

Inhaltsverzeichnis

1-15	Mechanik
16-18	Schwingungen und Wellen
19-21	Thermodynamik

22-34	Elektrostatik und Elektrodynamik
35-37	Optik
38-42	Jenseits der klassischen Physik

1

Messung und Maßeinheiten

1-1	Dinge messen	2
1-2	Das internationale Einheitensystem SI ...	2
1-3	Einheiten umwandeln	3
1-4	Länge	5
1-5	Zeit	6
1-6	Masse	9
	Zusammenfassung	10

2

Geradlinige Bewegung

2-1	Bewegung	12
2-2	Ort und Verschiebung	12
2-3	Durchschnittsgeschwindigkeit	13
2-4	Momentangeschwindigkeit	16
2-5	Beschleunigung	19
2-6	Gleichmäßig beschleunigte Bewegung: Ein Sonderfall	22
2-7	Ein weiterer Zugang zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung	25
2-8	Der freie Fall	26
	Zusammenfassung	29

3

Vektoren

3-1	Vektoren und Skalare	32
3-2	Geometrische Addition von Vektoren	32
3-3	Komponenten von Vektoren	34
3-4	Einheitsvektoren	39
3-5	Vektoren komponentenweise addieren ...	40
3-6	Vektoren und physikalische Gesetze	42

3-7	Multiplikation von Vektoren	43
3-8	Felder	47
3-9	Partielle Ableitungen	48
3-10	Der Gradient	50
3-11	Die Divergenz	51
3-12	Die Rotation	51
3-13	Zweite Ableitungen	52
3-14	Komplexe Zahlen und Funktionen	53
	Zusammenfassung	55

4

Bewegung in zwei und drei Dimensionen

4-1	Bewegung in zwei oder drei Dimensionen	58
4-2	Ort und Verschiebung	58
4-3	Durchschnittsgeschwindigkeit und Momentangeschwindigkeit	60
4-4	Durchschnittsbeschleunigung und Momentanbeschleunigung	62
4-5	Wurfbewegungen	65
4-6	Analyse der Wurfbewegung	66
4-7	Die gleichförmige Kreisbewegung	73
4-8	Relativbewegung in einer Dimension	75
4-9	Relativbewegung in zwei Dimensionen ...	77
	Zusammenfassung	79

5

Die Newtonschen Gesetze der Mechanik

5-1	Wodurch wird Beschleunigung verursacht?	82
5-2	Das erste Newtonsche Gesetz	82
5-3	Kraft	83
5-4	Masse	85
5-5	Das zweite Newtonsche Gesetz	86
5-6	Einige besondere Kräfte	92

5-7	Das dritte Newtonsche Gesetz	97	9-4	Der Impuls eines Teilchens	185
5-8	Anwendung der Newtonschen Gesetze...	98	9-5	Der Impuls eines Teilchensystems	185
	Zusammenfassung	106	9-6	Die Impulserhaltung	187
6			9-7	Systeme mit veränderlicher Masse: Eine Rakete	191
	Kraft und Bewegung		9-8	Äußere Kräfte und Änderungen der inneren Energie	194
6-1	Reibung	110		Zusammenfassung	196
6-2	Eigenschaften der Reibung	111	10		
6-3	Strömungswiderstand und Endgeschwindigkeit	116		Stoßprozesse	
6-4	Gleichförmige Kreisbewegung	119	10-1	Was ist ein Stoß?	200
	Zusammenfassung	125	10-2	Kraftstoß und Impuls	201
7			10-3	Impuls und kinetische Energie bei Stoßprozessen	204
	Kinetische Energie und Arbeit		10-4	Inelastische eindimensionale Stöße	205
7-1	Energie	128	10-5	Elastische eindimensionale Stöße	209
7-2	Arbeit	129	10-6	Zweidimensionale Stöße	213
7-3	Arbeit und kinetische Energie	130		Zusammenfassung	215
7-4	Von der Gravitationskraft verrichtete Arbeit	134	11		
7-5	Von einer Federkraft verrichtete Arbeit ..	139		Die Rotation	
7-6	Von einer allgemeinen veränderlichen Kraft verrichtete Arbeit	143	11-1	Translation und Rotation	218
7-7	Leistung	146	11-2	Rotationsvariable	218
	Zusammenfassung	148	11-3	Sind Winkelgrößen Vektoren?	222
8			11-4	Rotation mit konstanter Winkelbeschleunigung	223
	Potenzielle Energie und Energieerhaltung		11-5	Beziehungen zwischen den Variablen für lineare Bewegung und Rotation	226
8-1	Potenzielle Energie	152	11-6	Die kinetische Energie der Rotation	229
8-2	Wegunabhängigkeit von konservativen Kräften	153	11-7	Berechnung des Trägheitsmoments	230
8-3	Berechnung der potenziellen Energie	156	11-8	Das Drehmoment	233
8-4	Der Energieerhaltungssatz der Mechanik	159	11-9	Das zweite Newtonsche Axiom für die Rotation	234
8-5	Grafische Darstellung der potenziellen Energie	163	11-10	Arbeit und kinetische Energie der Rotation	238
8-6	An einem System verrichtete Arbeit	166		Zusammenfassung	242
8-7	Energieerhaltung	171	12		
	Zusammenfassung	173		Rollen, Drehmoment und Drehimpuls	
9			12-1	Rollen	246
	Systeme von Teilchen		12-2	Die kinetische Energie der Rollbewegung	248
9-1	Ein besonderer Punkt	176	12-3	Kräfte bei der Rollbewegung	249
9-2	Der Schwerpunkt	176	12-4	Ein Jo-Jo	251
9-3	Das zweite Newtonsche Axiom für ein Teilchensystem	181	12-5	Eine erweiterte Definition des Drehmoments	252
			12-6	Der Drehimpuls	254

