

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	15	
Vorbemerkungen	17	
Vorwort zur deutschen Ausgabe	23	
Kapitel 1	Vektoranalysis	27
1.1	Vektoralgebra	28
1.1.1	Vektoroperationen	28
1.1.2	Vektoralgebra in der Komponentenform	31
1.1.3	Dreierprodukte	35
1.1.4	Orts-, Verschiebungs- und Verbindungsvektoren	36
1.1.5	Wie sich Vektoren transformieren	38
1.2	Differentialrechnung	41
1.2.1	„Gewöhnliche“ Ableitungen	41
1.2.2	Gradient	41
1.2.3	Der Operator ∇	45
1.2.4	Die Divergenz	46
1.2.5	Die Rotation	48
1.2.6	Produktregeln	49
1.2.7	Zweite Ableitungen	51
1.3	Integralrechnung	54
1.3.1	Linien-, Flächen- und Volumenintegrale	54
1.3.2	Der Fundamentalsatz der Differentialrechnung	60
1.3.3	Der Fundamentalsatz für den Gradienten	61
1.3.4	Der Fundamentalsatz für die Divergenz	63
1.3.5	Der Fundamentalsatz für die Rotation	66
1.3.6	Partielle Integration	69

1.4	Krummlinige Koordinaten	71
1.4.1	Sphärische Polarkoordinaten	71
1.4.2	Zylinderkoordinaten	76
1.5	Die Dirac'sche Deltafunktion	78
1.5.1	Die Divergenz von $\hat{\mathbf{r}}/r^2$	78
1.5.2	Die eindimensionale Dirac'sche Deltafunktion	79
1.5.3	Die dreidimensionale Deltafunktion	84
1.6	Die Theorie der Vektorfelder	87
1.6.1	Das Helmholtz-Theorem	87
1.6.2	Potentiale	87

Kapitel 2 Elektrostatik **95**

2.1	Das elektrische Feld	96
2.1.1	Einleitung	96
2.1.2	Das Coulomb'sche Gesetz	97
2.1.3	Das elektrische Feld	98
2.1.4	Kontinuierliche Ladungsverteilungen	100
2.2	Divergenz und Rotation elektrostatischer Felder	104
2.2.1	Feldlinien, Fluss und Gauß'sches Gesetz	104
2.2.2	Die Divergenz von \mathbf{E}	109
2.2.3	Anwendungen des Gauß'schen Gesetzes	109
2.2.4	Die Rotation von \mathbf{E}	116
2.3	Das elektrische Potential	117
2.3.1	Einführung in Potentiale	117
2.3.2	Anmerkungen zu Potentialen	119
2.3.3	Poisson-Gleichung und Laplace-Gleichung	124
2.3.4	Das Potential einer örtlich begrenzten Ladungsverteilung	124
2.3.5	Randbedingungen der Elektrostatik	129
2.4	Arbeit und Energie in der Elektrostatik	132
2.4.1	Die zur Bewegung einer Ladung notwendige Arbeit	132
2.4.2	Die Energie einer Gruppe von Punktladungen	133

2.4.3	Die Energie einer kontinuierlichen Ladungsverteilung	135
2.4.4	Anmerkungen zur elektrostatischen Energie	137
2.5	Leiter	139
2.5.1	Grundlegende Eigenschaften	139
2.5.2	Induzierte Ladungen	141
2.5.3	Flächenladungen und die Kraft auf einen Leiter	145
2.5.4	Kondensatoren	147
Kapitel 3	Potentiale	157
3.1	Laplace-Gleichung	158
3.1.1	Einleitung	158
3.1.2	Die Laplace-Gleichung in einer Dimension	159
3.1.3	Die Laplace-Gleichung in zwei Dimensionen	160
3.1.4	Die Laplace-Gleichung in drei Dimensionen	162
3.1.5	Randbedingungen und Eindeutigkeitssätze	164
3.1.6	Leiter und der zweite Eindeutigkeitssatz	167
3.2	Die Methode der Spiegelladungen	170
3.2.1	Das klassische Problem der Spiegelladung	170
3.2.2	Induzierte Flächenladung	171
3.2.3	Kraft und Energie	172
3.2.4	Andere Spiegelladungsprobleme	173
3.3	Separation der Variablen	176
3.3.1	Kartesische Koordinaten	177
3.3.2	Sphärische Koordinaten	188
3.4	Multipolentwicklung	199
3.4.1	Näherungsweise Potentiale in großen Entfernungen	199
3.4.2	Monopol- und Dipol-Terme	202
3.4.3	Koordinatenursprung in Multipolentwicklungen	205
3.4.4	Das elektrische Feld eines Dipols	207

