

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>		
<b>Messung und Maßeinheiten</b>		
1.1	Grundsätzliches zu Messungen .....	1
1.2	Zeit .....	6
1.3	Masse .....	8
1.4	Zusammenfassung .....	9
1.5	Aufgaben .....	10
<b>2</b>		
<b>Geradlinige Bewegung</b>		
2.1	Ort, Verschiebung und mittlere Geschwindigkeit .....	13
2.2	Momentangeschwindigkeit .....	19
2.3	Beschleunigung .....	21
2.4	Konstante Beschleunigung .....	24
2.5	Der freie Fall .....	30
2.6	Zusammenfassung .....	33
2.7	Fragen .....	34
2.8	Aufgaben .....	35
<b>3</b>		
<b>Vektoren</b>		
3.1	Vektoren und ihre Eigenschaften .....	41
3.2	Einheitsvektoren und Vektoraddition .....	48
3.3	Die Multiplikation von Vektoren .....	53
3.4	Felder .....	58
3.5	Partielle Ableitungen .....	60
3.6	Vektorableitungen .....	62
3.7	Komplexe Zahlen und Funktionen .....	65
3.8	Zusammenfassung .....	68
3.9	Fragen .....	69
3.10	Aufgaben .....	71
<b>4</b>		
<b>Bewegung in zwei und drei Dimensionen</b>		
4.1	Ort und Verschiebung .....	77
4.2	Durchschnittsgeschwindigkeit und Momentangeschwindigkeit .....	80
4.3	Durchschnittsbeschleunigung und Momentanbeschleunigung .....	82
4.4	Wurfbewegungen .....	85
4.5	Die gleichförmige Kreisbewegung .....	92
4.6	Relativbewegung in einer Dimension .....	95
4.7	Relativbewegung in zwei Dimensionen ...	98
4.8	Zusammenfassung .....	100
4.9	Fragen .....	101
4.10	Aufgaben .....	104
<b>5</b>		
<b>Kraft und Bewegung – I</b>		
5.1	Das erste und das zweite Newtonsche Gesetz .....	111
5.2	Einige besondere Kräfte .....	121
5.3	Die Newtonschen Gesetze in der Praxis ...	126
5.4	Zusammenfassung .....	136
5.5	Fragen .....	137
5.6	Aufgaben .....	139
<b>6</b>		
<b>Kraft und Bewegung – II</b>		
6.1	Reibung .....	145
6.2	Strömungswiderstand und Endgeschwindigkeit .....	151
6.3	Gleichförmige Kreisbewegung .....	155
6.4	Scheinkräfte .....	161
6.5	Zusammenfassung .....	165
6.6	Fragen .....	166
6.7	Aufgaben .....	168
<b>7</b>		
<b>Kinetische Energie und Arbeit</b>		
7.1	Energie .....	175
7.2	Arbeit und kinetische Energie .....	178
7.3	Von der Gravitationskraft verrichtete Arbeit .....	183
7.4	Von einer Federkraft verrichtete Arbeit .....	188
7.5	Von einer allgemeinen veränderlichen Kraft verrichtete Arbeit .....	192
7.6	Leistung .....	197
7.7	Zusammenfassung .....	200
7.8	Fragen .....	201
7.9	Aufgaben .....	204

## 8

### Potenzielle Energie und Energieerhaltung

8.1	Potenzielle Energie . . . . .	211
8.2	Der Energieerhaltungssatz der Mechanik . .	219
8.3	Grafische Darstellung der potenziellen Energie . . . . .	223
8.4	Von einer äußeren Kraft an einem System verrichtete Arbeit . . . . .	228
8.5	Energieerhaltung . . . . .	232
8.6	Zusammenfassung . . . . .	238
8.7	Fragen . . . . .	239
8.8	Aufgaben . . . . .	241

