوظ
normal, 81 ff عادي
nuclear, 838–41, 855, 895 ff نووي
per unit mass, 456 لكل وحدة كتلة
pseudoforce, A-17 قوة كاذبة
relation of momentum to, 168–69 علاقة الزخم
relationship to acceleration, 75–77 مع التسارع
restoring, 287 حفظ الطاقة
short-range, 841 قصير المدى
strong nuclear, 128, 840 ff, 895 ff, 897 نووية قوية
types of in nature, 128, 897 الأنواع في الطبيعة
units of, 76 وحدات

Hadron, 914, 916–17, 949
هادرون
Hadron era, 949 حقبة الهادرون
Hahn, Otto, 878 هان أوتو
Hair dryer, 508 مجفف الشعر
Half-life, 848 ff نصف العمر
Half-wave rectification, 829
مقوم نصف موجة
Halley’s comet, 133 pr شهاب هالي
Halogens, 799 هالوجين
Hammer: مدقة
action-reaction pair in striking, 78 الفعل ورد الفعل في التصادم
work done by, 143 شغل مبذول بوساطة
Hard drive and bit speed, 200
القرص الصلب وسرعة المعلومة
Harmonic motion: حركة توافقية
damped, 298 خامدة
forced, 299 مرغمة
simple, 287–97 بسيطة
Harmonics, 310, 311, 330 fn, 332–33
التوافقات
Hazards of electricity, 538–41
الأخطار الكهربائية
Head, magnetic, 598 رأس مغناطيس
Hearing السمع
in humans, 325, 328–29 عند البشر
threshold of, 329 العتبة
Heart, defibrillator for, 538 fn
قلب، موقف الضربات
Heart, human, 278–79 قلب، بشري
and blood flow, 269, 275–76 وانسياب الدم
ECG, 487
pacemakers, 538 منظم ضربات القلب
as pump, 278–79 مضخة
Heartbeats, number of, 13
ضربات القلب، عدد
Heat, 384–407, (defn, 385)
حرارة
compared to work, 408 مقارنة بالشغل
conduction, convection, radiation, 395–402
إيصال، حمل، إشعاع
distinguished from internal energy and temperature, 386 مميزة عن الطاقة الداخلة ودرجة الحرارة
in first law of thermodynamics, 408 ff في القانون الأول في الديناميكا
as flow of energy, 385–86 انسياب للطاقة
and human metabolism, 414–15 الأيض البشري
latent, 391–95 كامن
loss through windows, 396
فقد خلال النوافذ
lost by body, 399, 400 الفقد من الجسم
mechanical equivalent of, 385
المكافئ الميكانيكي
specific, 387–88 نوعي
Heat capacity, 405 pr (see also Specific heat)
السعة الحرارية أنظر أيضًا (بوسعة الحرارية
Heat death, 426–27 الموت الحراري
Heat engines, 416–21, 430
الآلة الحرارية (كفاءة)
efficiency of, 418
temperature difference and, 417 فرق درجة الحرارة
and thermal pollution, 430
التلوث الحراري
Heat of fusion, 392 حرارة الانصهار
Heat of vaporization, 392
حرارة التبخر
Heat pump, 423 مضخة حرارية
Heat reservoir (defn), 410
خزان حراري
Heat transfer, 395–402 انتقال الحرارة
Heating, convection, house, 398
تسخين، حمل، بيت
Heating duct, 269 مجرى حراري
Heavy elements, 934 العناصر الثقيلة
Heavy water, 880 الماء الثقيل
Heisenberg uncertainty principle, 789–92
مبدأ (هايزنبرج) عدم اليقين
Heisenberg,Werner, 787, 790
هايزنبيرغ ويرنر
Helium nuclei, 950 نواة هيليوم
Helium-neon laser, 805 ليزر هيليوم نيون
Henry, Joseph, 584, 600 هنري جوزيف
Henry (unit), 600 هنري (وحدة)
Hertz, Heinrich, 619–20
هيرتز، هاينزنتش
Hertz (unit), 200, 288 هيرتز (وحدة)Hertzsprung-Russell diagram, 932 ff مخطط هايرتزبرنج - روسيل
Higgs boson, 920 هيجز بوزون
Higgs field, 920 مجال هيجز
High jump, 185 قفز عالي
High-energy physics, 901–22
فيزياء الطاقة العالية
High-temperature superconductors, 510
الموصلات المثالية عالية درجة الحرارة
Highway buckling, 361 ربط حزام الأمان على الطرق السريعة
Highway mirages, 667 السراب
Hiking trail, convection, 398–99
مسار الرحلات السيارة، الحمل
Holes (in semiconductor), 826, 827
ثقوب (في شبه الموصل)
Hologram and holography, 806–7 الصورة التجسيمية والتصوير التجسيمي
