

Inhaltsverzeichnis

1	Elektromagnetismus	1
1.1	Elektrische Kräfte	1
1.2	Elektrische und magnetische Felder	5
1.3	Charakteristische Merkmale von Vektorfeldern	6
1.4	Die Gesetze des Elektromagnetismus	8
1.5	Was sind Felder wirklich?	14
1.6	Elektromagnetismus in Wissenschaft und Technik	15
2	Vektoranalysis	17
2.1	Die Physik verstehen	17
2.2	Skalare- und Vektorfelder – T und h	18
2.3	Ableitungen von Feldern – der Gradient	22
2.4	Der Operator ∇	26
2.5	Operationen mit ∇	27
2.6	Die Differentialgleichung der Wärmeströmung	29
2.7	Zweite Ableitungen der Vektorfelder	31
2.8	Irrtümer	34
3	Integralsätze der Vektoranalysis	37
3.1	Vektorielle Integrale; das Linienintegral von $\nabla\psi$	37
3.2	Der Fluss eines Vektorfeldes	40
3.3	Der Fluss aus einem Würfel; Gaußscher Satz	43
3.4	Wärmeleitung; die Diffusionsgleichung	45
3.5	Die Zirkulation eines Vektorfeldes	48
3.6	Die Zirkulation um ein Quadrat; Stokesscher Satz	50
3.7	Wirbelfreie und quellenfreie Felder	53
3.8	Zusammenfassung	55
4	Elektrostatik	57
4.1	Elektrostatik	57
4.2	Coulombsches Gesetz; Überlagerung	59
4.3	Elektrisches Potential	62
4.4	$E = -\nabla\phi$	65
4.5	Der Fluss von E	67
4.6	Gaußsches Gesetz; die Divergenz von E	71
4.7	Feld einer geladenen Kugel	73
4.8	Feldlinien; Äquipotentialflächen	74

5	Anwendung des Gaußschen Gesetzes	77
5.1	Elektrostatik ist gleich Gaußsches Gesetz plus ...	77
5.2	Gleichgewicht in einem elektrostatischen Feld	77
5.3	Gleichgewicht in Anwesenheit von Leitern	79
5.4	Stabilität von Atomen	80
5.5	Das Feld einer geladenen Linie	81
5.6	Eine geladene ebene Schicht; zwei ebene Schichten	82
5.7	Eine geladene Kugel; eine geladene Kugelschale	84
5.8	Ist das Feld einer Punktladung genau $1/r^2$?	85
5.9	Das Feld eines Leiters	89
5.10	Das Feld in einem Hohlraum im Innern eines Leiters	90
6	Das elektrische Feld in Einzelfällen	93
6.1	Gleichungen für das elektrische Potential	93
6.2	Der elektrische Dipol	94
6.3	Bemerkungen über Vektorgleichungen	99
6.4	Das Dipolpotential als Gradient	99
6.5	Die Dipolnäherung für eine beliebige Verteilung	102
6.6	Das Feld geladener Leiter	104
6.7	Die Methode der Abbildung	105
6.8	Eine Punktladung in der Nähe einer leitenden Ebene	106
6.9	Eine Punktladung in der Nähe einer leitenden Kugel	108
6.10	Kondensatoren; parallele Platten	110
6.11	Durchschlag bei hoher Spannung	113
6.12	Das Feldemissionsmikroskop	115
7	Das elektrische Feld in Einzelfällen (Fortsetzung)	117
7.1	Methoden zur Ermittlung des elektrostatischen Feldes	117
7.2	Zweidimensionale Felder; komplexe Funktionen	119
7.3	Plasmaschwingungen	124
7.4	Kolloidale Teilchen in einem Elektrolyten	127
7.5	Das elektrostatische Feld eines Gitters	131
8	Elektrostatische Energie	135
8.1	Die elektrostatische Energie von Ladungen. Eine homogen geladene Kugel	135
8.2	Die Energie eines Kondensators. Kräfte auf geladene Leiter	137
8.3	Die elektrostatische Energie eines Ionenkristalls	141
8.4	Elektrostatische Energie in Kernen	144
8.5	Energie im elektrostatischen Feld	149
8.6	Die Energie einer Punktladung	153
9	Elektrizität in der Atmosphäre	155
9.1	Der Gradient des elektrischen Potentials der Atmosphäre	155
9.2	Elektrische Ströme in der Atmosphäre	157
9.3	Ursprung der elektrischen Ströme in der Atmosphäre	160
9.4	Gewitter	161
9.5	Der Mechanismus der Ladungstrennung	166
9.6	Der Blitz	170

