

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	Skalarfelder und Vektorfelder – T und h	18
2.3	Ableitungen von Feldern – der Gradient	21
2.4	Der Operator ∇	24
2.5	Operationen mit ∇	26
2.6	Die Differentialgleichung des Wärmestroms	28
2.7	Zweite Ableitungen der Vektorfelder	29
2.8	Irrtümer	32
3	Integralsätze der Vektoranalysis	35
3.1	Vektorielle Integrale; das Linienintegral von $\nabla\psi$	35
3.2	Der Fluss eines Vektorfeldes	37
3.3	Der Fluss aus einem Würfel; gaußscher Satz	40
3.4	Wärmeleitung; die Diffusionsgleichung	42
3.5	Die Zirkulation eines Vektorfeldes	46
3.6	Die Zirkulation um ein Quadrat; stokescher Satz	48
3.7	Wirbelfreie und quellenfreie Felder	50
3.8	Zusammenfassung	52
4	Elektrostatik	55
4.1	Elektrostatik	55
4.2	Coulombsches Gesetz; Superposition	56
4.3	Elektrisches Potential	59
4.4	$E = -\nabla\phi$	62
4.5	Der Fluss von E	64
4.6	Gaußsches Gesetz; die Divergenz von E	68
4.7	Feld einer geladenen Kugel	70
4.8	Feldlinien; Äquipotentialflächen	71

5	Anwendung des gaußschen Gesetzes	75
5.1	Elektrostatik ist gleich gaußsches Gesetz plus ...	75
5.2	Gleichgewicht in einem elektrostatischen Feld	75
5.3	Gleichgewicht in Anwesenheit von Leitern	77
5.4	Stabilität von Atomen	78
5.5	Das Feld einer geladenen Linie	79
5.6	Eine geladene ebene Schicht; zwei ebene Schichten	80
5.7	Eine geladene Kugel; eine geladene Kugelschale	82
5.8	Ist das Feld einer Punktladung genau $1/r^2$?	83
5.9	Das Feld eines Leiters	86
5.10	Das Feld in einem Hohlraum im Innern eines Leiters	88
6	Das elektrische Feld in Einzelfällen	91
6.1	Gleichungen für das elektrische Potential	91
6.2	Der elektrische Dipol	92
6.3	Bemerkungen über Vektorgleichungen	96
6.4	Das Dipolpotential als Gradient	97
6.5	Die Dipolnäherung für eine beliebige Verteilung	99
6.6	Das Feld geladener Leiter	102
6.7	Die Methode der Bildladung	102
6.8	Eine Punktladung in der Nähe einer leitenden Ebene	104
6.9	Eine Punktladung in der Nähe einer leitenden Kugel	105
6.10	Kondensatoren; parallele Platten	107
6.11	Durchschlag bei hoher Spannung	110
6.12	Das Feldemissionsmikroskop	111
7	Das elektrische Feld in Einzelfällen (Fortsetzung)	115
7.1	Methoden zur Ermittlung des elektrischen Feldes im statischen Fall	115
7.2	Zweidimensionale Felder; komplexe Funktionen	116
7.3	Plasmaschwingungen	121
7.4	Kolloidale Teilchen in einem Elektrolyten	124
7.5	Das elektrostatische Feld eines Gitters	128
8	Elektrostatische Energie	131
8.1	Die elektrostatische Energie von Ladungen. Eine homogen geladene Kugel	131
8.2	Die Energie eines Kondensators. Kräfte auf geladene Leiter	133
8.3	Die elektrostatische Energie eines Ionenkristalls	137
8.4	Elektrostatische Energie in Kernen	140
8.5	Energie im elektrostatischen Feld	145
8.6	Die Energie einer Punktladung	148
9	Elektrizität in der Atmosphäre	151
9.1	Der Gradient des elektrischen Potentials der Atmosphäre	151
9.2	Elektrische Ströme in der Atmosphäre	153
9.3	Ursprung der elektrischen Ströme in der Atmosphäre	156
9.4	Gewitter	157
9.5	Der Mechanismus der Ladungstrennung	162
9.6	Der Blitz	166