Hooke, Robert, 237, 680 fn هوك، روبرت
Hooke’s law, 147, 237, 287 ff قانون هوك
Horsepower (unit), 158
القوة الحسانية (وحدة)
Hot wires, 540 أسلاك كهربية
H-R diagram, 932 ff مخطط H- R
Hubble age, 945 عمر هبل
Hubble, Edwin, 929, 942 هبل، أدويسن
Hubble space telescope, 134 pr,713, 935
تيلسكوب هبل الفضائي
Hubble’s constant, 943 ثابت هبل
Hubble’s law, 942–54 and ff
قانون هبل
Human body: الجسم البشري
balance and, 236 الاتزان في
center of mass for, 184–85 مركز الكتلة لـ
energy, metabolism of, 414–15 طاقة، أيض
radiative heat loss of, 400
الطاقة الضائعة المشعة لـ
temperature, 356, 395 درجة الحرارة
Human ear, 325, 328–29 أذن البشرية
Humidity, 375–76 رطوبة
partial pressure and, 375–76
الضغط الجزئي
relative, 375–76 نسبة إلى
Huygens, Christiaan, 665
هايجين كريستان
Huygens’ principle, 665–66 مبدأ هايجني
Hydraulic brakes, 260 مكابح هيدروليكية
Hydraulic lift, 260 مصعد هايدروكيلي
Hydrodynamics, 268 ff الديناميكا المائية
Hydroelectric power, 431
القدرة المائية
Hydrogen atom: ذرة الهيدروجين
Bohr theory of, 773–79
نظرية بور لـ
ground state and excited state of, 775
الحالة الأرضية والمثارة لـ
mass of, 367 كتلة
quantum mechanics, 794–97 الميكانيكا الكمية
spectrum of, 771–73
Hydrogen bomb, 886
القنبلة الهيدروجينية
Hydrogen bond, 818–20
الرابطة الهيدروجينية
Hydrogen molecule, 813–16, 823
جزيئ هيدروجيني
Hydrometer, 266–67 عداد قياس مائي
Hyperopia, 702 طول البصر
Hysteresis, 573–75 التخلفية
Hysteresis loop, 575 دارة تخلفية
Ice, 360–61, 373, 393, 422 ثلج
Ice skating, action-reaction pair in, 78
تزلج على الجليد، زوج الفعل ورد الفعل في
Ideal gas, 368 الغاز المثالي
internal energy of, 368, 386–87
الطاقة الداخلية لـ
Ideal gas law, 363–67 قانون الغاز المثالي
Identities, trigonometric, A-7 (see also inside back cover) متوافقات، علم المثلثات (أنظر أيضًا داخل الغلاف الخلفي
Image distance, 634, 638 بعد الصورة
Image formation, 637 تشكل الصورة
Images, 634 تصوير
CAT scan, 719 مسح طبقي
fiber optic, 645–46 ليف ضوئي
formed by lens, 647–50
تشكلت بوساطة عدسة
formed by plane mirror, 633–35 تشكلت بوساطة مرآة مسطحة
formed by spherical mirror, 635–42 تشكلت بوساطة مرآة دائرية
NMR, 894–96
PET and SPET, 893–94
picture sharpness, 700 دقة الصورة
real (defn), 634, 637, 649 حقيقي
tomographic, 719 طبقي
virtual (defn), 634, 640, 650
(تعريف) تخايلي
X-ray, 718–19 أشعة إكس
Imaging: تصوير
medical, 718–20, 892–93 طبي
thermography, 402 ثيرموجرافي
ultrasound, 343–45 فوق ضوئي
Impedance, 606–7 مقاومة
Impulse, 173–75 نبضة
Incidence, angle of, 308, 312, 633, 643 زاوية السقوط
Incident wave, 308 الموجة الساقطة
Inclines, motion on, 94–95, 211–12
سطوح مائلة، الحركة على
Incoherent sources of light, 671
Indeterminancy principle (see Uncertainty principle)
مبدأ اللا تحديد(أنظر مبدأ عدم اليقين)
Index of refraction, 642, 672
معامل الانكسار
Induced charge, 584–85
شحنة محاثة
Induced electric charge, 442–43
شحنة كهربائية محاثة
Induced emf, 584 ff
قوة محركة كهربائية محاثة
in generator, 592–95 في المولد
in transformer, 595–97 في المحول
Inductance, 600–601 محاث
in ac circuits, 603–4
mutual, 600 متبادل
self, 600–601 نفس
solenoid, 601 سولينويد
Induction: الحث
electromagnetic, 584 ff
الكهرباء المغناطيسية
Faraday’s law of, 586 ff
قانون فارادي
pulse, 595
Induction stove, 588
فرن حثي
Inductive reactance, 604
مقاومة محاثية
Inductor, 600 ff محاث
Inelastic collisions, 175–76, 178–79
تصادمات غير مرنة
Inertia, 74 القصور
law of, 74 قانون