10	Dielektrika	175
10.1	Die Dielektrizitätskonstante	175
10.2	Der Polarisationsvektor P	177
10.3	Polarisationsladungen	179
10.4	Die Gleichungen der Elektrostatik in Anwesenheit von Dielektrika	183
10.5	Felder und Kräfte in Anwesenheit von Dielektrika	185
11	Vorgänge im Innern von Dielektrika	189
11.1	Molekulare Dipole	189
11.2	Elektronenpolarisation	190
11.3	Polare Moleküle; Orientierungspolarisation	193
11.4	Elektrische Felder in Hohlräumen eines Dielektrikums	196
11.5	Die Dielektrizitätskonstante von Flüssigkeiten; die Clausius-Mossotti-Formel ..	199
11.6	Feste Dielektrika	200
11.7	Ferroelektrizität; BaTiO_3	202
12	Elektrostatische Analogien	209
12.1	Dieselben Gleichungen haben dieselben Lösungen	209
12.2	Die Wärmeströmung; eine Punktquelle in der Nähe eines unendlichen, ebenen Randes	210
12.3	Die aufgespannte Membran	215
12.4	Die Diffusion von Neutronen; eine gleichmäßige kugelförmige Quelle in einem homogenen Medium	218
12.5	Wirbelfreie Flüssigkeitsströmung; die Strömung um eine Kugel	221
12.6	Beleuchtung; die gleichmäßige Beleuchtung einer Ebene	224
12.7	Die „grundlegende Einheit“ der Natur	226
13	Magnetostatik	229
13.1	Das magnetische Feld	229
13.2	Der elektrische Strom; die Erhaltung der Ladung	230
13.3	Die auf einen Strom ausgeübte magnetische Kraft	232
13.4	Das Magnetfeld stationärer Ströme; das Ampèresche Gesetz	233
13.5	Das Magnetfeld eines geraden Drahtes und einer Spule; atomare Ströme	236
13.6	Die Relativität magnetischer und elektrischer Felder	239
13.7	Die Transformation von Strömen und Ladungen	245
13.8	Überlagerung; die Rechte-Hand-Regel	246
14	Das Magnetfeld in Einzelfällen	249
14.1	Das Vektorpotential	249
14.2	Das Vektorpotential bekannter Ströme	253
14.3	Ein gerader Draht	254
14.4	Ein langes Solenoid	256
14.5	Das Feld einer kleinen Schleife; der magnetische Dipol	259
14.6	Das Vektorpotential eines Stromkreises	262
14.7	Das Gesetz von Biot und Savart	263
15	Das Vektorpotential	265
15.1	Auf eine Stomschleife ausgeübte Kräfte; Energie eines Dipols	265
15.2	Mechanische und elektrische Energie	269

15.3	Die Energie stationärer Ströme	273
15.4	Vergleich von B und A	274
15.5	Das Vektorpotential in der Quantenmechanik	276
15.6	Was für die Statik stimmt, ist für die Dynamik falsch.....	284
16	Induzierte Ströme	289
16.1	Motoren und Generatoren	289
16.2	Transformatoren und Induktivitäten	294
16.3	Auf induzierte Ströme ausgeübte Kräfte	296
16.4	Elektrotechnik	302
17	Die Induktionsgesetze	305
17.1	Die Physik der Induktion	305
17.2	Ausnahmen von der „Flussregel“	307
17.3	Beschleunigung von Teilchen durch ein induziertes elektrisches Feld; das Betatron	309
17.4	Ein Paradoxon	312
17.5	Der Wechselstromgenerator	313
17.6	Gegeninduktion	317
17.7	Selbstinduktion	321
17.8	Induktivität und magnetische Energie	322
18	Die Maxwell-Gleichungen	329
18.1	Maxwells Gleichungen	329
18.2	Was der neue Term bewirkt	332
18.3	Alles über die klassische Physik	334
18.4	Ein Feld, das sich ausbreitet	335
18.5	Die Lichtgeschwindigkeit	340
18.6	Lösung der Maxwellschen Gleichungen; die Potentiale und die Wellengleichung	341
19	Das Prinzip der kleinsten Wirkung	345
20	Lösungen der Maxwellschen Gleichungen im leeren Raum	367
20.1	Wellen im leeren Raum; ebene Wellen	367
20.2	Wellen in drei Dimensionen	377
20.3	Vorstellungsvermögen in der Naturwissenschaft	379
20.4	Kugelwellen	382
21	Lösungen der Maxwell-Gleichungen in Anwesenheit von Strömen und Ladungen	389
21.1	Licht und elektromagnetische Wellen	389
21.2	Von einer Punktquelle ausgehende Kugelwellen	391
21.3	Die allgemeine Lösung der Maxwell-Gleichungen	394
21.4	Das Feld eines schwingenden Dipols	395
21.5	Das Potential einer bewegten Ladung; die allgemeine Lösung von Liénard und Wiechert	401
21.6	Das Potential einer Ladung, die sich mit konstanter Geschwindigkeit bewegt; die Lorentz-Formel	406

