

Inhalt

Kapitel 1 Elektromagnetismus

1-1	Elektrische Kräfte	21
1-2	Elektrische und magnetische Felder	25
1-3	Charakteristische Merkmale von Vektorfeldern	26
1-4	Die Gesetze des Elektromagnetismus	29
1-5	Was sind Felder wirklich?	34
1-6	Elektromagnetismus in Wissenschaft und Technik	36

Kapitel 2 Vektoranalysis

2-1	Die Physik verstehen	37
2-2	Skalare- und Vektorfelder – T und \mathbf{h}	38
2-3	Ableitungen von Feldern – der Gradient	42
2-4	Der Operator ∇	45
2-5	Operationen mit ∇	47
2-6	Die Differentialgleichung der Wärmeströmung	49
2-7	Zweite Ableitungen der Vektorfelder	50
2-8	Irrtümer	53

Kapitel 3 Integralsätze der Vektoranalysis

3-1	Vektorielle Integrale; das Linienintegral von $\nabla\Psi$	55
3-2	Der Fluß eines Vektorfeldes	57
3-3	Der Fluß aus einem Würfel; Gauß'scher Satz	60
3-4	Wärmeleitung; die Diffusionsgleichung	62
3-5	Die Zirkulation eines Vektorfeldes	66
3-6	Die Zirkulation um ein Quadrat; Stokes'scher Satz	68
3-7	Wirbelfreie und quellenfreie Felder	70
3-8	Zusammenfassung	72

Kapitel 4 Elektrostatik

4-1	Elektrostatik	74
4-2	Coulomb'sches Gesetz; Überlagerung	75
4-3	Elektrisches Potential	78
4-4	$E = -\nabla\phi$	82
4-5	Der Fluß von E	83
4-6	Gauß'sches Gesetz; die Divergenz von E	87
4-7	Feld einer geladenen Kugel	89
4-8	Feldlinien; Äquipotentialflächen	90

Kapitel 5 Anwendung des Gauß'schen Gesetzes

5-1	Elektrostatik ist gleich Gauß'sches Gesetz plus	93
5-2	Gleichgewicht in einem elektrostatischen Feld	93
5-3	Gleichgewicht in Anwesenheit von Leitern	95
5-4	Stabilität von Atomen	95
5-5	Das Feld einer geladenen Linie	96
5-6	Eine geladene ebene Schicht; zwei ebene Schichten	98
5-7	Eine geladene Kugel; eine geladene Kugelschale	99
5-8	Ist das Feld einer Punktladung genau $1/r^2$?	101
5-9	Das Feld eines Leiters	104
5-10	Das Feld in einem Hohlraum im Innern eines Leiters	106

Kapitel 6 Das elektrische Feld in Einzelfällen

6-1	Gleichungen für das elektrische Potential	108
6-2	Der elektrische Dipol	109
6-3	Bemerkungen über Vektorgleichungen	113
6-4	Das Dipolpotential als Gradient	114
6-5	Die Dipolnäherung für eine beliebige Verteilung	116
6-6	Das Feld geladener Leiter	118
6-7	Die Methode der Abbildung	119
6-8	Eine Punktladung in der Nähe einer leitenden Ebene	121
6-9	Eine Punktladung in der Nähe einer leitenden Kugel	122
6-10	Kondensatoren; parallele Platten	124
6-11	Durchschlag bei hoher Spannung	127
6-12	Das Feldemissionsmikroskop	128

Kapitel 7 Das elektrische Feld in Einzelfällen (Fortsetzung)

7-1	Methoden zur Ermittlung des elektrostatischen Feldes	131
7-2	Zweidimensionale Felder; komplexe Funktionen	132
7-3	Plasmaschwingungen	137
7-4	Kolloidale Teilchen in einem Elektrolyten	141
7-5	Das elektrostatische Feld eines Gitters	144

Kapitel 8 Elektrostatische Energie

8-1	Die elektrostatische Energie von Ladungen. Eine homogen geladene Kugel	147
8-2	Die Energie eines Kondensators. Kräfte auf geladene Leiter	149
8-3	Die elektrostatische Energie eines Ionenkristalls	153
8-4	Elektrostatische Energie in Kernen	156

8-5	Energie im elektrostatischen Feld	161
8-6	Die Energie einer Punktladung	164

Kapitel 9 Elektrizität in der Atmosphäre

9-1	Der Gradient des elektrischen Potentials der Atmosphäre	166
9-2	Elektrische Ströme in der Atmosphäre	167
9-3	Ursprung der elektrischen Ströme in der Atmosphäre	171
9-4	Gewitter	172
9-5	Der Mechanismus der Ladungstrennung	177
9-6	Der Blitz	182

