

Inhaltsverzeichnis

Einführung

Über dieses Buch	21
Konventionen in diesem Buch	21
Was Sie nicht lesen müssen	21
Törichte Annahmen über den Leser	21
Wie dieses Buch aufgebaut ist	21
Teil I: Die Grundlagen	22
Teil II: Mögen die Kräfte der Physik mit Ihnen sein	22
Teil III: Energie und Arbeit	22
Teil IV: Alles über Wärme	22
Teil V: Elektrischer Strom und Magneten	23
Teil VI: Der Top-Ten-Teil	23
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden	23
Wie es weitergeht	23

Teil I

Die Grundlagen **25**

Kapitel 1

Mit Physik die Welt verstehen **27**

Womit sich die Physik beschäftigt	27
Mit Bewegung fängt es an	28
Überall ist Energie	29
Warm und gemütlich	30
Vom Blitzschlag zum Laserstrahl	30
Verrückt, verrückter, ... Physik!	31

Kapitel 2

Die Grundlagen verstehen **33**

Nicht erschrecken, es ist nur Physik	33
Trauen Sie sich was: Versuchen Sie es ohne Mathematik	34
Messen und Voraussagen	35
Die Einheiten im Auge behalten	36
Von Meter zu Ellen und zurück: Einheiten umrechnen	36
Nieder mit den Nullen: Die wissenschaftliche Schreibweise	39
Die Genauigkeit von Messwerten	40
Ziffern, die zählen	40
Fehler zugeben	41

Etwas einfache Algebra	42
... und noch ein bisschen Trigonometrie	42

Kapitel 3

Geschwindigkeit ist keine Hexerei

45

Strecken und Entfernungen	45
Achsen gliedern die Welt	47
Von der Strecke zur Geschwindigkeit	48
Was ist eigentlich Geschwindigkeit?	49
Ein Blick auf den Tacho: Momentangeschwindigkeit	49
Gleichmäßig voran: Konstante Geschwindigkeit	50
Stop-and-go: Wechselnde Geschwindigkeit	50
Mittelmaß: Durchschnittsgeschwindigkeit	50
Mittlere gegen konstante Geschwindigkeit	51
Schneller oder langsamer: Beschleunigung	52
Die Definition der Beschleunigung	52
Die Einheit der Beschleunigung	53
Positive und negative Beschleunigungen	55
Mittlere und momentane Beschleunigung	55
Konstante und variable Beschleunigung	55
Die Beziehung zwischen Beschleunigung, Zeit und Strecke	56
Eine nahe liegende Beziehung	56
Noch mehr Geschwindigkeit	57
Die Beziehung zwischen Geschwindigkeit, Beschleunigung und Strecke	59

Kapitel 4

Richtungsweisend: Wo geht es lang?

61

Vektoren verstehen	61
Orientierungshilfe: Das Vektorprinzip	62
Von A nach B: Vektoren addieren	63
Neue Wege gehen: Vektoren subtrahieren	64
Zahlenspiele mit Vektoren	65
Vektoren und ihre Komponenten	67
Komponenten von Vektoren aus Beträgen und Winkeln bestimmen	67
Beträge und Winkel aus Vektorkomponenten bestimmen	69
Vektoren enträtseln	71
Strecken sind auch Vektoren	71
Noch ein Vektor: Geschwindigkeit	72
Einer geht noch: Beschleunigung	73
Im Bann der Schwerkraft: Der freie Fall	75

Teil II

Mögen die Kräfte der Physik mit Ihnen sein 79

Kapitel 5

Ziehen und Schieben: Kräfte 81

Kräfte walten überall	81
Bühne frei für das erste newtonsche Gesetz	82
In Schwung kommen: Masse und Trägheit	83
Maße für Masse	83
Darf ich vorstellen: Das zweite newtonsche Gesetz	84
Krafteinheit	85
Resultierende Kräfte	85
Das große Finale: Das dritte newtonsche Gesetz	90
Reibung und das dritte newtonsche Gesetz	91
Winkel und Kräfte im dritten newtonschen Gesetz	93
Im Gleichgewicht	95