22	Wechselstromschaltungen	409
22.1	Impedanzen	409
22.2	Generatoren	415
22.3	Netzwerke von idealen Schaltelementen; die Kirchhoffschen Gesetze	419
22.4	Ersatzschaltungen	425
22.5	Energie	427
22.6	Ein leiterförmiges Netzwerk	429
22.7	Filter	432
22.8	Andere Schaltelemente	437
23	Hohlraumresonatoren	441
23.1	Wirkliche Schaltelemente	441
23.2	Ein Kondensator bei hohen Frequenzen	443
23.3	Ein Hohlraumresonator	449
23.4	Eigenschwingungen eines Hohlraums	454
23.5	Hohlräume und Resonanzkreise	457
24	Wellenleiter	459
24.1	Die Übertragungsleitung	459
24.2	Das rechteckige Hohlrohr	463
24.3	Die Grenzfrequenz	467
24.4	Die Geschwindigkeit der geleiteten Wellen	469
24.5	Der Nachweis geleiteter Wellen	470
24.6	Hohlleiter-Klempnerei	471
24.7	Eigenschwingungen von Hohlleitern	475
24.8	Eine andere Betrachtungsweise geleiteter Wellen	475
25	Elektrodynamik in relativistischer Bezeichnungsweise	481
25.1	Vierervektoren	481
25.2	Das Skalarprodukt	485
25.3	Der vierdimensionale Gradient	489
25.4	Elektrodynamik in vierdimensionaler Bezeichnungsweise	492
25.5	Das Viererpotential einer bewegten Ladung	493
25.6	Die Invarianz der Gleichungen der Elektrodynamik	495
26	Lorentztransformation der Felder	499
26.1	Das Viererpotential einer bewegten Ladung	499
26.2	Das Feld einer Punktladung mit konstanter Geschwindigkeit	501
26.3	Relativistische Transformation der Felder	506
26.4	Die Bewegungsgleichungen in relativistischer Schreibweise	514
27	Energie und Impuls des Feldes	521
27.1	Lokale Erhaltung	521
27.2	Energieerhaltung und Elektromagnetismus	523
27.3	Energiedichte und Energieströmung im elektromagnetischen Feld	524
27.4	Die Mehrdeutigkeit der Feldenergie	528
27.5	Beispiele für Energieströmung	529
27.6	Impuls des Feldes	533

28	Elektromagnetische Masse	539
28.1	Die Energie des Feldes einer Punktladung	539
28.2	Der Impuls des Feldes einer bewegten Ladung	540
28.3	Elektromagnetische Masse	542
28.4	Die Kraft eines Elektrons auf sich selbst	544
28.5	Versuche einer Abänderung der Maxwellschen Theorie	546
28.6	Das Feld der Kernkräfte	555
29	Die Bewegung von Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern	559
29.1	Bewegung in einem homogenen elektrischen oder magnetischen Feld	559
29.2	Analyse nach Impulsen	560
29.3	Eine elektrostatische Linse	562
29.4	Eine magnetische Linse	563
29.5	Das Elektronenmikroskop	564
29.6	Führungsfelder in Beschleunigern	566
29.7	Fokussierung mit alternierendem Gradienten	569
29.8	Bewegung in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern	573
30	Innere Geometrie von Kristallen	575
30.1	Die innere Geometrie von Kristallen	575
30.2	Chemische Bindung in Kristallen	577
30.3	Das Wachstum von Kristallen	579
30.4	Kristallgitter	579
30.5	Symmetrien in zwei Dimensionen	581
30.6	Symmetrien in drei Dimensionen	584
30.7	Die mechanische Festigkeit von Metallen	586
30.8	Versetzungen und Kristallwachstum	588
30.9	Das Kristallmodell von Bragg-Nye	590
31	Tensoren	617
31.1	Der Polarisationstensor	617
31.2	Transformation von Tensorkomponenten	619
31.3	Das Energieellipsoid	621
31.4	Andere Tensoren; der Trägheitstensor	625
31.5	Das Vektorprodukt	628
31.6	Der Spannungstensor	629
31.7	Tensoren höherer Stufe	634
31.8	Der Vierertensor des elektromagnetischen Impulses	635
32	Der Brechungsindex dichter Materialien	639
32.1	Polarisation von Materie	639
32.2	Maxwells Gleichungen in einem Dielektrikum	642
32.3	Wellen in einem Dielektrikum	644
32.4	Der komplexe Brechungsindex	648
32.5	Der Index einer Mischung	650
32.6	Wellen in Metallen	651
32.7	Näherungen für niedrige und hohe Frequenzen; die Eindringtiefe und die Plasmafrequenz	653