Kapitel 4	Elektrische Felder in Materie	219
4.1	Polarisation	220
4.1.1	Dielektrika	220
4.1.2	Induzierte Dipole	220
4.1.3	Ausrichtung polarer Moleküle.....	223
4.1.4	Polarisation	226
4.2	Das Feld eines polarisierten Objekts	227
4.2.1	Gebundene Ladungen	227
4.2.2	Physikalische Interpretation der Polarisationsladungen	231
4.2.3	Das Feld im Inneren eines Dielektrikums	234
4.3	Die dielektrische Verschiebung	236
4.3.1	Das Gauß'sche Gesetz in der Anwesenheit von Dielektrika	236
4.3.2	Eine irreführende Parallele	240
4.3.3	Randbedingungen	241
4.4	Lineare Dielektrika.....	241
4.4.1	Suszeptibilität, Dielektrizitätskonstante, Dielektrizitätszahl	241
4.4.2	Randwertprobleme bei linearen Dielektrika	248
4.4.3	Energie in dielektrischen Systemen	254
4.4.4	Kräfte auf Dielektrika	260
Kapitel 5	Magnetostatik	269
5.1	Die Lorentz-Kraft.....	270
5.1.1	Magnetfelder	270
5.1.2	Magnetische Kräfte	272
5.1.3	Ströme	277
5.2	Das Biot-Savart'sche Gesetz	284
5.2.1	Stationäre Ströme	284
5.2.2	Das Magnetfeld eines stationären Stroms	285
5.3	Divergenz und Rotation von B	291
5.3.1	Geradlinige Ströme	291
5.3.2	Divergenz und Rotation von B	293

5.3.3	Das Ampère'sche Gesetz	295
5.3.4	Vergleich zwischen Magnetostatik und Elektrostatik	304
5.4	Magnetisches Vektorpotential	307
5.4.1	Das Vektorpotential	307
5.4.2	Magnetostatische Randbedingungen	315
5.4.3	Multipolentwicklung des Vektorpotentials	317
Kapitel 6	Magnetische Felder in Materie	333
6.1	Magnetisierung	334
6.1.1	Diamagnete, Paramagnete und Ferromagnete	334
6.1.2	Drehmomente und Kräfte auf magnetische Dipole	334
6.1.3	Effekt eines Magnetfelds auf die Umlaufbahnen in Atomen	339
6.1.4	Magnetisierung	341
6.2	Das Feld eines magnetisierten Objekts	342
6.2.1	Polarisationsströme	342
6.2.2	Physikalische Interpretation von Polarisationsströmen	346
6.2.3	Das magnetische Feld im Inneren von Materie	348
6.3	Das magnetische Hilfsfeld H	348
6.3.1	Das Ampère'sche Gesetz in magnetisierten Materialien	348
6.3.2	Eine irreführende Parallele	352
6.3.3	Randbedingungen	353
6.4	Lineare und nichtlineare Medien	354
6.4.1	Magnetische Suszeptibilität und Permeabilität	354
6.4.2	Ferromagnetismus	358
Kapitel 7	Elektrodynamik	367
7.1	Elektromotorische Kraft	368
7.1.1	Ohm'sches Gesetz	368
7.1.2	Elektromotorische Kraft	375
7.1.3	Dynamische elektromotorische Kraft	378
7.2	Elektromagnetische Induktion	386

7.2.1	Das Faraday'sche Gesetz	386
7.2.2	Das induzierte elektrische Feld	392
7.2.3	Induktivität	398
7.2.4	Energie in Magnetfeldern	406
7.3	Die Maxwell'schen Gleichungen	411
7.3.1	Die Elektrodynamik vor Maxwell	411
7.3.2	Wie Maxwell das Ampère'sche Gesetz reparierte	413
7.3.3	Die Maxwell'schen Gleichungen	417
7.3.4	Magnetische Ladung	419
7.3.5	Maxwell'sche Gleichungen in Materie	420
7.3.6	Randbedingungen	423

