

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	37
1.1.5 Wie sich Vektoren transformieren	38
1.2 Differentialrechnung	41
1.2.1 „Gewöhnliche“ Ableitungen.....	41
1.2.2 Gradient	42
1.2.3 Der Operator ∇	45
1.2.4 Die Divergenz	46
1.2.5 Die Rotation	48
1.2.6 Produktregeln	50
1.2.7 Zweite Ableitungen	52
1.3 Integralrechnung	55
1.3.1 Pfad-, Flächen- und Volumenintegrale.....	55
1.3.2 Der Fundamentalsatz der Differentialrechnung	61
1.3.3 Der Fundamentalsatz für den Gradienten.....	62
1.3.4 Der Fundamentalsatz für die Divergenz	65
1.3.5 Der Fundamentalsatz für die Rotation	68
1.3.6 Partielle Integration	71

1.4	Krummlinige Koordinaten	73
1.4.1	Sphärische Polarkoordinaten	73
1.4.2	Zylinderkoordinaten	79
1.5	Die Dirac'sche Deltafunktion	80
1.5.1	Die Divergenz von $\hat{\mathbf{r}}/r^2$	80
1.5.2	Die eindimensionale Dirac'sche Deltafunktion	82
1.5.3	Die dreidimensionale Deltafunktion	86
1.6	Die Theorie der Vektorfelder	90
1.6.1	Das Helmholtz-Theorem	90
1.6.2	Potentiale	91
Kapitel 2	Elektrostatik	97
2.1	Das elektrische Feld	98
2.1.1	Einleitung	98
2.1.2	Das Coulomb'sche Gesetz	99
2.1.3	Das elektrische Feld	100
2.1.4	Kontinuierliche Ladungsverteilungen	101
2.2	Divergenz und Rotation elektrostatischer Felder	106
2.2.1	Feldlinien, Fluss und Gauß'sches Gesetz	106
2.2.2	Die Divergenz von $\mathbf{E}$	111
2.2.3	Anwendungen des Gauß'schen Gesetzes	111
2.2.4	Die Rotation von $\mathbf{E}$	119
2.3	Das elektrische Potential	120
2.3.1	Einführung in Potentiale	120
2.3.2	Anmerkungen zu Potentialen	122
2.3.3	Poisson-Gleichung und Laplace-Gleichung	127
2.3.4	Das Potential einer örtlich begrenzten Ladungsverteilung	128
2.3.5	Zusammenfassung; Randbedingungen der Elektrostatik	132
2.4	Arbeit und Energie in der Elektrostatik	135
2.4.1	Die zur Bewegung einer Ladung notwendige Arbeit	135
2.4.2	Die Energie einer Gruppe von Punktladungen	136

2.4.3	Die Energie einer kontinuierlichen Ladungsverteilung	139
2.4.4	Anmerkungen zur elektrostatischen Energie.....	141
2.5	Leiter	143
2.5.1	Grundlegende Eigenschaften	143
2.5.2	Induzierte Ladungen	145
2.5.3	Flächenladungen und die Kraft auf einen Leiter	149
2.5.4	Kondensatoren	151
Kapitel 3	Spezielle Techniken	159
3.1	Laplace-Gleichung	160
3.1.1	Einleitung	160
3.1.2	Die Laplace-Gleichung in einer Dimension	161
3.1.3	Die Laplace-Gleichung in zwei Dimensionen	162
3.1.4	Die Laplace-Gleichung in drei Dimensionen.....	164
3.1.5	Randbedingungen und Eindeutigkeitssätze.....	166
3.1.6	Leiter und der zweite Eindeutigkeitssatz	169
3.2	Die Methode der Spiegelladungen	172
3.2.1	Das klassische Problem der Spiegelladung	172
3.2.2	Induzierte Flächenladung	173
3.2.3	Kraft und Energie.....	174
3.2.4	Andere Spiegelladungsprobleme	175
3.3	Separation der Variablen	179
3.3.1	Kartesische Koordinaten.....	180
3.3.2	Sphärische Koordinaten	191
3.4	Multipolentwicklung	202
3.4.1	Näherungsweise Potentiale in großen Entfernungen	202
3.4.2	Monopol- und Dipol-Terme	206
3.4.3	Koordinatenursprung in Multipolentwicklungen	209
3.4.4	Das elektrische Feld eines Dipols.....	210

Kapitel 4	Elektrische Felder in Materie	221
4.1	Polarisation	222
4.1.1	Dielektrika	222
4.1.2	Induzierte Dipole	222
4.1.3	Ausrichtung polarer Moleküle	225
4.1.4	Polarisation	228
4.2	Das Feld eines polarisierten Objekts	229
4.2.1	Gebundene Ladungen	229
4.2.2	Physikalische Interpretation der Polarisationsladungen	233
4.2.3	Das Feld im Inneren eines Dielektrikums	236
4.3	Die elektrische Verschiebung	238
4.3.1	Das Gauß'sche Gesetz in der Anwesenheit von Dielektrika	238
4.3.2	Eine irreführende Parallele	242
4.3.3	Randbedingungen	243
4.4	Lineare Dielektrika	244
4.4.1	Suszeptibilität, Dielektrizitätskonstante, Dielektrizitätszahl	244
4.4.2	Randwertprobleme bei linearen Dielektrika	251
4.4.3	Energie in dielektrischen Systemen	257
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	285
5.2.1	Stationäre Ströme	285
5.2.2	Das Magnetfeld eines stationären Stroms	286
5.3	Divergenz und Rotation von $\mathbf{B}$	292
5.3.1	Geradlinige Ströme	292
5.3.2	Divergenz und Rotation von $\mathbf{B}$	293

