

Auf einen Blick

Über den Autor	9
Einführung	23
Teil I: Die Grundlagen	27
Kapitel 1: Mit Physik die Welt verstehen	29
Kapitel 2: Die Grundlagen verstehen.....	35
Kapitel 3: Geschwindigkeit ist keine Hexerei.....	47
Kapitel 4: Richtungsweisend: Wo geht es lang?.....	63
Teil II: Mögen die Kräfte der Physik mit Ihnen sein	81
Kapitel 5: Ziehen und Schieben: Kräfte.....	83
Kapitel 6: Auf der schießen Bahn: Geneigte Ebenen und Reibung	101
Kapitel 7: Ringelreihen und Kettenkarussell: Kreisbewegungen.....	119
Teil III: Energie und Arbeit	137
Kapitel 8: Physik in Aktion	139
Kapitel 9: Schwungvoll: Impuls und Kraftstoß.....	157
Kapitel 10: Wie man's dreht und wendet: Rotationsbewegungen.....	173
Kapitel 11: Immer rundherum: Dynamik von Rotationsbewegungen.....	191
Kapitel 12: Hin und her, hin und her: Harmonische Bewegungen.....	207
Teil IV: Alles über Wärme	223
Kapitel 13: Heiß auf Thermodynamik.....	225
Kapitel 14: Hier, nimm meine Jacke: Wärmeübertragung.....	237
Kapitel 15: Wärme trifft Arbeit: Die Hauptsätze der Thermodynamik.....	253
Teil V: Elektrischer Strom und Magnete	269
Kapitel 16: Wie elektrisiert	271
Kapitel 17: Ständig unter Strom.....	289
Kapitel 18: Überaus anziehend: Magnetismus.....	305
Kapitel 19: Spannende Ströme	321
Kapitel 20: Linsen und Spiegel im Rampenlicht	339
Teil VI: Der Top-Ten-Teil	355
Kapitel 21: Alles ist relativ(istisch)	357
Kapitel 22: Zehn wilde Theorien	365
Anhang: Lösungen	371
Glossar	387
Stichwortverzeichnis	393

Inhaltsverzeichnis

Über den Autor	9
Einführung	23
Über dieses Buch	23
Konventionen in diesem Buch	23
Was Sie nicht lesen müssen.....	24
Törichte Annahmen über den Leser	24
Wie dieses Buch aufgebaut ist	24
Teil I: Die Grundlagen	24
Teil II: Mögen die Kräfte der Physik mit Ihnen sein	25
Teil III: Energie und Arbeit	25
Teil IV: Alles über Wärme	25
Teil V: Elektrischer Strom und Magnete	25
Teil VI: Der Top-Ten-Teil.....	25
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden	26
Wie es weitergeht.....	26
TEIL I	
DIE GRUNDLAGEN	27
Kapitel 1	
Mit Physik die Welt verstehen	29
Womit sich die Physik beschäftigt	29
Mit Bewegung fängt es an.....	30
Überall ist Energie	31
Warm und gemütlich	32
Vom Blitzschlag zum Laserstrahl	32
Verrückt, verrückter ... Physik!	33
Kapitel 2	
Die Grundlagen verstehen	35
Nicht erschrecken, es ist nur Physik.....	36
Messen und Voraussagen	37
Die Einheiten im Auge behalten	38
Von Meter zu Ellen und zurück: Einheiten umrechnen	39
Nieder mit den Nullen: Die wissenschaftliche Schreibweise	41
Die Genauigkeit von Messwerten.....	42
Ziffern, die zählen	42
Fehler zugeben.....	43
Etwas einfache Algebra	44
... und noch ein bisschen Trigonometrie	45