moment of, 206 and ff, (defn, 207) عزم لـ (تعريف)
rotational, 206–8 دوراني
Inertial confinement, 887
Inertial forces, A-17
قوى قصورية
Inertial mass, 938–39
الكتلة القصورية
Inertial reference frame, 74, 727, A-16–A-17 إطار مرجعي قصوري
Instantaneous angular accelera tion, 197 تسارع زاوي لحظي
Instantaneous angular velocity, 196
سرعة زاوية لحظية
Instruments electrical, 541–45
آلات كهربائية
musical, 329–35 موسيقية
Insulation, thermal, 396–97
عزل، حراري
Insulators: عوازل
electrical, 441–42, 825 كهربائية
thermal, 396 حرارية
Integrated circuits, 830–31
دارات تكاملية
Intensity: شدة:
of EM waves, 624
الأمواج الكهرومغناطيسية
of general waves, 305, 306–7
للأمواج العامل
of light, 671 للضوء
of sound, 325–27 للصوت
Intensity level, 325, 328–29
مستوى الشدة
Interference, 308–9, 335–36, 668 ff
التداخل
constructive, 308–9, 335–36, 668 بناء
destructive, 308–9, 310, 335–36, 668 هدامة
of electrons, 788–89 of light waves, للإلكترونات للأمواج الضوئية 668 ff
of sound waves, 335–37
للأمواج الصوتية
thin film, 679–83 أغشية رقيقة
in time, 336–37 خلال الزمن
of water waves, 309 للأمواج المائية
of waves on a string, 308
للأمواج على الوتر
Interference fringes, 668 ff
أهداب متداخلة
Interference microscope, 716
مايكرسكوب تداخل
Interferometer, 684 جهاز التداخل
Internal combustion engine, 416–17
آلة احتراق داخلي
Internal conversion, 847–48
التحويل الداخلي
Internal energy, 386–87, 408–15
الطاقة الداخلية
Internal reflection, 645–46
الانعكاس الداخلي
Internal resistance, 521 المقاومة الداخلية
Interneuron, 511 النيورون الداخلي
Intervertebral disc, 235 لوح بين الفقرات
Intrinsic semiconductor, 826, 827 شبه موصل ذاتي
Inverse proportion, A-1 تناسب عكسي
Inverted population, 803
Ion (defn), 441 أيون (تعريف)
in axons, 511 أكسون
Ionic bonds, 814, 815, 817, 824
الرابطة الأيونية
Ionization energy, 775, 778 طاقة التأين
Ionizing radiation (defn), 876
الإشعاع الأيوني
IR radiation, 399, 620, 671
إشعاع تحت أحمر
Iris, 701 حرقة العين
Irreversible process (defn), 419
عملية غير مقلوبة
Isobaric process, 411
عملية أحادية الضغط (عند ضغط ثابت)
Isochoric (isovolumetric) process, 411
عملية أحادية الحجم (عند حجم ثابت)
Isomer, 847–48 أسومر
Isotherm, 410 خط أحادي درجة الحرارة
Isothermal process, 410, 412
عملية عند درجة حرارة ثابتة

Isotopes, 573, 836, A-12–A-15
نظائر
mean life of, 850
متوسط العمر
in medicine, 880–81
في الطب
Iterative technique, 720
تقنية مكررة
Jeweler’s loupe, 705
عدسة المجوهراتي
Joints:
مفاصل
expansion, 354
التمدد
human, forces in, 234–35
البشري، القوة داخل
Joule, James Prescott, 385
بريسكوت جيمس، جول
Joule (unit), 137, 143, 204 fn, 385
جول (وحدة)
Jumping, impulse on landing after, 174–75
القفز، النبض عند الانزال بعد
Junction diode, 828–29
Junction rule (see Kirchhoff’s rules)
Junction transistor, قاعدة ملتقى (أنظر قاعدتي كيرشوف)
تقى ترانزستوري 830
Jupiter, 133
المشتري
K lines, 800
خطوط K
K 2, cover, 10, 11
غلاف K2
Kant, Immanuel, 917
Kaon, 901
كوان
K-capture, 847
اصطياد K
Kelvin temperature scale, 355, 362–63
تدريج درجة الحرارة بالكلفن
Kelvin (unit), 362
كلفن (وحدة)
Kelvin-Planck statement of
صيغة كيلفن بلانك
second law of
القانون الثاني
thermodynamics, 421
الديناميكا الحرارية
Kepler, Johannes, 125
برهان كبلر
Keplerian telescopes, 706
تيليسكوبات كبلرية
Kepler’s laws, 125–28
قوانين كبلر
Kicked football, 58, 61, 66 pr, 67 pr
كرة مقذوفة
Kilocalorie (unit), 385
كيلو سعر (وحدة)
Kilogram (unit), 9, 75