Kapitel 10 Dielektrika

10-1	Die Dielektrizitätskonstante	186
10-2	Der Polarisationsvektor \mathbf{P}	188
10-3	Polarisationsladungen	189
10-4	Die Gleichungen der Elektrostatik in Anwesenheit von Dielektrika	193
10-5	Felder und Kräfte in Anwesenheit von Dielektrika	195

Kapitel 11 Vorgänge im Innern von Dielektrika

11-1	Molekulare Dipole	199
11-2	Elektronenpolarisation	200
11-3	Polare Moleküle; Orientierungspolarisation	203
11-4	Elektrische Felder in Hohlräumen eines Dielektrikums	206
11-5	Die Dielektrizitätskonstante von Flüssigkeiten; die Clausius-Mossotti-Formel	209
11-6	Feste Dielektrika	210
11-7	Ferroelektrizität; BaTiO_3	212

Kapitel 12 Elektrostatische Analogien

12-1	Dieselben Gleichungen haben dieselben Lösungen	217
12-2	Wärmeströmung; eine Punktquelle in der Nähe eines unendlichen, ebenen Randes	218
12-3	Die aufgespannte Membran	223
12-4	Die Diffusion von Neutronen; eine gleichmäßige kugelförmige Quelle in einem homogenen Medium	226
12-5	Wirbelfreie Flüssigkeitsströmung; die Strömung um eine Kugel	229

12-6	Beleuchtung; die gleichmäßige Beleuchtung einer Ebene	232
12-7	Die „grundlegende Einheit“ der Natur	234

Kapitel 13 Magnetostatik

13-1	Das magnetische Feld	236
13-2	Der elektrische Strom; die Erhaltung der Ladung	237
13-3	Die auf einen Strom ausgeübte magnetische Kraft	239
13-4	Das Magnetfeld stationärer Ströme; das Ampère'sche Gesetz	240
13-5	Das Magnetfeld eines geraden Drahtes und einer Spule; atomare Ströme	242
13-6	Die Relativität magnetischer und elektrischer Felder	245
13-7	Die Transformation von Strömen und Ladungen	251
13-8	Überlagerung; die Rechte-Hand-Regel	252

Kapitel 14 Das Magnetfeld in Einzelfällen

14-1	Das Vektorpotential	254
14-2	Das Vektorpotential bekannter Ströme	258
14-3	Ein gerader Draht	259
14-4	Ein langes Solenoid	261
14-5	Das Feld einer kleinen Schleife; der magnetische Dipol	264
14-6	Das Vektorpotential eines Stromkreises	267
14-7	Das Gesetz von Biot und Savart	268

Kapitel 15 Das Vektorpotential

15-1	Auf eine Stromschleife ausgeübte Kräfte; Energie eines Dipols	270
15-2	Mechanische und elektrische Energie	273
15-3	Die Energie stationärer Ströme	277
15-4	Vergleich von B und A	278
15-5	Das Vektorpotential in der Quantenmechanik	280
15-6	Was für die Statik stimmt, ist für die Dynamik falsch	288

Kapitel 16 Induzierte Ströme

16-1	Motoren und Generatoren	293
16-2	Transformatoren und Induktivitäten	298
16-3	Auf induzierte Ströme ausgeübte Kräfte	300
16-4	Elektrotechnik	306

Kapitel 17 Die Induktionsgesetze

17-1	Die Physik der Induktion	309
17-2	Ausnahmen von der „Flußregel“	311
17-3	Beschleunigung von Teilchen durch ein induziertes elektrisches Feld; das Betatron	313
17-4	Ein Paradoxon	316
17-5	Der Wechselstromgenerator	317
17-6	Gegeninduktion	321
17-7	Selbstinduktion	324
17-8	Induktivität und magnetische Energie	326

Kapitel 18 Die Maxwell-Gleichungen

18-1	Maxwells Gleichungen	331
18-2	Was der neue Term bewirkt	334
18-3	Alles über die klassische Physik	336
18-4	Ein Feld, das sich ausbreitet	337
18-5	Die Lichtgeschwindigkeit	342
18-6	Lösung der Maxwell'schen Gleichungen; die Potentiale und die Wellengleichung	344

Kapitel 19 Das Prinzip der kleinsten Wirkung

	Eine Spezialvorlesung – fast wortgetreu	348
	Nach der Vorlesung angefügte Randbemerkung	369