12-7	Das zweite Newtonsche Axiom in Winkelschreibweise	256
12-8	Der Drehimpuls eines Teilchensystems ...	258
12-9	Der Drehimpuls eines rotierenden starren Körpers	259
12-10	Die Erhaltung des Drehimpulses	262
	Zusammenfassung	269

13

Gleichgewicht und Elastizität

13-1	Gleichgewicht	272
13-2	Bedingungen für das Gleichgewicht	273
13-3	Das Gravitationszentrum	274
13-4	Beispiele für statische Gleichgewichte ...	276
13-5	Unterbestimmte Strukturen	283
13-6	Elastizität	284
	Zusammenfassung	289

14

Gravitation

14-1	Die Gravitationskraft in unserem Kosmos	292
14-2	Das Newtonsche Gravitationsgesetz	292
14-3	Gravitation und das Superpositionsprinzip	294
14-4	Die Gravitation in der Nähe der Erdoberfläche	297
14-5	Die Gravitation innerhalb der Erde	300
14-6	Die potenzielle Energie der Gravitation ..	301
14-7	Planeten und Satelliten: Die Keplerschen Gesetze	306
14-8	Satelliten: Umlaufbahnen und Energie ...	310
	Zusammenfassung	312

15

Fluide

15-1	Was ist ein Fluid?	316
15-2	Dichte	316
15-3	Druck	316
15-4	Ruhende Fluide	318
15-5	Druckmessung	321
15-6	Das Pascalsche Prinzip	322
15-7	Das Archimedische Prinzip	324
15-8	Ideale Fluide in Bewegung	327
15-9	Die Kontinuitätsgleichung	328
15-10	Die Bernoulli-Gleichung	331
	Zusammenfassung	335

16

Schwingungen

16-1	Schwingungen	338
16-2	Harmonische Schwingungen	338
16-3	Das Kraftgesetz der harmonischen Schwingung	341
16-4	Die Energie der harmonischen Schwingung	345
16-5	Das Torsionspendel	347
16-6	Pendel	348
16-7	Harmonische Schwingungen und die gleichförmige Kreisbewegung	354
16-8	Gedämpfte harmonische Schwingungen .	355
16-9	Erzwungene Schwingungen und Resonanz	357
16-10	Das Foucaultsche Pendel	358
	Zusammenfassung	359

17

Wellen

17-1	Wellen und Teilchen	362
17-2	Wellenarten	362
17-3	Transversale und longitudinale Wellen ...	363
17-4	Wellenlänge und Frequenz	364
17-5	Die Geschwindigkeit einer fortlaufenden Welle	366
17-6	Die Wellengeschwindigkeit für ein gespanntes Seil	370
17-7	Energie und Leistung einer fortlaufenden Seilwelle	372
17-8	Das Superpositionsprinzip für Wellen	375
17-9	Die Interferenz von Wellen	375
17-10	Darstellung einer Welle durch einen Vektor	379
17-11	Stehende Wellen	380
17-12	Stehende Wellen und Resonanz	383
	Zusammenfassung	385