14 Inhaltsverzeichnis

Kapitel 3		
Geschwindigkeit ist keine Hexerei.....		47
Strecken und Entfernungen.....		48
Achsen gliedern die Welt		49
Von der Strecke zur Geschwindigkeit.....		50
Was ist eigentlich Geschwindigkeit?.....		51
Ein Blick auf den Tacho: Momentangeschwindigkeit.....		52
Gleichmäßig voran: Konstante Geschwindigkeit.....		52
Stop-and-go: Wechselnde Geschwindigkeit.....		52
Mittelmaß: Durchschnittsgeschwindigkeit		52
Mittlere gegen konstante Geschwindigkeit.....		53
Schneller oder langsamer: Beschleunigung.....		54
Die Definition der Beschleunigung.....		55
Die Einheit der Beschleunigung.....		55
Positive und negative Beschleunigungen.....		57
Mittlere und momentane Beschleunigung.....		57
Konstante und variable Beschleunigung.....		57
Die Beziehung zwischen Beschleunigung, Zeit und Strecke		58
Eine nahe liegende Beziehung.....		58
Noch mehr Geschwindigkeit		59
Die Beziehung zwischen Geschwindigkeit, Beschleunigung und Strecke		61
Kapitel 4		
Richtungsweisend: Wo geht es lang?.....		63
Vektoren verstehen		63
Orientierungshilfe: Das Vektorprinzip		64
Von A nach B: Vektoren addieren.....		65
Neue Wege gehen: Vektoren subtrahieren.....		66
Zahlenspiele mit Vektoren.....		67
Vektoren und ihre Komponenten.....		69
Komponenten von Vektoren aus Beträgen und Winkeln bestimmen		69
Beträge und Winkel aus Vektorkomponenten bestimmen.....		71
Vektoren enträtseln.....		73
Strecken sind auch Vektoren.....		74
Noch ein Vektor: Geschwindigkeit.....		75
Einer geht noch: Beschleunigung.....		75
Im Bann der Schwerkraft: Der freie Fall.....		77
TEIL II		
MÖGEN DIE KRÄFTE DER PHYSIK MIT IHNEN SEIN.....		81
Kapitel 5		
Ziehen und Schieben: Kräfte.....		83
Kräfte walten überall		83
Bühne frei für das erste newtonsche Gesetz		84
In Schwung kommen: Masse und Trägheit.....		85
Maße für Masse.....		86

Darf ich vorstellen: Das zweite newtonsche Gesetz.....	86
Krafteinheit.....	87
Resultierende Kräfte	87
Das große Finale: Das dritte newtonsche Gesetz.....	92
Reibung und das dritte newtonsche Gesetz.....	93
Winkel und Kräfte im dritten newtonschen Gesetz	95
Im Gleichgewicht.....	97
Kapitel 6	
Auf der schiefen Bahn: Geneigte Ebenen und Reibung	101
Nur nicht runterziehen lassen: Gravitation.....	101
Rolltreppe abwärts: Die schiefe Ebene.....	102
Winkelzüge	103
Beschleunigung macht Spaß.....	105
Reibereien.....	105
Reibung und Normalkraft.....	106
Der Reibungskoeffizient	106
Haften und Gleiten	108
Mit Reibung bergauf	109
Schwerkraft und Flugbahnen.....	114
Hoch hinaus: Die Maximalhöhe.....	114
In höchste Höhen: Flugzeit.....	115
Hin und zurück: Die gesamte Flugdauer.....	115
Ein Schuss in einem beliebigen Winkel.....	116
Kapitel 7	
Ringelreihen und Kettenkarussell: Kreisbewegungen	119
Immer rundherum: Gleichförmige Kreisbewegung.....	120
Richtungsänderung: Die Zentripetalbeschleunigung	121
Unter dem Einfluss der Zentripetalbeschleunigung.....	122
Der Betrag der Zentripetalbeschleunigung	122
Wie am Schnürchen: Zentripetalkraft	122
Mit Vollgas durch die Kurve: Die Zentripetalkraft hilft.....	124
Winkelkoordinaten: Entfernung, Geschwindigkeit, Beschleunigung.....	126
Der Apfel fällt nicht weit vom Stamm: Das newtonsche Gravitationsgesetz.....	128
Gravitation an der Erdoberfläche: Die Erdbeschleunigung.....	129
Kreisbahnen und das Gravitationsgesetz.....	130
Rundherum: Vertikale Kreisbewegung	134
TEIL III	
ENERGIE UND ARBEIT	137
Kapitel 8	
Physik in Aktion	139
Es ist nicht so, wie Sie denken	139
Arbeit messen	140