Kapitel 20 Lösungen der Maxwell'schen Gleichungen im leeren Raum

20-1	Wellen im leeren Raum; ebene Wellen	370
20-2	Wellen in drei Dimensionen	380
20-3	Vorstellungsvermögen in der Naturwissenschaft	382
20-4	Kugelwellen	385

Kapitel 21 Lösungen der Maxwell-Gleichungen in Anwesenheit von Strömen und Ladungen

21-1	Licht und elektromagnetische Wellen	390
21-2	Von einer Punktquelle ausgehende Kugelwellen	392
21-3	Die allgemeine Lösung der Maxwell-Gleichungen	394
21-4	Das Feld eines schwingenden Dipols	396
21-5	Das Potential einer bewegten Ladung; die allgemeine Lösung von Liénard und Wiechert	402
21-6	Das Potential einer Ladung, die sich mit konstanter Geschwindigkeit bewegt; die Lorentz-Formel	406

Kapitel 22 Wechselstromschaltungen

22-1	Impedanzen	410
22-2	Generatoren	416
22-3	Netzwerke von idealen Schaltelementen; die Kirchhoff'schen Gesetze	420
22-4	Ersatzschaltungen	426
22-5	Energie	427
22-6	Ein leiterförmiges Netzwerk	429
22-7	Filter	432
22-8	Andere Schaltelemente	436

Kapitel 23 Hohlraumresonatoren

23-1	Wirkliche Schaltelemente	440
23-2	Ein Kondensator bei hohen Frequenzen	442
23-3	Ein Hohlraumresonator	448
23-4	Eigenschwingungen eines Hohlraums	453
23-5	Hohlräume und Resonanzkreise	456

Kapitel 24 Wellenleiter

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	474
24-8	Eine andere Betrachtungsweise geleiteter Wellen	475

Kapitel 25 Elektrodynamik in relativistischer Bezeichnungsweise

25-1	Vierervektoren	479
25-2	Das Skalarprodukt	482
25-3	Der vierdimensionale Gradient	486
25-4	Elektrodynamik in vierdimensionaler Bezeichnungs- weise	490
25-5	Das Viererpotential einer bewegten Ladung	491
25-6	Die Invarianz der Gleichungen der Elektrodynamik	492

Kapitel 26 Lorentztransformation der Felder

26-1	Das Viererpotential einer bewegten Ladung	495
26-2	Das Feld einer Punktladung mit konstanter Geschwindigkeit	497

26-3	Relativistische Transformation der Felder	502
26-4	Die Bewegungsgleichungen in relativistischer Schreibweise	510

Kapitel 27 Energie und Impuls des Feldes

27-1	Lokale Erhaltung	515
27-2	Energieerhaltung und Elektromagnetismus	516
27-3	Energiedichte und Energieströmung im elektro- magnetischen Feld	518
27-4	Die Mehrdeutigkeit der Feldenergie	521
27-5	Beispiele für Energieströmung	522
27-6	Impuls des Feldes	527

Kapitel 28 Elektromagnetische Masse

28-1	Die Energie des Feldes einer Punktladung	532
28-2	Der Impuls des Feldes einer bewegten Ladung	533
28-3	Elektromagnetische Masse	535
28-4	Die Kraft eines Elektrons auf sich selbst	537
28-5	Versuche einer Abänderung der Maxwell'schen Theorie	539
28-6	Das Feld der Kernkräfte	548

Kapitel 29 Die Bewegung von Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern

29-1	Bewegung in einem homogenen elektrischen oder magnetischen Feld	551
29-2	Analyse nach Impulsen	552
29-3	Eine elektrostatische Linse	554
29-4	Eine magnetische Linse	555
29-5	Das Elektronenmikroskop	556
29-6	Führungsfelder in Beschleunigern	558
29-7	Fokussierung mit alternierendem Gradienten	561
29-8	Bewegung in gekreuzten elektrischen und magneti- schen Feldern	565

Kapitel 30 Innere Geometrie von Kristallen

30-1	Die innere Geometrie von Kristallen	566
30-2	Chemische Bindung in Kristallen	569
30-3	Das Wachstum von Kristallen	570
30-4	Kristallgitter	570
30-5	Symmetrien in zwei Dimensionen	572
30-6	Symmetrien in drei Dimensionen	576

30-7	Die mechanische Festigkeit von Metallen	578
30-8	Versetzungen und Kristallwachstum	580
30-9	Das Kristallmodell von Bragg-Nye	581