18

Schallwellen

18-1	Schallwellen	388
18-2	Die Schallgeschwindigkeit	388
18-3	Ausbreitung von Schallwellen	391
18-4	Interferenz	394
18-5	Schallintensität und Schallpegel	396
18-6	Musikalische Töne	400
18-7	Schwebungen	402
18-8	Der Doppler-Effekt	404

18-9	Überschallgeschwindigkeiten und Schockwellen	408
	Zusammenfassung	409

19

Temperatur, Wärme und der erste Hauptsatz der Thermodynamik

19-1	Thermodynamik	412
19-2	Der nullte Hauptsatz der Thermodynamik	412
19-3	Temperaturmessung	413
19-4	Die Celsius- und die Fahrenheit-Skalen ...	415
19-5	Wärmeausdehnung	417
19-6	Temperatur und Wärme	419
19-7	Die Wärmeaufnahme bei Festkörpern und Flüssigkeiten	420
19-8	Wärme und Arbeit: Eine ausführlichere Betrachtung	426
19-9	Der erste Hauptsatz der Thermodynamik	428
19-10	Einige Beispiele für den ersten Hauptsatz der Thermodynamik	429
	Zusammenfassung	431

20

Die kinetische Gastheorie

20-1	Gase unter einem neuen Blickwinkel	434
20-2	Die Avogadro-Zahl	434
20-3	Ideale Gase	435
20-4	Druck, Temperatur und mittlere Geschwindigkeit	438
20-5	Die kinetische Translationsenergie	441
20-6	Die mittlere freie Weglänge	442
20-7	Die Verteilungsfunktion der Molekülgeschwindigkeiten	444
20-8	Die molaren spezifischen Wärmen idealer Gase	448
	Zusammenfassung	452

21

Entropie und der zweite Hauptsatz der Thermodynamik

21-1	Gerichtete Prozesse	456
21-2	Entropieänderungen	457
21-3	Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik	461
21-4	Die Entropie in Aktion: Maschinen	462
21-5	Die Entropie in Aktion: Kältemaschinen ..	468
21-6	Die Wirkungsgrade realer Maschinen	469
21-7	Eine statistische Interpretation der Entropie	470
	Zusammenfassung	474

22

Elektrische Ladung

22-1	Elektromagnetismus	478
22-2	Elektrische Ladung	478
22-3	Leiter und Isolatoren	480
22-4	Das Coulombsche Gesetz	481
	Zusammenfassung	489

23

Elektrische Felder

23-1	Ladungen und Kräfte - genauer betrachtet	492
23-2	Das elektrische Feld	492
23-3	Elektrische Feldlinien	493
23-4	Das elektrische Feld einer Punktladung ..	495
23-5	Das Feld eines elektrischen Dipols	497
23-6	Das elektrische Feld einer linearen Ladungsverteilung	498
23-7	Das elektrische Feld einer geladenen Scheibe	503
23-8	Verhalten einer Punktladung in einem elektrischen Feld	504
23-9	Verhalten eines Dipols in einem elektrischen Feld	507
	Zusammenfassung	510

24

Der Gaußsche Satz

24-1	Das Coulombsche Gesetz in neuem Licht	512
24-2	Fluss	512
24-3	Fluss eines elektrischen Felds	513
24-4	Der Gaußsche Satz	517
24-5	Gaußscher Satz und Coulombsches Gesetz	519
24-6	Eigenschaften eines geladenen, isolierten Leiters	520
	Zusammenfassung	524

25

Elektrisches Potenzial

25-1	Elektrische potenzielle Energie	526
25-2	Elektrisches Potenzial	527
25-3	Äquipotenzialflächen	530
25-4	Berechnung des Potenzials aus dem Feld	531
25-5	Potenzial einer Punktladung	533

25-6	Potenzial einer Gruppe von Punktladungen	535
25-7	Potenzial eines elektrischen Dipols	536
25-8	Potenzial einer kontinuierlichen Ladungsverteilung	538
25-9	Berechnung des elektrischen Felds aus dem elektrischen Potenzial	540
25-10	Elektrische potenzielle Energie eines Systems von Punktladungen	542
25-11	Potenzial eines geladenen, isolierten leitenden Körpers	544
	Zusammenfassung	545