10	Dielektrika	171
10.1	Die Dielektrizitätskonstante	171
10.2	Der Polarisationsvektor P	173
10.3	Polarisationsladungen	175
10.4	Die Gleichungen der Elektrostatik in Anwesenheit von Dielektrika	178
10.5	Felder und Kräfte in Anwesenheit von Dielektrika	180
11	Vorgänge im Innern von Dielektrika	185
11.1	Molekulare Dipole	185
11.2	Elektronenpolarisation	186
11.3	Polare Moleküle; Orientierungspolarisation	189
11.4	Elektrische Felder in Hohlräumen eines Dielektrikums	192
11.5	Die Dielektrizitätskonstante von Flüssigkeiten; die Clausius-Mossotti-Formel ..	194
11.6	Feste Dielektrika	196
11.7	Ferroelektrizität; BaTiO_3	197
12	Elektrostatistische Analogien	203
12.1	Dieselben Gleichungen haben dieselben Lösungen	203
12.2	Der Wärmestrom	204
12.3	Die aufgespannte Membran	208
12.4	Die Diffusion von Neutronen	212
12.5	Wirbelfreie Flüssigkeitsströmung; die Strömung um eine Kugel	214
12.6	Beleuchtung; die gleichmäßige Beleuchtung einer Ebene	218
12.7	Die „grundlegende Einheit“ der Natur	220
13	Magnetostatik	223
13.1	Das magnetische Feld	223
13.2	Der elektrische Strom; die Erhaltung der Ladung	224
13.3	Die auf einen Strom ausgeübte magnetische Kraft	226
13.4	Das Magnetfeld stationärer Ströme; das ampèresche Gesetz	227
13.5	Das Magnetfeld eines geraden Drahtes und einer Spule; atomare Ströme	229
13.6	Die Relativität magnetischer und elektrischer Felder	232
13.7	Die Transformation von Strömen und Ladungen	239
13.8	Superposition; die Rechte-Hand-Regel	240
14	Das Magnetfeld in Einzelfällen	241
14.1	Das Vektorpotential	241
14.2	Das Vektorpotential bekannter Ströme	244
14.3	Ein gerader Draht	246
14.4	Ein langes Solenoid	248
14.5	Das Feld einer kleinen Schleife; der magnetische Dipol	250
14.6	Das Vektorpotential eines Stromkreises	253
14.7	Das Gesetz von Biot und Savart	254
15	Das Vektorpotential	257
15.1	Auf eine Stromschleife ausgeübte Kräfte; Energie eines Dipols	257
15.2	Mechanische und elektrische Energie	261
15.3	Die Energie stationärer Ströme	264
15.4	Vergleich von B und A	266

15.5	Das Vektorpotential in der Quantenmechanik	268
15.6	Was für die Statik stimmt, ist für die Dynamik falsch	275
16	Induzierte Ströme	279
16.1	Motoren und Generatoren	279
16.2	Transformatoren und Induktivitäten	284
16.3	Auf induzierte Ströme ausgeübte Kräfte	286
16.4	Elektrotechnik	292
17	Die Induktionsgesetze	295
17.1	Die Physik der Induktion	295
17.2	Ausnahmen von der „Flussregel“	297
17.3	Beschleunigung von Teilchen durch ein induziertes elektrisches Feld; das Betatron	299
17.4	Ein Paradoxon	302
17.5	Der Wechselstromgenerator	303
17.6	Gegeninduktion	307
17.7	Selbstinduktion	310
17.8	Induktivität und magnetische Energie	311
18	Die Maxwell-Gleichungen	317
18.1	Maxwells Gleichungen	317
18.2	Was der neue Term bewirkt	320
18.3	Alles über die klassische Physik	322
18.4	Ein Feld sich ausbreitendes Feld	323
18.5	Die Lichtgeschwindigkeit	328
18.6	Lösung der Maxwell-Gleichungen; die Potentiale und die Wellengleichung	329
19	Das Prinzip der kleinsten Wirkung	333
20	Lösungen der Maxwell-Gleichungen im leeren Raum	355
20.1	Wellen im leeren Raum; ebene Wellen	355
20.2	Wellen in drei Dimensionen	365
20.3	Vorstellungsvermögen in der Naturwissenschaft	367
20.4	Kugelwellen	370
21	Die Maxwell-Gleichungen in Anwesenheit von Strömen und Ladungen	375
21.1	Licht und elektromagnetische Wellen	375
21.2	Von einer Punktquelle ausgehende Kugelwellen	377
21.3	Die allgemeine Lösung der Maxwell-Gleichungen	380
21.4	Das Feld eines schwingenden Dipols	381
21.5	Das Potential einer bewegten Ladung; allgemeine Lösung	387
21.6	Das Potential einer bewegten Ladung; die Lorentz-Formel	391