Kapitel 6

Auf der schiefen Bahn: Geneigte Ebenen und Reibung 99

Nur nicht runterziehen lassen: Gravitation	99
Rolltreppe abwärts: Die schiefe Ebene	100
Winkelzüge	101
Beschleunigung macht Spaß	103
Reibereien	103
Reibung und Normalkraft	104
Der Reibungskoeffizient	104
Haften und Gleiten	105
Mit Reibung bergauf	107
Schwerkraft und Flugbahnen	112
Hoch hinaus: Die Maximalhöhe	112
In höchste Höhen: Flugzeit	113
Hin und zurück: Die gesamte Flugdauer	114
Ein Schuss in einem beliebigen Winkel	114

Kapitel 7

Ringelreihen und Kettenkarussell: Kreisbewegungen 117

Immer rundherum: Gleichförmige Kreisbewegung	117
Richtungsänderung: Die Zentripetalbeschleunigung	118
Unter dem Einfluss der Zentripetalbeschleunigung	119
Der Betrag der Zentripetalbeschleunigung	120
Wie am Schnürchen: Zentripetalkraft	120
Die Zentripetalkraft wird gebraucht!	121
Mit Vollgas durch die Kurve: Die Zentripetalkraft hilft	121
Winkelkoordinaten: Entfernung, Geschwindigkeit, Beschleunigung	124

Der Apfel fällt nicht weit vom Stamm: Das newtonsche Gravitationsgesetz	126
Mit einem Apfel fing es an	127
Gravitation an der Erdoberfläche: Die Erdbeschleunigung	127
Kreisbahnen und das Gravitationsgesetz	128
Rundherum: Vertikale Kreisbewegung	132

Teil III

Energie und Arbeit **137**

Kapitel 8

Physik in Aktion **139**

Es ist nicht so, wie Sie denken ...	139
Arbeit messen	139
Gewichte stemmen	140
Zug um Zug	141
Negative Arbeit	142
Mit Schwung voran: Kinetische Energie	143
Eine Formel für die kinetische Energie	144
Kinetische Energie in der Praxis	146
Das wahre Leben: Resultierende Kräfte	147
Energievorrat: Potenzielle Energie	149
Der Kampf gegen die Schwerkraft	149
Bäumchen, wechsle dich! Die Umwandlung von kinetischer in potenzielle Energie	150
Am Scheideweg: Konservative und nicht konservative Kräfte	151
Vorwärts, rückwärts, rundherum: Energieerhaltung	152
Wie im freien Fall	154
Hoch hinaus	154
Arbeite schneller, Leistung zählt!	155
Leistung messen	156
Was Leistung sonst noch bedeutet	156

Kapitel 9

Schwungvoll: Impuls und Kraftstoß **159**

Remperei: Der Kraftstoß	159
Impulse geben	160
Warum steht p für den Impuls?	161
Der Zusammenhang zwischen Impuls und Kraftstoß	161
Noch einmal Poolbillard: Kraftstoß und Impuls	162
Kraftvoll durch den Regen	163
Impulserhaltung	165
Geschwindigkeit im Griff: Impulserhaltung in der Praxis	166
Impulserhaltung und Schussgeschwindigkeit	167
Auto gegen Auto: Elastische und inelastische Stöße	169

Kapitel 10

Wie man's dreht und wendet: Rotationsbewegungen **175**

- Von der geradlinigen Bewegung zur Rotation 175
- Die Tangentialbewegung 176
 - Die Tangentialgeschwindigkeit 176
 - Die Tangentialbeschleunigung 178
 - Die Zentripetalbeschleunigung 179
- Vektoren und Rotationsbewegungen 180
 - Der Vektor der Winkelgeschwindigkeit 180
 - Der Vektor der Winkelbeschleunigung 181
- Drehen und Wenden: Das Drehmoment 182
 - Die Drehmomentgleichung 183
 - Hebelarme verstehen 185
 - Drehmomente bestimmen 186
 - Das Drehmoment als Vektor 187
- Nicht wackeln: Rotationsgleichgewicht 188
 - Flagge zeigen: Immer schön im Gleichgewicht 189
 - Ein Rotationsgleichgewicht mit Reibung 190