## 9

### Systeme von Teilchen

9.1	Der Schwerpunkt . . . . .	251
9.2	Das zweite Newtonsche Gesetz für ein Teilchensystem . . . . .	256
9.3	Der Impuls . . . . .	261
9.4	Stoßprozesse: Der Kraftstoß . . . . .	263
9.5	Die Impulserhaltung . . . . .	267
9.6	Inelastische eindimensionale Stöße . . . . .	272
9.7	Elastische eindimensionale Stöße . . . . .	275
9.8	Zweidimensionale Stöße . . . . .	279
9.9	Systeme mit veränderlicher Masse: Eine Rakete . . . . .	280
9.10	Äußere Kräfte und Änderungen der inneren Energie . . . . .	283
9.11	Zusammenfassung . . . . .	286
9.12	Fragen . . . . .	288
9.13	Aufgaben . . . . .	290

## 10

### Die Rotation ausgedehnter Körper

10.1	Die Variablen der Rotation . . . . .	301
10.2	Rotation mit konstanter Winkelbeschleunigung . . . . .	310
10.3	Beziehungen zwischen den Variablen für lineare Bewegung und Rotation . . . . .	313
10.4	Die kinetische Energie der Rotation . . . . .	318
10.5	Die Berechnung des Trägheitsmoments . . .	319
10.6	Das Drehmoment . . . . .	324
10.7	Das zweite Newtonsche Gesetz für die Rotation . . . . .	326
10.8	Arbeit und kinetische Energie der Rotation . . . . .	330
10.9	Zusammenfassung . . . . .	335
10.10	Fragen . . . . .	337
10.11	Aufgaben . . . . .	339

## 11

### Rollbewegung, Drehmoment und Drehimpuls

11.1	Die Rollbewegung . . . . .	347
11.2	Kräfte und die kinetische Energie der Rollbewegung . . . . .	349

11.3	Das Jo-Jo . . . . .	354
11.4	Eine erweiterte Definition des Drehmoments . . . . .	355
11.5	Der Drehimpuls . . . . .	357
11.6	Das zweite Newtonsche Gesetz in Winkelschreibweise . . . . .	360
11.7	Der Drehimpuls eines starren Körpers . . . .	363
11.8	Die Erhaltung des Drehimpulses . . . . .	366
11.9	Die Präzession eines Kreisels . . . . .	374
11.10	Zusammenfassung . . . . .	376
11.11	Fragen . . . . .	377
11.12	Aufgaben . . . . .	379

## 12

### Gleichgewicht und Elastizität

12.1	Gleichgewicht . . . . .	387
12.2	Beispiele für statische Gleichgewichte . . . .	392
12.3	Elastizität . . . . .	400
12.4	Zusammenfassung . . . . .	407
12.5	Fragen . . . . .	407
12.6	Aufgaben . . . . .	409

## 13

### Gravitation

13.1	Das Newtonsche Gravitationsgesetz . . . . .	419
13.2	Gravitation und das Superpositionsprinzip . . . . .	422
13.3	Die Gravitation in der Nähe der Erdoberfläche . . . . .	425
13.4	Die Gravitation innerhalb der Erde . . . . .	428
13.5	Die potenzielle Energie der Gravitation . . .	430
13.6	Planeten und Satelliten: Die Keplerschen Gesetze . . . . .	436
13.7	Satelliten: Umlaufbahnen und Energie . . . .	439
13.8	Einstein und die Gravitation . . . . .	443
13.9	Zusammenfassung . . . . .	445
13.10	Fragen . . . . .	446
13.11	Aufgaben . . . . .	448

## 14

### Fluide

14.1	Fluide, Dichte und Druck . . . . .	455
14.2	Ruhende Fluide . . . . .	459
14.3	Druckmessung . . . . .	462
14.4	Das Pascalsche Prinzip . . . . .	464
14.5	Das archimedische Prinzip . . . . .	465
14.6	Die Kontinuitätsgleichung . . . . .	470
14.7	Die Bernoulli-Gleichung . . . . .	475
14.8	Zusammenfassung . . . . .	479
14.9	Fragen . . . . .	480
14.10	Aufgaben . . . . .	481