22	Wechselstromschaltungen	395
22.1	Impedanzen	395
22.2	Generatoren	401
22.3	Netzwerke von idealen Schaltelementen; die kirchhoffschen Gesetze	405
22.4	Ersatzschaltungen	411
22.5	Energie	413
22.6	Eine leiterförmige Schaltung	415
22.7	Filter	417
22.8	Andere Schaltelemente	422
23	Hohlraumresonatoren	425
23.1	Reale Schaltelemente	425
23.2	Ein Kondensator bei hohen Frequenzen	427
23.3	Ein Hohlraumresonator	433
23.4	Eigenschwingungen eines Hohlraums	438
23.5	Hohlräume und Resonanzkreise	441
24	Wellenleiter	443
24.1	Die Übertragungsleitung	443
24.2	Das rechteckige Hohlrohr	447
24.3	Die Grenzfrequenz	450
24.4	Die Geschwindigkeit der geleiteten Wellen	452
24.5	Der Nachweis geleiteter Wellen	454
24.6	Hohlleiter-Klempnerei	455
24.7	Eigenschwingungen von Hohlleitern	458
24.8	Eine andere Betrachtungsweise geleiteter Wellen	459
25	Elektrodynamik in relativistischer Notation	463
25.1	Vierervektoren	463
25.2	Das Skalarprodukt	466
25.3	Der vierdimensionale Gradient	470
25.4	Elektrodynamik in vierdimensionaler Notation	474
25.5	Das Viererpotential einer bewegten Ladung	474
25.6	Die Invarianz der Gleichungen der Elektrodynamik	476
26	Lorentz-Transformation der Felder	479
26.1	Das Viererpotential einer bewegten Ladung	479
26.2	Das Feld einer mit konstanter Geschwindigkeit bewegten Punktladung	481
26.3	Relativistische Transformation der Felder	486
26.4	Die Bewegungsgleichungen in relativistischer Notation	494
27	Energie und Impuls des elektromagnetischen Feldes	499
27.1	Lokale Erhaltung	499
27.2	Energieerhaltung und Elektromagnetismus	501
27.3	Energiedichte und Energieströmung im elektromagnetischen Feld	502
27.4	Die Mehrdeutigkeit der Feldenergie	506
27.5	Beispiele für Energieströmung	507
27.6	Impuls des Feldes	511

28	Elektromagnetische Masse	517
28.1	Die Energie des Feldes einer Punktladung	517
28.2	Der Impuls des Feldes einer bewegten Ladung	518
28.3	Elektromagnetische Masse	520
28.4	Die Kraft eines Elektrons auf sich selbst	522
28.5	Versuche einer Abänderung der maxwellschen Theorie	524
28.6	Das Feld der Kernkräfte	532
29	Die Bewegung von Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern	537
29.1	Bewegung in einem homogenen elektrischen oder magnetischen Feld	537
29.2	Analyse nach Impulsen	538
29.3	Eine elektrostatische Linse	540
29.4	Eine magnetische Linse	541
29.5	Das Elektronenmikroskop	542
29.6	Führungsfelder in Beschleunigern	544
29.7	Fokussierung mit alternierendem Gradienten	547
29.8	Bewegung in einem gekreuzten elektrischen und magnetischen Feld	551
Index Band III		553
Gesamtindex		559
Personenverzeichnis		575