



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 schiefen 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: Schwingvoll: 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	391





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

Inhaltsverzeichnis 15

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, wechse 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

Inhaltsverzeichnis 17

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 waagrecht	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
Warme 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

Inhaltsverzeichnis 19

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 kirchhoffschen 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

Linse 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

Inhaltsverzeichnis 21

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	391