26

Kapazität

26-1	Kondensatoren und ihre Anwendungen ..	548
26-2	Kapazität	548
26-3	Berechnung der Kapazität	550
26-4	Parallel- und Reihenschaltung von Kondensatoren	554
	Zusammenfassung	556

27

Elektrischer Strom und Widerstand

27-1	Ladung in Bewegung: Elektrische Ströme ..	560
27-2	Elektrischer Strom	560
27-3	Stromdichte	563
27-4	Widerstand und spezifischer Widerstand ..	567
27-5	Ohmsches Gesetz	570
27-6	Das Ohmsche Gesetz - mikroskopisch betrachtet	572
27-7	Elektrische Leistung in Stromkreisen	574
27-8	Halbleiter	576
27-9	Supraleiter	577
	Zusammenfassung	579

28

Stromkreise

28-1	„Pumpen“ von Ladung	582
28-2	Arbeit, Energie und Spannung	582
28-3	Der einfache Stromkreis	584
28-4	Widerstände im einfachen Stromkreis	586
28-5	Potenzialdifferenzen	588
28-6	Verzweigte Stromkreise	591
28-7	Amperemeter und Voltmeter	599
28-8	Stromkreise mit Kondensator	599
	Zusammenfassung	603

29

Magnetfelder

29-1	Das Magnetfeld	606
29-2	Definition von \vec{B}	606
29-3	Gekreuzte Felder: Die Entdeckung des Elektrons	611
29-4	Gekreuzte Felder: Der Hall-Effekt	612
29-5	Geladene Teilchen auf einer Kreisbahn ...	615
29-6	Zyklotron und Synchrotron	620
29-7	Magnetische Kraft auf einen stromdurchflossenen Draht	622
29-8	Drehmoment auf eine stromdurchflossene Drahtschleife	624
29-9	Magnetisches Dipolmoment	627
	Zusammenfassung	629

30

Magnetfelder aufgrund von Strömen

30-1	Das Magnetfeld eines Stroms	632
30-2	Die Kraft zwischen parallelen Strömen ...	638
30-3	Das Ampèresche Gesetz	639
	Zusammenfassung	643

31

Induktion und Induktivität

31-1	Zwei symmetrische Situationen	646
31-2	Zwei Experimente	646
31-3	Das Faradaysche Induktionsgesetz	647
31-4	Die Lenzsche Regel	650
31-5	Induktion und Energietransfer	653
31-6	Induzierte elektrische Felder	656
31-7	Induktivität	660
31-8	Selbstinduktion	661
	Zusammenfassung	663

32

Magnetismus und Materie

32-1	Magnete	666
32-2	Der Gaußsche Satz für Magnetfelder	666
32-3	Der Erdmagnetismus	667
32-4	Der Magnetismus von Elektronen	668

32-5	Magnetische Materialien	672	35-4	Abbildungen an Kugelspiegeln	756
32-6	Diamagnetismus	673	35-5	Sphärische brechende Flächen	759
32-7	Paramagnetismus.....	674		Zusammenfassung	764
32-8	Ferromagnetismus.....	676			
32-9	Induzierte magnetische Felder	679			
32-10	Der Verschiebungsstrom	682			
	Zusammenfassung	684			

36

Interferenz

36-1	Interferenz	766
36-2	Licht als Welle	766
36-3	Beugung	770
36-4	Der Doppelspaltversuch von Young	771
36-5	Kohärenz	774
36-6	Intensitäten bei der Interferenz am Doppelspalt.....	775
36-7	Interferenz an dünnen Schichten	779
36-8	Das Michelson-Interferometer.....	785
	Zusammenfassung	786

37

Beugung

37-1	Beugung und die Wellentheorie des Lichts.....	790
37-2	Beugung am Einzelspalt: Lokalisierung der Minima	791
37-3	Intensitäten bei der Beugung am Einzelspalt - qualitative Betrachtung	794
37-4	Intensitäten bei der Beugung am Einzelspalt - quantitative Betrachtung ...	796
37-5	Beugung an einer kreisrunden Öffnung ..	798
37-6	Beugung am Doppelspalt.....	801
37-7	Beugungsgitter	804
37-8	Beugungsgitter: Dispersion und Auflösungsvermögen	807
37-9	Röntgenbeugung.....	810
	Zusammenfassung	812