(كيلو جرام (وحدة
Kilowatt-hour (unit), 164, 504
كيلو وات ساعة (وحدة)
Kinematic equations, 27, 56, 201
معادلات الحركة
Kinematics:
علم الحركة
for rotational motion, 201–3
الحركة الدورانية
translational motion, 19–71
الحركة الانتقالية
for uniform circular motion, 106–9
حركة الدورانية المنتظمة
Kinetic energy, 141–44, 210–13, 744–47
النظرية الحركية
in collisions, 175–79
في التصادمات
definition, 142
تعريف
molecular, 370
جزيئي
relativistic, 744–47
نسبوي
rotational, 210–13
دوراني
translational, 142 ff
انتقالي
Kinetic friction, 90 ff
الاحتكاك الحركي
Kinetic theory, 352, 367–71, 395
نظرية الحركية، مسلمات
postulates of, 368
Kirchhoff,G. R, 528
كيرشوف
Kirchhoff’s rules, 528–31
قاعدتا كيرشوف
Lake, volume of, 12–13
بحيرة، حجم
Laminar flow (defn), 268
انسياب صفائحي (تعريف)
Laminated armatures, 594
دروع صفائحية
Laminated iron cores, 595
لب حديدي صفائحي
Land, Edwin, 685
ادوين - لاند
Landing, impulse on, 174–75
نبضة على
Lanthanides, 800
اللانثانات
Laser printer, 463
طابعة ليزرية
Lasers, 803–6
ليزرات
Latent heats, 391–95
الحرارات الكامنة
Lattice, 824
شبكة
Laue, Max von, 717
ماكس فون، لاوي
Lawrence, E.O., 891
لورنس
Laws, 4–5 (see also specific name of law)
قوانين (أنظر أيضًا اسم القانون تحديدًا)
LC circuit, 608, 627
دارة مواسع - محاث
LC oscillations, 608
اهتزازات مواسع محاث
LCD screen, 688–89
شاشة بلورية سائلة
Leakage current, 541
تيارات
Leg, break, 174
رجل، كسر
Length
طول
proper, 740
مناسب
standard of, 8
نموذجي، مثالي
Length contraction, 740–41
امتداد التقلص
Lens:
عدسة:
achromatic, 711
لا لوني
camera, 697
آلة تصوير
coating of, 682
طلاء
color-corrected, 711
معدلة لونيًا
compound, 711
مركب
contact, 702, 703–4
متصل
converging, 647, 648, 653
مجمعة، لامة
corrective, 701–4
تصحيحي
cylindrical, 702
أسطواني
diverging, 647, 648, 650, 653
مشتتة
of eye, 701
للعين
eyeglass, 701–4
نظارة طبية
eyepiece, 706–7
عدسة عينية
focal length of, 648, 650, 651–52, 656
البعد البؤري لـ
magnetic, 768
مغناطيس
magnification of, 650–53, 704–8
تكبير
normal, 701
طبيعي
objective, 706
positive and negative, 651
إيجابي وسلبي
power of (diopters), 648
القدرة لـ (وحدة قياس قوة العدسة)
resolution of, 711–13
تحليل
telephoto, 701
عدسة مقربة
thin (defn), 647 ff
رقيقة
used in combination, 654–55, 710 ff
مستخدم بالجمع
wide-angle, 701
زاوية عريضة
zoom, 701
تكبير
Lens aberrations, 710–11
الانحرافات العدسية
Lens elements, 711
عناصر العدسة
Lens equation, 650–53
معادلة العدسة،
in Newtonian form, 663 pr
على الشكل النيوتروني
Lensmaker’s equation, 656
معادلة صانع العدسة
Lenz’s law, 586 ff
قانون ليز
Leonardo da Vinci, 3
ليوناردودي فينشي
LEP collider, 894
صادم LEP
Lepton era, 938
حقبة ليبتون
Lepton numbers, 899, 900
أعداد ليبتون
Leptons, 890, 895, 901, 904–5, 907, 908
الليبتونات
Lever, 162 pr, 229
عتلة
Lever arm, 203
ذراع العتلة
Lid, opening when tight, 359
غطاء، يفتح وقت الانضغاط
Life under ice, 360
الحياة تحت الثلج
Lifetimes, 901, 902, 905 (see also Half-life)
الأعمار (أنظر أيضًا نصف العمر)
Lift, dynamic, 272–3
مصعد، ديناميكي
Light, 632–738
ضوء
coherent and incoherent
متماسك وغير متماسك
sources of, 671
مصادر لـ
color of, and wavelength, 670, 671
لون، وطول موجة
diffraction of, 665–66, 673–75
حيود
dispersion of, 671–73
التشتت لـ
Doppler effect for, 341–42
أثردوبلر لـ
as electromagnetic wave, 619–22, 664 ff
كموجة كهرومغناطيسية
emission of, 632
انبعاث لـ
gravitational deflection of, 927
انحراف الجاذبية لـ