16 Inhaltsverzeichnis

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.....	145
Das wahre Leben: Resultierende Kräfte.....	147
Energievorrat: Potenzielle Energie.....	148
Der Kampf gegen die Schwerkraft	149
Bäumchen, wechsle dich! Die Umwandlung von kinetischer in potenzielle Energie	150
Am Scheideweg: Konservative und nicht-konservative Kräfte	150
Vorwärts, rückwärts, rundherum: Energieerhaltung.....	152
Wie im freien Fall.....	153
Hoch hinaus.....	154
Arbeite schneller, die Leistung zählt!	154
Leistung messen.....	155
Was Leistung sonst noch bedeutet	156

Kapitel 9

Schwungvoll: Impuls und Kraftstoß..... **157**

Rempelei: Der Kraftstoß.....	157
Impulse geben.....	159
Der Zusammenhang zwischen Impuls und Kraftstoß.....	160
Noch einmal Poolbillard: Kraftstoß und Impuls	161
Kraftvoll durch den Regen.....	162
Impulserhaltung.....	163
Geschwindigkeit im Griff: Impulserhaltung in der Praxis.....	164
Impulserhaltung und Schussgeschwindigkeit.....	165
Auto gegen Auto: Elastische und inelastische Stöße.....	167

Kapitel 10

Wie man's dreht und wendet: Rotationsbewegungen..... **173**

Von der geradlinigen Bewegung zur Rotation	173
Die Tangentialbewegung	174
Die Tangentialgeschwindigkeit.....	174
Die Tangentialbeschleunigung.....	176
Die Zentripetalbeschleunigung.....	177
Vektoren und Rotationsbewegungen.....	178
Der Vektor der Winkelgeschwindigkeit	178
Der Vektor der Winkelbeschleunigung	179
Drehen und Wenden: Das Drehmoment	180
Die Drehmomentgleichung.....	181
Hebelarme verstehen	183
Drehmomente bestimmen	183
Das Drehmoment als Vektor	185

Nicht wackeln: Rotationsgleichgewicht.....	186
Flagge zeigen: Immer schön im Gleichgewicht	186
Ein Rotationsgleichgewicht mit Reibung	188

Kapitel 11**Immer rundherum: Dynamik von Rotationsbewegungen 191**

Das zweite newtonsche Gesetz in Rotation	191
Tangentialbeschleunigung und Winkelbeschleunigung.....	193
Das Trägheitsmoment.....	193
Das Trägheitsmoment unter der Lupe	194
Angewandte Trägheit: Drehmomente im CD-Player	195
Winkelbeschleunigung und Drehmoment: Noch ein Beispiel	197
Arbeit und kinetische Energie bei Rotationsbewegungen.....	198
In der Tretmühle: Arbeit bei Rotationen.....	198
Kinetische Energie bei Rotationsbewegungen.....	200
Die kinetische Energie der Rotation auf einer Rampe.....	201
Nicht zu bremsen: Der Drehimpuls	203
Die Drehimpulserhaltung	204
Satellitenbahnen: Die Drehimpulserhaltung in der Praxis.....	204

Kapitel 12**Hin und her, hin und her: Harmonische Bewegungen 207**

Federkraft: Das hookesche Gesetz	207
Immer schön nachfedern	208
Das hookesche Gesetz und die Richtung der Kraft.....	209
Die einfache harmonische Bewegung.....	209
Senkrecht und waagerecht	210
Ein genauerer Blick auf die harmonische Bewegung.....	211
Die Kreisfrequenz einer Masse an einer Feder	217
Die Energie in einfachen harmonischen Bewegungen	219
Schwingende Pendel	221