38

Relativitätstheorie

38-1	Womit beschäftigt sich die Relativitätstheorie?	814
38-2	Die Postulate	814
38-3	Messung von Ereignissen.....	816
38-4	Die Relativität der Gleichzeitigkeit	817
38-5	Die Relativität der Zeit	819
38-6	Die Relativität der Länge	824
38-7	Die Lorentz-Transformation.....	826
38-8	Einige Folgen aus den Lorentz-Gleichungen	828
	Zusammenfassung	831

33

Elektromagnetische Schwingkreise und Wechselstrom

33-1	Neue Physik - alte Mathematik	688
33-2	LC-Schwingungen: Eine qualitative Diskussion	688
33-3	Die Analogie: Elektrischer und mechanischer Schwingkreis	691
33-4	LC-Schwingungen: Eine quantitative Diskussion	692
33-5	Gedämpfte Schwingungen in einem RLC-Kreis	696
33-6	Wechselstrom.....	698
33-7	Erzwungene Schwingungen	699
33-8	Drei einfache Stromkreise	699
33-9	Der in Reihe geschaltete RLC-Kreis	706
33-10	Die Leistung in Wechselstromkreisen	710
33-11	Transformatoren	713
	Zusammenfassung	717

34

Die Maxwell-Gleichungen

34-1	Maxwells Regenbogen	720
34-2	Die Maxwell-Gleichungen.....	721
34-3	Fortpflanzung elektromagnetischer Wellen	723
34-4	Energietransport und Poynting-Vektor ...	730
34-5	Der Strahlungsdruck	733
34-6	Polarisation	736
34-7	Reflexion und Brechung	740
34-8	Innere Totalreflexion	746
34-9	Polarisation durch Reflexion.....	748
	Zusammenfassung	749

35

Abbildungen

35-1	Zwei Arten von Bildern	752
35-2	Ebene Spiegel.....	753
35-3	Kugelspiegel	754

39

Photonen und Materiefelder

39-1	Eine neue Welt	834
39-2	Das Photon: Teilchen des Lichts	834
39-3	Der photoelektrische Effekt	836
39-4	Photonen haben einen Impuls	839
39-5	Licht als Wahrscheinlichkeitswelle	843
39-6	Elektronen und Materiewellen	845
39-7	Die Schrödinger-Gleichung	848
39-8	Die Heisenbergsche Unschärferelation ...	851
39-9	Der Tunneleffekt	852
39-10	Das Plancksche Strahlungsgesetz	855
	Zusammenfassung	856

40

Mehr über Materiewellen

40-1	Der Aufbau der Atome	860
40-2	Wellen auf einem Seil und Materiewellen	860
40-3	Die eindimensionale Elektronenfalle	861
40-4	Das Elektron im Kastenpotenzial	865
40-5	Das Elektron im endlichen Kastenpotenzial	869
40-6	Realisierung von Elektronenfallen	872
40-7	Zwei- und dreidimensionale Elektronenfallen	874
40-8	Das Bohrsche Modell des Wasserstoffatoms	876
	Zusammenfassung	886

41

Atome und Radioaktivität

41-1	Einige Eigenschaften von Atomen	890
41-2	Der Spin des Elektrons	892
41-3	Drehimpulse und magnetische Dipolmomente	893

41-4	Das Stern-Gerlach-Experiment	895
41-5	Kernspinresonanz	898
41-6	Die Entdeckung des Atomkerns	899
41-7	Einige Eigenschaften von Atomkernen ...	900
41-8	Radioaktiver Zerfall	905
41-9	Radiometrische Zeitmessung	911
41-10	Maße für Strahlungsdosen	912
	Zusammenfassung	913

42

Metalle, Halbleiter und Isolatoren

42-1	Festkörper	918
42-2	Die elektrischen Eigenschaften von Festkörpern	918
42-3	Die Energieniveaus in einem kristallinen Festkörper	919
42-4	Nichtleiter	920
42-5	Metalle	921
42-6	Halbleiter	927
42-7	Dotierte Halbleiter	929
42-8	Der <i>pn</i> -Übergang	932
42-9	Der Halbleiter-Gleichrichter	934
42-10	Anwendungen des <i>pn</i> -Übergangs	935
42-11	Der Transistor	938
	Zusammenfassung	939

Anhang

A	Das Internationale Einheitensystem (SI)	942
B	Astronomische Daten	944
C	Umrechnungsfaktoren	945
D	Mathematische Formeln	947
E	Eigenschaften der Elemente	951
F	Ergebnisse der Kontrollfragen	954
G	Bildquellenverzeichnis	957
H	Index	959