Kapitel 11

Immer rundherum: Dynamik von Rotationsbewegungen **195**

- Das zweite newtonsche Gesetz in Rotation 195
 - Tangentialbeschleunigung und Winkelbeschleunigung 196
 - Das Trägheitsmoment 197
- Das Trägheitsmoment unter der Lupe 198
 - Angewandte Trägheit: Drehmomente im CD-Player 199
 - Winkelbeschleunigung und Drehmoment: Noch ein Beispiel 201
- Arbeit und kinetische Energie bei Rotationsbewegungen 202
 - In der Tretmühle: Arbeit bei Rotationen 203
 - Kinetische Energie bei Rotationsbewegungen 204
 - Die kinetische Energie der Rotation auf einer Rampe 206
- Nicht zu bremsen: Der Drehimpuls 207
 - Die Drehimpulserhaltung 208
 - Satellitenbahnen: Die Drehimpulserhaltung in der Praxis 209

Kapitel 12

Hin und her, hin und her: Harmonische Bewegungen **211**

- Federkraft: Das hookesche Gesetz 211
 - Immer schön nachfedern 212
 - Das hookesche Gesetz und die Richtung der Kraft 213
- Die einfache harmonische Bewegung 213
 - Senkrecht und waagrecht 214
 - Ein genauerer Blick auf die harmonische Bewegung 215
 - Die Kreisfrequenz einer Masse an einer Feder 222

Die Energie in einfachen harmonischen Bewegungen	224
Schwingende Pendel	225

Teil IV

Alles über Wärme 227

Kapitel 13

Heiß auf Thermodynamik 229

Der Sprung ins warme Wasser	229
Das Thermometer sagt Celsius	229
US-Thermometer sagen Fahrenheit	230
Das Thermometer sagt Kelvin	230
Es wird warm: Längenausdehnung	231
Wieder ein Koeffizient	232
Ein Beispiel für Gleisarbeiter	233
Es bleibt warm: Volumenausdehnung	234
Mit dem (Wärme-)Strom schwimmen	235
Warm zugedeckt	235
Die Phase ändert sich, die Temperatur nicht	237
Phasenumwandlung: Das Eis ist gebrochen!	237
Gut versteckt: Latente Wärme	238

Kapitel 14

Hier, nimm meine Jacke: Wärmeübertragung 241

In Wallung versetzt: Konvektion	241
Autsch, das war heiß! Wärmeleitung	242
Wovon die Wärmeleitung abhängt	243
Die Gleichung für die Wärmeleitung anwenden	244
Warme Strahlung	245
Die Strahlung ist da, auch wenn man sie nicht sieht	246
Schwarze Körper	248
Das Geheimnis der Avogadro-Zahl	249
Das Gasgesetz wird geschmiedet	250
Ein Beispiel: Der Druck eines idealen Gases	252
Alternativen: Die Gesetze von Boyle-Mariotte und Gay-Lussac	252
Gasmoleküle haben's eilig	254
Die Geschwindigkeit von Luftmolekülen	254
Die kinetische Energie eines idealen Gases	255

Kapitel 15

Wärme trifft Arbeit: Die Hauptsätze der Thermodynamik 257

Das thermische Gleichgewicht erreichen: Nullter Hauptsatz	257
Wärme und Arbeit erhalten: Der erste Hauptsatz	258

Energieerhaltung mit Zahlen	259
Die Zustände ändern sich	259
Vom Umgang mit spezifischen Wärmekapazitäten	266
Wohin die Wärme fließt: Der zweite Hauptsatz	267
Arbeit aus Wärme mit Wärmekraftmaschinen	267
Vom Wirkungsgrad einer Dampfmaschine	268
Man kann nicht alles haben, sagt Carnot	269
Kälter geht's nicht: Der dritte (und absolut letzte) Hauptsatz	271
Kälte hat seltsame Wirkungen	271

Teil V

Elektrischer Strom und Magneten **273**

Kapitel 16

Wie elektrisiert **275**

Plus oder minus? Die Ladung von Elektron und Proton	275
Ziehen und Schieben: Elektrische Kräfte	276
Das coulombsche Gesetz	276
Abstand halten	277
Die Geschwindigkeit von Elektronen	277
Kräfte zwischen mehreren Ladungen	278
Wirkung aus der Ferne: Elektrische Felder	280
Aus allen Richtungen: Felder von Punktladungen	281
Ganz schön geladen: Das elektrische Feld im Plattenkondensator	283
Die Spannung hochdrehen! Das elektrische Potenzial	284
Berechnung der elektrischen potenziellen Energie	285
Spannung ist Potenzial	286
Das elektrische Potenzial bleibt erhalten	287
Das elektrische Potenzial von Punktladungen	288
Aufladen, was die Kapazität hergibt	291