TEIL IV**ALLES ÜBER WÄRME 223****Kapitel 13****Heiß auf Thermodynamik 225**

Der Sprung ins warme Wasser.....	225
Das Thermometer sagt Celsius.....	226
US-Thermometer sagen Fahrenheit	226
Das Thermometer sagt Kelvin	226
Es wird warm: Längenausdehnung.....	227
Noch ein Koeffizient.....	228
Ein Beispiel für Gleisarbeiter	229
Es bleibt warm: Volumenausdehnung.....	230
Mit dem (Wärme-)Strom schwimmen	230

18 Inhaltsverzeichnis

Die Phase ändert sich, die Temperatur nicht.....	233
Phasenumwandlung: Das Eis ist gebrochen!.....	233
Gut versteckt: Latente Wärme.....	234
Kapitel 14	
Hier, nimm meine Jacke: Wärmeübertragung	237
In Wallung versetzt: Konvektion.....	237
Autsch, das war heiß! Wärmeleitung	239
Wovon die Wärmeleitung abhängt.....	239
Die Gleichung für die Wärmeleitung anwenden.....	241
Warmer Strahlung	242
Die Strahlung ist da, auch wenn man sie nicht sieht	242
Schwarze Körper	244
Das Geheimnis der Avogadro-Zahl.....	245
Das Gasgesetz wird geschmiedet.....	246
Ein Beispiel: Der Druck eines idealen Gases.....	248
Alternativen: Die Gesetze von Boyle-Mariotte und Gay-Lussac.....	248
Gasmoleküle haben's eilig	249
Die Geschwindigkeit von Luftmolekülen.....	250
Die kinetische Energie eines idealen Gases.....	250
Kapitel 15	
Wärme trifft Arbeit: Die Hauptsätze der Thermodynamik ...	253
Das thermische Gleichgewicht erreichen: Nullter Hauptsatz.....	253
Wärme und Arbeit erhalten: Der erste Hauptsatz	254
Energieerhaltung mit Zahlen.....	255
Die Zustände ändern sich.....	256
Vom Umgang mit spezifischen Wärmekapazitäten	262
Wohin die Wärme fließt: Der zweite Hauptsatz	263
Arbeit aus Wärme mit Wärmekraftmaschinen.....	264
Vom Wirkungsgrad einer Dampfmaschine.....	264
Man kann nicht alles haben, sagt Carnot.....	265
Kälter geht's nicht: Der dritte (und absolut letzte) Hauptsatz	267
TEIL V	
ELEKTRISCHER STROM UND MAGNETE.....	269
Kapitel 16	
Wie elektrisiert	271
Plus oder minus? Die Ladung von Elektron und Proton.....	271
Ziehen und Schieben: Elektrische Kräfte	272
Das coulombsche Gesetz.....	272
Abstand halten	273
Die Geschwindigkeit von Elektronen	274
Kräfte zwischen mehreren Ladungen.....	274

Wirkung aus der Ferne: Elektrische Felder	276
Aus allen Richtungen: Felder von Punktladungen.....	277
Ganz schön geladen: Das elektrische Feld im Plattenkondensator.....	278
Die Spannung hochdrehen.....	280
Berechnung der elektrischen potenziellen Energie	280
Spannung ist Potenzial.....	282
Das elektrische Potenzial bleibt erhalten.....	283
Das elektrische Potenzial von Punktladungen.....	284
Aufladen, was die Kapazität hergibt.....	285