## 15

### Schwingungen

15.1	Harmonische Schwingungen . . . . .	489
------	------------------------------------	-----

15.2	Die Energie einer harmonischen Schwingung .....	498
15.3	Das Torsionspendel .....	500
15.4	Pendel und Kreisbewegungen .....	502
15.5	Gedämpfte harmonische Schwingungen .....	509
15.6	Erzwungene Schwingungen und Resonanz .....	514
15.7	Das Foucaultsche Pendel .....	518
15.8	Zusammenfassung .....	521
15.9	Fragen .....	522
15.10	Aufgaben .....	525

## 16

### Wellen – I

16.1	Transversalwellen .....	531
16.2	Die Wellengeschwindigkeit eines gespannten Seils .....	542
16.3	Energie und Leistung einer sich ausbreitenden Seilwelle .....	544
16.4	Die Wellengleichung .....	547
16.5	Die Interferenz von Wellen .....	549
16.6	Darstellung von Wellen durch Zeiger .....	554
16.7	Stehende Wellen und Resonanz .....	556
16.8	Zusammenfassung .....	563
16.9	Fragen .....	564
16.10	Aufgaben .....	566

## 17

### Wellen – II

17.1	Die Schallgeschwindigkeit .....	573
17.2	Die Ausbreitung von Schallwellen .....	577
17.3	Interferenz .....	580
17.4	Schallintensität und Schallpegel .....	583
17.5	Musikalische Töne .....	587
17.6	Schwebungen .....	592
17.7	Der Doppler-Effekt .....	594
17.8	Überschallgeschwindigkeit und Stoßwellen .....	600
17.9	Zusammenfassung .....	601
17.10	Fragen .....	602
17.11	Aufgaben .....	604

## 18

### Temperatur, Wärme und der erste Hauptsatz der Thermodynamik

18.1	Temperatur .....	611
18.2	Die Celsius- und die Fahrenheit-Skala .....	615
18.3	Wärmeausdehnung .....	618
18.4	Die Absorption von Wärme .....	621
18.5	Der erste Hauptsatz der Thermodynamik .....	628
18.6	Mechanismen der Wärmeübertragung .....	635
18.7	Zusammenfassung .....	641
18.8	Fragen .....	642
18.9	Aufgaben .....	644

## 19

### Die kinetische Gastheorie

19.1	Ein neuer Blick auf Gase .....	651
19.2	Ideale Gase .....	653
19.3	Druck, Temperatur und gemittelte Geschwindigkeiten .....	657
19.4	Kinetische Translationsenergie .....	661
19.5	Die mittlere freie Weglänge .....	662
19.6	Die Verteilungsfunktion der Molekülgeschwindigkeiten .....	664
19.7	Die molare Wärmekapazität idealer Gase .....	669
19.8	Freiheitsgrade und molare Wärmekapazität .....	674
19.9	Die adiabatische Expansion eines idealen Gases .....	678
19.10	Reale Gase .....	683
19.11	Zusammenfassung .....	686
19.12	Fragen .....	688
19.13	Aufgaben .....	690

## 20

### Entropie und der zweite Hauptsatz der Thermodynamik

20.1	Entropie .....	695
20.2	Entropie in Aktion: Thermodynamische Maschinen .....	703
20.3	Kältemaschinen und reale Maschinen .....	709
20.4	Eine statistische Interpretation der Entropie .....	713
20.5	Zusammenfassung .....	718
20.6	Fragen .....	719
20.7	Aufgaben .....	720

## 21

### Elektrische Ladung

21.1	Elektromagnetismus .....	727
21.2	Die elektrische Ladung ist quantisiert .....	740
21.3	Die elektrische Ladung ist eine Erhaltungsgröße .....	742
21.4	Zusammenfassung .....	743
21.5	Fragen .....	744
21.6	Aufgaben .....	746

## 22

### Elektrische Felder

22.1	Das elektrische Feld .....	751
22.2	Das elektrische Feld einer Punktladung .....	754
22.3	Das elektrische Feld eines Dipols .....	757
22.4	Elektrisches Feld einer linearen Ladungsverteilung .....	760
22.5	Das elektrische Feld einer geladenen Scheibe .....	766
22.6	Punktladung im elektrischen Feld .....	768
22.7	Ein Dipol in einem elektrischen Feld .....	770