infrared (IR), 620, 671
تحت الحمراء
intensity of, 671
شدة الضوء لـ
interference of, 668–71
التداخل لـ
monochromatic (defn), 668
أحادي طول الموجة
photon theory of, 758–61
نظرية الفوتون لـ
polarized, 684–87
مستقطب
ray model of, 632 ff
نموذج الأشعة لـ
reflection of, 632, 633 ff
انعكاس
refraction of, 642 ff
الانحراف لـ
scattering of, 690
تشتت لـ
spectrum of visible, 671–73
الطيف المرئي
speed of, 8, 619, 622–23, 729–31, 743
سرعة
ultraviolet, 620, 671
فوق بنفسجي
unpolarized (defn), 684
غير مستقطب
visible, 620, 671–73
مرئي
wave theory of, 664–95
للنظرية الموجية لـ
wavelengths of, 620, 670
الطول الموجي لـ
wave-particle duality of, 765–68
ازدواجية الموجة - الجسيم
white, 670
أبيض
Light bulb:
مصباح ضوئي
fluorescent, 803
متألألئ
incandescent, 495
متوهج
Light pipe, 646
أنبوب ضوئي
Light-emitting diode, 830
صمام ثنائي مصدر للضوء
Lightning, 470, 504
برق
distance to, 323
المسافة لـ
Light-year (unit), 915
سنة ضوئية (وحدة)
Linac, 894
لينياك
Line spectrum, 678–79, 771
طيف خطي
Linear accelerator, 894
مسارع خطي
Linear expansion, coefficient of, 357–58
التمدد الخطي، معامل
Linear momentum (see Momentum)
عزم خطي (أنظر العزم)
Linear velocity, 197, 199
سرعة خطية
Linearly polarized light, 684
ضوء مستقطب خطيًا
Lines of force, 454–56
خطوط القوى
Liquefaction, 371
تميع
Liquid, 255, 353
سائل
Liquid crystal display (LCD), 688–89
شاشة البلورة السائلة
Liquid crystals, 256, 688–89
البلورات السائلة
Liquid scintillators, 857
السوائل الوماضة
Liquid-drop model, 866
نموذج القطرة السائلة
Liquid-in-glass thermometer, 355
سائل داخل الزجاج
Logarithms, A-10–A-11 (see also inside back cover)
لوغاريتم (أنظر أيضًا داخل الغلاف الداخلي)
Longitudinal wave, 303 ff
موجة طولية
Long-range force, 841
قوة ذات مدى طويل
Lookback time, 935
زمن النظر للخلف
Loop rule (see Kirchhoff’s rules)
Lorentz transformation, A-25–A-26
قاعدة الدائرة) المغلقة (أنظر قاعدتي كيرشوف
Los Alamos laboratory, 871
مختبر لوس ألاموس
Lorentz transformation, A-25- A- 26
تحولات لورنتز
Loudness, 323, 325, 328–29 (see also Intensity)
level of, 328 (شدة الصوت (أنظر أيضًا الشدة
مستوى لـ
Loudspeaker, 295, 326, 335, 336, 501, 508, 572
مكبر صوت
LR circuit, 602–3
دارة محات مقاومة
LRC circuit, 606–7
دارة محاث مقاومة مواسع
Lubricants, 73
مشحمات، مرئيات
Luminosity, of stars and galaxies, 930 ff
سطوح، النجوم والمجرات
Lyman series, 772, 776–77
سلسلة لايمان
Mach, Ernst, 342 fn
ماخ، ارنست
Mach number, 342
عدد ماخ
Macroscopic (defn), 353
Macrostate, 428
حالة جاهرية
Magellanic clouds, 929 fn
غيوم ماجيلانية
Magnet, 554–57, 573–75
مغناطيس
domains of, 573–75
حقول
electro-, 567
كهربائي
permanent, 574
دائم
Magnetic confinement, 887
ولادة مغناطيسية
Magnetic damping, 610 pr
خمود مغناطيسي
Magnetic declination, 556
ميلان مغناطيسي
Magnetic dipole, 570
ثناقطبي مغناطيسي
Magnetic domains, 573–75
حقول مغناطيسية
Magnetic field, 554–75
مجال مغناطيسي
of circular loop, 557
لدارة دائرية
definition of, 558
تعريف لـ determination
of, 568–69
تحديد لـ
of Earth, 556
من الأرض
electric current produces, 557
التيار الكهربائي ينتج
in EM wave, 617–19
في الموجة الكهرومغناطيسية
energy stored in, 602
طاقة مخزنة في
force on electric charge and electric current, when in, 558–63
القوة على الشحنة الكهربائية والتيار الكهربائي، وهي داخل
induces emf when changing, 584 ff
تحث قوة محركة كهربائية عند تغيير
lines of, 555
خطوط لـ
motion of charged particles in, 560–63
حركة الجسيمات المشحونة في