33	Reflexion an Oberflächen	659
33.1	Reflexion und Brechung von Licht	659
33.2	Wellen in dichten Materialien	660
33.3	Die Randbedingungen	664
33.4	Reflektierte und durchgelassene Wellen	670
33.5	Reflexion an Metallen	676
33.6	Totalreflexion	677
34	Der Magnetismus der Materie	681
34.1	Diamagnetismus und Paramagnetismus	681
34.2	Magnetische Momente und Drehimpuls	683
34.3	Die Präzession atomarer Magnete	686
34.4	Diamagnetismus	687
34.5	Der Larmorsche Satz	689
34.6	Die klassische Physik ergibt weder Diamagnetismus noch Paramagnetismus ..	691
34.7	Der Drehimpuls in der Quantenmechanik	692
34.8	Die magnetische Energie von Atomen	696
35	Paramagnetismus und magnetische Resonanz	699
35.1	Quantisierte magnetische Zustände	699
35.2	Der Stern-Gerlach-Versuch	701
35.3	Die Rabische Molekularstrahl-Methode	703
35.4	Der Paramagnetismus der Stoffe	707
35.5	Kühlung durch adiabatische Entmagnetisierung	711
35.6	Magnetische Kernresonanz	712
36	Ferromagnetismus	717
36.1	Magnetisierungsströme	717
36.2	Das Feld H	724
36.3	Die Magnetisierungskurve	726
36.4	Induktivitäten mit Eisenkern	729
36.5	Elektromagneten	732
36.6	Spontane Magnetisierung	734
37	Magnetische Materialien	743
37.1	Den Ferromagnetismus verstehen	743
37.2	Thermodynamische Eigenschaften	748
37.3	Die Hysteresiskurve	750
37.4	Ferromagnetische Materialien	756
37.5	Ungewöhnliche magnetische Materialien	759
38	Elastizität	763
38.1	Das Hookesche Gesetz	763
38.2	Homogene Deformationen	765
38.3	Der Torsionsstab; Scherungswellen	771
38.4	Der gebogene Balken	776
38.5	Knicken	780

39	Elastische Materialien	783
39.1	Der Verzerrungstensor	783
39.2	Der Elastizitätstensor	787
39.3	Bewegungen in einem elastischen Körper	791
39.4	Unelastisches Verhalten	795
39.5	Berechnung der elastischen Konstanten	798
40	Die Strömung von trockenem Wasser	805
40.1	Hydrostatik	805
40.2	Die Bewegungsgleichungen	807
40.3	Stationäre Strömung – das Theorem von Bernoulli	813
40.4	Zirkulation	819
40.5	Wirbellinien	821
41	Die Strömung von nassem Wasser	825
41.1	Viskosität	825
41.2	Viskose Strömung	830
41.3	Die Reynoldssche Zahl	831
41.4	Die Strömung an einem kreisförmigen Zylinder vorbei	834
41.5	Der Grenzfall verschwindender Viskosität	838
41.6	Coulettesche Strömung	839
42	Der gekrümmte Raum	843
42.1	Gekrümmte Räume mit zwei Dimensionen	843
42.2	Die Krümmung im dreidimensionalen Raum	850
42.3	Unser Raum ist gekrümmkt	852
42.4	Die Geometrie in Raum und Zeit	853
42.5	Die Gravitation und das Äquivalenzprinzip	854
42.6	Die Ganggeschwindigkeit von Uhren in einem Gravitationsfeld	855
42.7	Die Krümmung in Raum und Zeit	860
42.8	Bewegung in einer gekrümmten Welt	861
42.9	Einstiens Gravitationstheorie	863
Index		867