Zwischenakt

Kapitel 8	Erhaltungssätze	439
8.1	Ladung und Energie	440
8.1.1	Die Kontinuitätsgleichung	440
8.1.2	Der Poynting'sche Satz	441
8.2	Impuls	445
8.2.1	Das dritte Newton'sche Gesetz in der Elektrodynamik	445
8.2.2	Der Maxwell'sche Spannungstensor	446
8.2.3	Impulserhaltung	451
8.2.4	Drehimpuls	455
8.3	Magnetische Kräfte verrichten keine Arbeit	459
Kapitel 9	Elektromagnetische Wellen	469
9.1	Wellen in einer Dimension	470
9.1.1	Die Wellengleichung	470
9.1.2	Sinusförmige Wellen	473
9.1.3	Randbedingungen: Reflexion und Transmission	476
9.1.4	Polarisation	480

9.2	Elektromagnetische Wellen im Vakuum	481
9.2.1	Die Wellengleichung für \mathbf{E} und \mathbf{B}	481
9.2.2	Monochromatische ebene Wellen	483
9.2.3	Energie und Impuls in elektromagnetischen Wellen	486
9.3	Elektromagnetische Wellen in Materie	490
9.3.1	Ausbreitung in linearen Medien	490
9.3.2	Reflexion und Transmission bei senkrechtem Einfall	491
9.3.3	Reflexion und Transmission bei schrägem Einfall	494
9.4	Absorption und Dispersion	500
9.4.1	Elektromagnetische Wellen in Leitern	500
9.4.2	Reflexion an einer leitenden Oberfläche	504
9.4.3	Die Frequenzabhängigkeit der Dielektrizitätskonstante	506
9.5	Geführte Wellen	514
9.5.1	Wellenleiter	514
9.5.2	TE-Wellen in rechtwinkligen Wellenleitern	516
9.5.3	Koaxiale Übertragungsleitungen	520
Kapitel 10 Potentiale und Felder		525
10.1	Der Potentialformalismus	526
10.1.1	Skalare und Vektorpotentiale	526
10.1.2	Eichtransformationen	529
10.1.3	Coulomb-Eichung und Lorenz-Eichung	530
10.1.4	Die Lorentz-Kraft in Potentialform	532
10.2	Kontinuierliche Verteilungen	534
10.2.1	Retardierte Potentiale	534
10.2.2	Die Jefimenko-Gleichungen	539
10.3	Punktladungen	541
10.3.1	Liénard-Wiechert-Potentiale	541
10.3.2	Die Felder einer bewegten Punktladung	548

Kapitel 11	Strahlung	557
11.1	Dipolstrahlung	558
11.1.1	Was ist Strahlung?	558
11.1.2	Elektrische Dipolstrahlung	559
11.1.3	Magnetische Dipolstrahlung	565
11.1.4	Strahlung aus einer beliebigen Quelle	570
11.2	Punktladungen	575
11.2.1	Abgestrahlte Leistung einer Punktladung	575
11.2.2	Strahlungsreaktion	581
11.2.3	Die physikalische Grundlage der Strahlungsreaktion	586
Kapitel 12	Elektrodynamik und Relativität	597
12.1	Die spezielle Relativitätstheorie	598
12.1.1	Die Einstein'schen Postulate	598
12.1.2	Die Geometrie der Relativitätstheorie	605
12.1.3	Die Lorentz-Transformationen	617
12.1.4	Die Struktur der Raumzeit	624
12.2	Relativistische Mechanik	632
12.2.1	Eigenzeit und Eigengeschwindigkeit	632
12.2.2	Relativistische Energie und relativistischer Impuls	635
12.2.3	Relativistische Kinematik	638
12.2.4	Relativistische Dynamik	643
12.3	Relativistische Elektrodynamik	651
12.3.1	Magnetismus als relativistisches Phänomen	651
12.3.2	Wie sich Felder transformieren	654
12.3.3	Der Feldtensor	664
12.3.4	Elektrodynamik in Tensornotation	667
12.3.5	Relativistische Potentiale	671

Anhang A	Vektoranalysis in krummlinigen Koordinaten	679
A.1	Einführung.....	679
A.2	Schreibweisen	679
A.3	Gradient	680
A.4	Divergenz	681
A.5	Rotation.....	684
A.6	Laplace-Operator.....	686
Anhang B	Das Helmholtz-Theorem	687
Anhang C	Einheiten	691
Index		695