produced by changing electric field, 616 ff
أنتجت بوساطة مجال كهربائي متغير
produced by electric current, 557, 616–17
أنتجت بوساطة تيار كهربائي
produces electric field, تنتج مجال كهربائي
electric current, emf, 584 ff, 616 ff
تيار كهرباء، قوة محركة كهربائية
of solenoid, 567
للسولينويد
of straight wire, 564
لسلك مستقيم
Magnetic field lines, 555
خطوط المجال المغناطيسي
Magnetic flux, 586, 591
التدفق المغناطيسي
changing, produces electric field, 591
تغير، ينتج مجال كهربائي
Magnetic force, on electric current, 558–59
قوة مغناطيسية، على التيار الكهربائي
on moving electric charge, 560–63
على الشحنة الكهربائية المتحركة
Magnetic head, 598
رأس مغناطيسي
Magnetic lens, 768
عدسة مغناطيسية
Magnetic moment, 570
العزم المغناطيسي
Magnetic monopole, 555
قطب مغناطيسي أحادي
Magnetic permeability, 564, 574
الاحتمالية المغناطيسية

Magellanic Clouds 917
Magnet 554- 45, 573 - 75 مغناطيس
Domains of a magnet 573- 75 حقول المغناطيس
Electro – magnet 567 مغناطيس كهربائي
Permanent magnet 574 مغناطيس دائم
Magnetic confinement 875 حجز مغناطيسي
Magnetic damping 610 تخامد مغناطيسي
Magnetic declination 556 انحراف مغناطيسي
Magnetic dipole 570 ثنائي القطب المغناطيسي
Magnetic domains 573- 75 حقول مغناطيسية
Magnetic field 554- 75 مجال مغناطيسي
Magnetic field of circular loop 5 57 مجال مغناطيسي لحلقة دائرية
Definition of magnetic field 55 8 تعريف المجال المغناطيسي
Determination of magnetic field 5 68 – 69 تحديد المجال المغناطيسي
Magnetic field of Earth 556 المجال المغناطيسي الأرضي
In EM wave 617- 19 في موجة كهرومغناطيسية
Energy stored in a magnetic field 6 02 الطاقة المخزنة في مجال مغناطيسي
Induces emf when changing magnetic field 584 قوة دافعة كهربائية مستحثة تنجم عن تغير مجال مغناطيسي
Magnetic field lines 555 خطوط المجال المغناطيسي
Motion of charged particles in a magnetic field 560 حركة الجسيمات المشحونة في مجال مغناطيسي
Magnetic field produced by changing electric field 616 مجال مغناطيسي ناتج من تغير مجال كهربائي
Magnetic field produced by electric current 557, 616- 17 مجال مغناطيسي ناتج من تيار كهربائي
Magnetic field of solenoid 5 67 المجال المغناطيسي لملف لولبي
Magnetic field of straight wire 5 64 المجال المغناطيسي لسلك مستقيم
Magnetic flux 586, 591 التدفق المغناطيسي
Magnetic force 586, 591 القوة المغناطيسية
Magnetic head 598 رأس مغناطيسي
Magnetic lens 768 عدسة مغناطيسية
Magnetic moment 570 عزم مغناطيسي
Magnetic monopole 555 أحادي القطب المغناطيسي
Magnetic permeability 564, 574 النفاذية المغناطيسية
Magnetic poles 554- 55 أقطاب مغناطيسية
Magnetic poles of earth 556 الأقطاب المغناطيسية للأرض
Magnetic quantum number 795 عدد كمي مغناطيسي
Magnetic reasonance imaging 882- 84 التصوير بالرنين المغناطيسي
Magnetic tape and discs 598 أشرطة وأقراص مغناطيسية
Magnetism 554- 75 مغناطيسية
Magnification تكبير
Magnification of Lens 650- 53 تكبير العدسة
Magnification of microscope 7 09, 715
Magnification of mirror(تكبير بالميكروسكوب (بالمجهر
638 – 39 تكبير المرآة
Magnification of Telescope 7 06- 8 (تكبير بالتلسكوب (بالمنظار
Magnifier 704 , 705 مكبر
Magnifying glass 696, 704- 5 زجاج تكبير
Magnifying mirror 640 مرآة تكبير
Magnifying Power 705 قدرة التكبير
Main sequence 919, 920 تسلسل رئيس
Malus' Law 685 قانون مالوس
Manhattan Project 871 مشروع منهاتن
Manometer 260 – 61 مانومتر
Marconi, Guglielmo 626 جوجليلمو ماركوني
Mars 126 – 127 المريخ
Mass 9,75, 256, 744 كتلة
Atomic mass 353, 836 كتلة ذرية