Kapitel 31 Tensoren

31-1	Der Polarisationsensor	607
31-2	Transformation von Tensorkomponenten	609
31-3	Das Energieellipsoid	611
31-4	Andere Tensoren; der Trägheitstensor	615
31-5	Das Vektorprodukt	617
31-6	Der Spannungstensor	618
31-7	Tensoren höherer Stufe	623
31-8	Der Vierertensor des elektromagnetischen Impulses	624

Kapitel 32 Der Brechungsindex dichter Materialien

32-1	Polarisation von Materie	627
32-2	Maxwells Gleichungen in einem Dielektrikum	630
32-3	Wellen in einem Dielektrikum	632
32-4	Der komplexe Brechungsindex	636
32-5	Der Index einer Mischung	637
32-6	Wellen in Metallen	639
32-7	Näherungen für niedrige und hohe Frequenzen; die Eindringtiefe und die Plasmafrequenz	641

Kapitel 33 Reflexion an Oberflächen

33-1	Reflexion und Brechung von Licht	646
33-2	Wellen in dichten Materialien	647
33-3	Die Randbedingungen	651
33-4	Reflektierte und durchgelassene Wellen	656
33-5	Reflexion an Metallen	662
33-6	Totalreflexion	663

Kapitel 34 Der Magnetismus der Materie

34-1	Diamagnetismus und Paramagnetismus	666
34-2	Magnetische Momente und Drehimpuls	668
34-3	Die Präzession atomarer Magnete	671
34-4	Diamagnetismus	672
34-5	Der Larmorsche Satz	674
34-6	Die klassische Physik ergibt weder Diamagnetismus noch Paramagnetismus	676
34-7	Der Drehimpuls in der Quantenmechanik	677
34-8	Die magnetische Energie von Atomen	681

Kapitel 35 Paramagnetismus und magnetische Resonanz

35-1	Quantisierte magnetische Zustände	683
35-2	Der Stern-Gerlach-Versuch	685
35-3	Die Rabische Molekularstrahl-Methode	687
35-4	Der Paramagnetismus der Stoffe	691
35-5	Kühlung durch adiabatische Entmagnetisierung	695
35-6	Magnetische Kernresonanz	697

Kapitel 36 Ferromagnetismus

36-1	Magnetisierungsströme	701
36-2	Das Feld H	708
36-3	Die Magnetisierungskurve	710
36-4	Induktivitäten mit Eisenkern	713
36-5	Elektromagneten	715
36-6	Spontane Magnetisierung	718

Kapitel 37 Magnetische Materialien

37-1	Den Ferromagnetismus verstehen	726
37-2	Thermodynamische Eigenschaften	730
37-3	Die Hysteresiskurve	733
37-4	Ferromagnetische Materialien	740
37-5	Ungewöhnliche magnetische Materialien	742

Kapitel 38 Elastizität

38-1	Das Hooke'sche Gesetz	746
38-2	Homogene Deformationen	748
38-3	Der Torsionsstab; Scherungswellen	754
38-4	Der gebogene Balken	758
38-5	Knicken	762

Kapitel 39 Elastische Materialien

39-1	Der Verzerrungstensor	766
39-2	Der Elastizitätstensor	770
39-3	Bewegungen in einem elastischen Körper	773
39-4	Unelastisches Verhalten	778
39-5	Berechnung der elastischen Konstanten	780

Kapitel 40 Die Strömung von trockenem Wasser

40-1	Hydrostatik	786
40-2	Die Bewegungsgleichungen	788
40-3	Stationäre Strömung – das Theorem von Bernoulli	793
40-4	Zirkulation	799
40-5	Wirbellinien	801

Kapitel 41 Die Strömung von nassem Wasser

41-1	Viskosität	805
41-2	Viskose Strömung	809
41-3	Die Reynolds'sche Zahl	811
41-4	Die Strömung an einem kreisförmigen Zylinder vorbei	814
41-5	Der Grenzfall verschwindender Viskosität	817
41-6	Couette'sche Strömung	818

Kapitel 42 Der gekrümmte Raum

42-1	Gekrümmte Räume mit zwei Dimensionen	822
42-2	Die Krümmung im dreidimensionalen Raum	829
42-3	Unser Raum ist gekrümmt	831
42-4	Die Geometrie in Raum und Zeit	833
42-5	Die Gravitation und das Äquivalenzprinzip	834
42-6	Die Ganggeschwindigkeit von Uhren in einem Gravitationsfeld	835
42-7	Die Krümmung in Raum und Zeit	839
42-8	Bewegung in einer gekrümmten Welt	840
42-9	Einsteins Gravitationstheorie	843

Register	845
---------------------------	------------