38.7	Die Heisenbergsche Unschärferelation . . . .	1357
38.8	Reflexion an einer Potenzienschwelle . . . .	1359
38.9	Der Tunneleffekt . . . . .	1361
38.10	Zusammenfassung . . . . .	1365
38.11	Fragen . . . . .	1366
38.12	Aufgaben . . . . .	1367

## 39

### Mehr über Materiewellen

39.1	Die Energie eines Elektrons in einer Elektronenfall . . . . .	1373
39.2	Die Wellenfunktionen eines Elektrons in einem Kastenpotenzial . . . . .	1380
39.3	Das eindimensionale endliche Kastenpotenzial . . . . .	1385
39.4	Zwei- und dreidimensionale Elektronenfallen . . . . .	1388
39.5	Das Wasserstoffatom . . . . .	1393
39.6	Zusammenfassung . . . . .	1406
39.7	Fragen . . . . .	1408
39.8	Aufgaben . . . . .	1409

## 40

### Atome

40.1	Eigenschaften von Atomen . . . . .	1415
40.2	Das Stern-Gerlach-Experiment . . . . .	1422
40.3	Kernspinresonanz . . . . .	1426
40.4	Das Pauli-Prinzip . . . . .	1428
40.5	Der Aufbau des Periodensystems . . . . .	1432
40.6	Röntgenstrahlung . . . . .	1435
40.7	Laser . . . . .	1440
40.8	Zusammenfassung . . . . .	1445
40.9	Fragen . . . . .	1447
40.10	Aufgaben . . . . .	1447

## 41

### Elektrische Leitfähigkeit von Festkörpern

41.1	Die elektrischen Eigenschaften von Metallen . . . . .	1453
41.2	Halbleiter und Dotierung . . . . .	1466
41.3	pn-Übergänge und Transistoren . . . . .	1472
41.4	Zusammenfassung . . . . .	1480
41.5	Fragen . . . . .	1481
41.6	Aufgaben . . . . .	1482

## 42

### Kernphysik

42.1	Die Entdeckung des Atomkerns . . . . .	1487
------	--	------

42.2	Einige Eigenschaften von Atomkernen . . . . .	1489
42.3	Der radioaktive Zerfall . . . . .	1497
42.4	Der Alpha-Zerfall . . . . .	1501
42.5	Der Beta-Zerfall . . . . .	1504
42.6	Radiometrische Altersbestimmung . . . . .	1508
42.7	Maße für Strahlungsdosen . . . . .	1509
42.8	Kernmodelle . . . . .	1511
42.9	Zusammenfassung . . . . .	1514
42.10	Fragen . . . . .	1515
42.11	Aufgaben . . . . .	1516

## 43

### Kernenergie

43.1	Kernspaltung . . . . .	1525
43.2	Kernreaktoren . . . . .	1531
43.3	Ein natürlicher Kernreaktor . . . . .	1536
43.4	Thermonukleare Fusion: Der grundlegende Prozess . . . . .	1538
43.5	Thermonukleare Fusion in der Sonne und anderen Sternen . . . . .	1541
43.6	Kontrollierte thermonukleare Fusion . . . . .	1544
43.7	Zusammenfassung . . . . .	1547
43.8	Fragen . . . . .	1548
43.9	Aufgaben . . . . .	1549

## 44

### Quarks, Leptonen und der Urknall

44.1	Grundzüge der Teilchenphysik . . . . .	1555
44.2	Leptonen, Hadronen und Strangeness . . . . .	1564
44.3	Quarks und Austauschteilchen . . . . .	1570
44.4	Kosmologie . . . . .	1577
44.5	Zusammenfassung . . . . .	1585
44.6	Fragen . . . . .	1585
44.7	Aufgaben . . . . .	1586

## Anhang

A	Das Internationale Einheitensystem (SI) . . . . .	1594
B	Astronomische Daten . . . . .	1596
C	Umrechnungsfaktoren . . . . .	1597
D	Mathematische Formeln . . . . .	1599
E	Eigenschaften der Elemente . . . . .	1603
F	Antworten auf die Kontrollfragen und Fragen . . . . .	1606
G	Stichwortverzeichnis . . . . .	1614