

Inhaltsverzeichnis

1-15	Mechanik	22-34	Elektrostatik und Elektrodynamik
16-18	Schwingungen und Wellen	35-37	Optik
19-21	Thermodynamik	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

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 Potentialdifferenzen 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			

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

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

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 pn -Übergang	932
42-9	Der Halbleiter-Gleichrichter	934
42-10	Anwendungen des pn -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