Center of mass 182- 86 مركز الكتلة
Critical mass 868 كتلة حرجة
Mass and energy 744 – 47 كتلة و طاقة
Mirror equation, 638–39 معادلة المرآة
MKS system of units, 9 وحدات النظام (متر كيلو جرام ثانية)
Mm Hg (unit), 261 ميللمتير زئبق (وحدة)
Models, 4–5 نموذج
of particle, 19 لجسيم
Moderator, 880 وسيط
Modern physics, 1, (defn, 727) فيزياء حديثة
Modulation, 627 تغير في طبقة الصوت (تعديل)
Modulus, elastic, 237–38 معامل المرونة
Molar specific heats, A-20–A-21 الحرارة النوعية المولية
for gases, A-20–A-21 للغازات
of solids, A-22 للمواد الصلبة
Mole, 363, 364 مول
volume of, for gas, 364 حجم، للغاز
Molecular biology and electric forces, 460–62, 818–21 الجزيئ البيولوجي والكهربائي، القوى
Molecular mass and molecular weight, 353, 353 fn الكتلة الجزيئية والوزن الجزيئي
Molecular rotation, 821–22 الدوران الجزيئي
Molecular spectra, 821–23 الأطياف الجزيئية
Molecular speeds, 370–71 السرعات الجزيئية
distribution of, 371 توزيع
Molecular vibration, 823 الاهتزاز الجزيئي
Molecules, 353 fn, 812–15 الجزيئات
bonding in, 812–15 الترابط في
in breath, 367 في النفس
diatomic, A-22 تنائري
kinetic energy of, 370 طاقة حركية
potential-energy diagrams for, 815–17 مخططات طاقة كامنة
spectra, 821–23 الأطياف
weak bonds between, 817–21 روابط ضعيفة بين
Moment arm, 203 ذراع العزم
Moment, magnetic dipole, 570 عزم، ثناقطبي مغناطيسي
Moment of a force, 204 عزم القوة
Moment of inertia, 206 and ff, (defn, 207) عزم القصور (تعريف)
Momentum, 136, 167–93 زخم
angular, 213–15 زاوي
conservation of, 170 ff حفظ
of photon, 762–63 للفوتون
relation of force to, 168–69 علاقة القوة بـ
relativistic, 742–43, 747 نسبوي
total, of systems of particles, 185–86 كلي، نظام جسيمي
units of, 168 وحدات لـ
Monochromatic aberrations, 710–11 انحرافات أحادية الموجة
Monochromatic (defn), 668 أحادي طول الموجة (تعريف)
Moon, 109, 118, 120, 141 قمر
Morley, E.W., 730 مورلي
Moseley,H.G. J., 801 موسيلي
Moseley plot, 801 مخطط موسيلي
Motion: حركة:
circular, 106–17 دائرية
at constant acceleration, 26–44 عند تسارع ثابت
damped harmonic, 298 توافقية خامدة
description of (kinematics), 19–71 وصف لِـ (علم التحريك)
dynamics of, 72 ff الديناميكا لِـ
graphical analysis of linear, 36–37 تحليل تخطيطي خطّي لِـ
Mach, Ernst 342 أرنست ماخ
Mach number 342 عدد ماخ
Macroscopic 353 جاهري
Macrostate 428 حالة جاهرية
معادلات ماكسويل
Mean life, 850 متوسط العمر
Measurement, 2, 5–7 قياس
Mechanical advantage, 89, (defn, 229) الفائدة الميكانيكية (تعريف)
of hydraulic lift, 260 للرافعة الهيدروليكية
Mechanical energy, 149–55 طاقة ميكانيكية
Mechanical equivalent of heat, 385 المكافئ الميكانيكي للحرارة
Mechanical waves, 300 الأمواج الميكانيكية
Mechanics (defn), 19 ميكانيك
Medical imaging, 343–45, 402, 718–20, 892–96 التصوير الطبي
Meitner, Lise, 787, 878 مايتنر، لايز
Melting points, 392 (see also Change of phase (or state)) نقاط الذوبان (أنظر أيضًا تغير النمط)
Mendeleev, Dmitri, 798 مانديليف، ديمتري
Mercury barometer, 262 ماروميتر زئبقي
Meson, 908, 913–14, 917 ميسون
Meson exchange, 908 تبادل ميسوني
Messenger-RNA, 820–21 مرسال
Metabolism, human, 414–15 أيض، بشري
Metal detector, airport, 595 كاشف الفلزات (في المطار)
Metallic bond, 824 رابطة فلزية
Metastable state, 803–4, 847
Meter (unit), 8 متر (وحدة)
Meters (electrical), 541–45 عدادات قياس (كهربائية)
Metric prefixes (multipliers), 9 (see also inside front cover) الثوابت المترية (المضاعفات) (أنظر أيضًا داخل الغلاف الأمامي)