Kapitel 17 Ständig unter Strom..... 289

Der lange Marsch der Elektronen: Strom.....	289
Strom definieren.....	290
Strom in Batterien berechnen.....	290
Widerstandsfähig: Das ohmsche Gesetz.....	291
Der Strom durch einen Widerstand.....	291
Ganz spezifische Widerstände.....	292
Leistung lohnt sich	293
Schön der Reihe nach: Reihenschaltungen.....	293
Alles auf einmal: Parallelschaltungen.....	294
Maschendraht und Knoten: Die kirchhoffsschen Regeln.....	295
Anwendung der Maschenregel.....	296
Rechnen mit vielen Maschen.....	297
Kondensatoren im Kreis.....	299
Kondensatoren in Parallelschaltung.....	299
Kondensatoren in Reihenschaltung.....	300
Kondensator plus Widerstand gleich RC-Schaltkreis.....	302

Kapitel 18 Überaus anziehend: Magnetismus..... 305

Anziehen und Abstoßen.....	305
Die Wirkung auf bewegte Ladungen.....	307
Die Stärke magnetischer Kräfte.....	308
Gebogene Bahnen: Ladungen im Magnetfeld.....	309
Magnetfelder arbeiten nicht	310
... aber sie wirken trotzdem!.....	310
Ströme verbiegen.....	312
Kräfte auf Ströme	312
Rotierende Schleifen.....	313
Das Magnetfeld eines Drahts.....	315
Magnetfelder in Leiterschleifen	317
Schön gleichmäßig: Magnetfelder von Spulen	319

20 Inhaltsverzeichnis

Kapitel 19		
Spannende Ströme		321
Eine Spannung wird induziert.....	321	
Spannende Bewegung im Magnetfeld.....	322	
Induktionsspannung und Fläche	323	
Faraday und der Fluss.....	324	
Richtige Vorzeichen: Die lenzsche Regel.....	326	
Induktivitäten	328	
Auf und ab: Wechselstromkreise	329	
Harmonische Sinusspannung	330	
Im Gleichschritt durch den Widerstand	330	
Am Kondensator eilt der Strom voraus.....	331	
An der Spule trödelt der Strom.....	334	
Dreifache Herausforderung: RCL-Stromkreise.....	336	
Kapitel 20		
Linsen und Spiegel im Rampenlicht		339
Alles über Spiegel – legeipS rebü sellA.....	339	
Licht wird abgelenkt	340	
Licht brechen mit Snellius.....	340	
Gemessene und gefühlte Tiefe.....	341	
Spieglein, Spieglein an der Wand	343	
Hohlspiegel wirken vergrößernd.....	343	
Konvexe Spiegel wirken verkleinernd	348	
Mit Linsen sieht man besser.....	349	
Sammellinsen wirken vergrößernd	349	
Zerstreuungslinsen wirken verkleinernd.....	353	
TEIL VI		
DER TOP-TEN-TEIL		355
Kapitel 21		
Alles ist relativ(istisch)		357
Die Natur behandelt alle gleich.....	357	
Licht ist immer gleich schnell.....	358	
Bei hoher Geschwindigkeit dehnt sich die Zeit.....	359	
Raumfahrer altern langsamer.....	359	
Bei hoher Geschwindigkeit schrumpft die Länge.....	360	
Materie ist gleich Energie	360	
Materie plus Antimaterie gleich ... bumm.....	361	
Die Sonne verliert an Masse	361	
Es geht nicht schneller	362	
Und Newton hat trotzdem recht!.....	362	

Kapitel 22	
Zehn wilde Theorien	365
Ganz klein ... und ganz anders.....	365
Hier und da zugleich.....	366
Gravitation krümmt den Raum	367
Schwarze Löcher halten Licht fest.....	367
Geht's noch kleiner?	368
Explosive Mischung: Materie und Antimaterie.....	368
Auch nicht schlecht: Supernovae.....	369
Vom Urknall zum Endknall.....	369
Dunkle Bedrohung	369
Zukunftsphysik	370
Anhang: Lösungen	371
Glossar.....	387
Stichwortverzeichnis	393