Kapitel 17

Ständig unter Strom **293**

Der lange Marsch der Elektronen: Strom	293
Strom definieren	293
Strom in Batterien berechnen	294
Widerstandsfähig: Das ohmsche Gesetz	295
Der Strom durch einen Widerstand	295
Ganz spezifische Widerstände	296
Leistung lohnt sich	297
Schön der Reihe nach: Reihenschaltungen	297
Alles auf einmal: Parallelschaltungen	298

Maschendraht und Knoten: Die kirchhoffschen Regeln	300
Anwendung der Maschenregel	301
Rechnen mit vielen Maschen	302
Kondensatoren im Kreis	304
Kondensatoren in Parallelschaltung	304
Kondensatoren in Reihenschaltung	305
Kondensator plus Widerstand gleich RC-Schaltkreis	306

Kapitel 18

Überaus anziehend: Magnetismus **309**

Anziehen und Abstoßen	309
Die Wirkung auf bewegte Ladungen	311
Die Stärke magnetischer Kräfte	312
Gebogene Bahnen: Ladungen im Magnetfeld	313
Magnetfelder arbeiten nicht ...	314
... aber sie wirken trotzdem!	314
Ströme verbiegen	316
Kräfte auf Ströme	316
Rotierende Schleifen	317
Das Magnetfeld eines Drahts	319
Ein magnetischer Fall	319
Magnetfelder in Leiterschleifen	321
Schön gleichmäßig: Magnetfelder von Spulen	323

Kapitel 19

Spannende Ströme **325**

Eine Spannung wird induziert	325
Spannende Bewegung im Magnetfeld	325
Induktionsspannung und Fläche	327
Faraday und der Fluss	328
Richtige Vorzeichen: Die lenzsche Regel	330
Induktivitäten	332
Auf und ab: Wechselstromkreise	333
Harmonische Sinusspannung	334
Im Gleichschritt durch den Widerstand	334
Am Kondensator eilt der Strom voraus	336
An der Spule trödelt der Strom	339
Dreifache Herausforderung: RCL-Stromkreise	341

Kapitel 20

Linse und Spiegel im Rampenlicht **343**

Alles über Spiegel – legeipS rebü sella	343
Licht wird abgelenkt	344
Licht brechen mit Snellius	344
Gemessene und »gefühlte« Tiefe	345

Spieglein, Spieglein an der Wand	347
Hohlspiegel wirken vergrößernd	347
Konvexe Spiegel wirken verkleinernd	352
Mit Linsen sieht man besser	353
Sammellinsen wirken vergrößernd	353
Zerstreuungslinsen wirken verkleinernd	357

Teil VI

Der Top-Ten-Teil 359

Kapitel 21

Alles ist relativ (istisch) 361

Die Natur behandelt alle gleich	361
Licht ist immer gleich schnell	362
Bei hoher Geschwindigkeit dehnt sich die Zeit	362
Raumfahrer altern langsamer	363
Bei hoher Geschwindigkeit schrumpft die Länge	364
Materie ist gleich Energie	364
Materie plus Antimaterie gleich ... bumm	365
Die Sonne verliert an Masse	365
Die Sonne verschwindet – aber nur langsam	365
Es geht nicht schneller	365
Und Newton hat trotzdem recht!	366

Kapitel 22

Zehn wilde Theorien 369

Ganz klein ... und ganz anders	369
Hier und da zugleich	370
Können Quanten rechnen?	370
Gravitation krümmt den Raum	370
Schwarze Löcher halten Licht fest	371
Geht's noch kleiner?	372
Explosive Mischung: Materie und Antimaterie	372
Auch nicht schlecht: Supernovae	372
Vom Urknall zum Endknall	373
Dunkle Bedrohung	373
Zukunftsphysik	374

Lösungen 375

Stichwortverzeichnis 393