Metric system, 8–10 النظام المتري
MeV (see Electron volt (unit)) إلكترون فولت (وحدة)
Michelson, A. A., 622–23, 684, 730 مايكلسون
Michelson interferometer, 684, 730 مقياس مايكلسون للتداخل
Michelson-Morley experiment, 730 تجربة مايكلسون - مورلي
Micrometer, 13 مايكروميتر
microscopic property (defn), 353 صفات دون) مجهريي (تعريف
Microphone, 598(مكبر صوت) مايكروفون
capacitor, 546 pr مواسع
Microscope: مايكروسكوب
compound, 708–9, 715 مركب
electron, 754, 768–69 إلكترون
interference, 716 تداخل
magnification of, 709, 715–16 تكبير
phase-contrast, 716 تباين - نمطي
resolving power of, 714–15 قدرة تحليلية
useful magnification of, 715–16 تكبير مفسد
Microstate, 428 حالة دون مجهرية
Microwave background, خلفية مايكروويفية
cosmic, 945–47 كوني
Microwaves, 620, 945 ff مايكروويف
Milky Way, 927–29 الطريقة الحليبي (درب التبانة)
Millikan oil-drop experiment, 756 تجربة ميليكان لقطرة الزيت
Millikan, Robert A., 756, 760 ميليكان روبرت
Mineral and oil exploration, 122 استكشاف نفطي وفلزي
Mirage, 667 سراب
Mirror: مرآة
concave and convex, 635 ff, 639–40 مقعرة ومحدبة
focal length of, 636, 641 البعد البؤري
magnifying, 640 تكبير
parabolic, 636 قطع مكافئ
plane, 633–35 سطح
spherical, 635–42 كروي
used in telescope, 707 مستخدم في التيليسكوب
Magnetic poles, 554–55 الأقطاب المغناطيسية
of earth, 556 للأرض
single, 555 مفرد
Magnetic quantum number, 795 عدد كمي مغناطيسي
Magnetic resonance imaging, 894–96 تصوير رنين مغناطيسية
Magnetic tape and discs, 598 شريط وأقراص مغناطيسية
Magnetism, 554–75 (see also Elec tromagnetism) مغناطيس (أنظر أيضًا الكهرباء المغناطيسية)
Magnification: تكبير
angular, 705, 706, 709 زاوي
of lens, 650–53, 704–8 للعدسة
of magnifying glass, 704–5 للعدسة المكبرة
of microscope, 709, 715 ميكروسكوب
of mirror, 638–39 للمرآة
of telescope, 706–8 للتيليسكوب
useful, 715–16 مفيد
Magnifier, simple, 704, 705 تكبير بسيط
Magnifying glass, 696, 704–5 عدسة (زجاج) مكبرة
Magnifying mirror, 640 مرآة مكبرة
Magnifying power, 705 (see also Magnification) القدرة التكبيرية (أنظر أيضًا التكبير)
Main sequence, 931 fn, 932 ff التسلسل الرئيس
Malus' law, 685 fn قانون مالوس
Manhattan Project, 883 مشروع مانهاتن
Manometer, 260–61 مانوميتر
Marconi, Guglielmo, 626 ماركوني، جونمليمو
Mars, 126–27 المريخ
Mass, 9, 75, 256, 744 كتلة
atomic, 353, 836 ذري
center of, 182–86 مركز لِـ
critical, 880 حرج، حساس
and energy, 744–47 والطاقة
gravitational, 938–39 جاذبي
inertial, 938 قصوري
molecular, 353 جزيئي
of neutrinos, 912 للنيوترينات
nuclear, 836–38 نووي
of photon, 762–63 للفوتون
relativistic, 742–43 نسبوي
rest, 743 سكوني
stellar luminosity and, 931 الإشعاع النجمي
of Sun, 127 للشمس
units of, 9, 75 وحدات لِـ
Mass energy transformation, 744–47 التحول الكتلي الطاقي
Mass increase, 743 الزيادة الكتلية
Mass number, 836 الرقم الكتلي
Mass spectrometer (spectrograph), 572–73 المطياف الكتلي (الرسم الطيفي)
Mathematical formulas (see inside back cover) صيغ رياضية (أنظر داخل الغلاف الخلفي)
Mathematical review, A-1–A-11 مراجعة رياضية
Mathematical signs and symbols (see inside front cover) الإشارات والرموز الرياضية (أنظر داخل الغلاف الأمامي)
Matter, states of, 255–56, 353 المادة، حالات
Matter waves, 781, 788 ff الأمواج المادية
Matter-dominated universe, 951 كون ذو المادة السائدة
Maxwell distribution of molecular speeds, 371 توزيع ماكسويل للسرعات الجزئية
Maxwell, James Clerk, 371, 615 ff, 729, 730 ماكسويل، جيمس طيرك
Maxwell's equations, 616–17