5.3.3	Anwendungen des Ampère'schen Gesetzes	296
5.3.4	Vergleich zwischen Magnetostatik und Elektrostatik	305
5.4	Magnetisches Vektorpotential	308
5.4.1	Das Vektorpotential	308
5.4.2	Zusammenfassung, magnetostatische Randbedingungen	316
5.4.3	Multipolentwicklung des Vektorpotentials	319
Kapitel 6	Magnetische Felder in Materie	335
6.1	Magnetisierung	336
6.1.1	Diamagnete, Paramagnete und Ferromagnete	336
6.1.2	Drehmomente und Kräfte auf magnetische Dipole	336
6.1.3	Effekt eines Magnetfelds auf die Umlaufbahnen in Atomen	341
6.1.4	Magnetisierung	343
6.2	Das Feld eines magnetisierten Objekts	344
6.2.1	Polarisationsströme	344
6.2.2	Physikalische Interpretation von Polarisationsströmen	348
6.2.3	Das magnetische Feld im Inneren von Materie	350
6.3	Das magnetische Hilfsfeld H	350
6.3.1	Das Ampère'sche Gesetz in magnetisierten Materialien	350
6.3.2	Eine irreführende Parallele	355
6.3.3	Randbedingungen	356
6.4	Lineare und nichtlineare Medien	357
6.4.1	Magnetische Suszeptibilität und Permeabilität	357
6.4.2	Ferromagnetismus	361
Kapitel 7	Elektrodynamik	371
7.1	Elektromotorische Kraft	372
7.1.1	Ohm'sches Gesetz	372
7.1.2	Elektromotorische Kraft	380
7.1.3	Dynamische elektromotorische Kraft	382
7.2	Elektromagnetische Induktion	390

7.2.1	Das Faraday'sche Gesetz	390
7.2.2	Das induzierte elektrische Feld	395
7.2.3	Induktivität	402
7.2.4	Energie in Magnetfeldern	410
7.3	Die Maxwell'schen Gleichungen	415
7.3.1	Die Elektrodynamik vor Maxwell	415
7.3.2	Wie Maxwell das Ampère'sche Gesetz reparierte	417
7.3.3	Die Maxwell'schen Gleichungen	420
7.3.4	Magnetische Ladung	421
7.3.5	Maxwell'sche Gleichungen in Materie	423
7.3.6	Randbedingungen	426

Zwischenakt

Kapitel 8	Erhaltungssätze	443
8.1	Ladung und Energie	444
8.1.1	Die Kontinuitätsgleichung	444
8.1.2	Der Poynting'sche Satz	445
8.2	Impuls	449
8.2.1	Das dritte Newton'sche Gesetz in der Elektrodynamik	449
8.2.2	Der Maxwell'sche Spannungstensor	451
8.2.3	Impulserhaltung	456
8.2.4	Drehimpuls	460
Kapitel 9	Elektromagnetische Wellen	467
9.1	Wellen in einer Dimension	468
9.1.1	Die Wellengleichung	468
9.1.2	Sinusförmige Wellen	471
9.1.3	Randbedingungen: Reflexion und Transmission	474
9.1.4	Polarisation	478
9.2	Elektromagnetische Wellen im Vakuum	479

9.2.1	Die Wellengleichung für $\mathbf{E}$ und $\mathbf{B}$	479
9.2.2	Monochromatische ebene Wellen	481
9.2.3	Energie und Impuls in elektromagnetischen Wellen	484
9.3	Elektromagnetische Wellen in Materie	487
9.3.1	Ausbreitung in linearen Medien	487
9.3.2	Reflexion und Transmission bei senkrechtem Einfall	489
9.3.3	Reflexion und Transmission bei schrägem Einfall	491
9.4	Absorption und Dispersion	498
9.4.1	Elektromagnetische Wellen in Leitern	498
9.4.2	Reflexion an einer leitenden Oberfläche	502
9.4.3	Die Frequenzabhängigkeit der Dielektrizitätskonstante	504
9.5	Geführte Wellen	511
9.5.1	Wellenleiter	511
9.5.2	TE-Wellen in rechtwinkligen Wellenleitern	514
9.5.3	Koaxiale Übertragungsleitungen	518
Kapitel 10	Potentiale und Felder	523
10.1	Der Potentialformalismus	524
10.1.1	Skalare und Vektorpotentiale	524
10.1.2	Eichtransformationen	527
10.1.3	Coulomb-Eichung und Lorentz-Eichung	529
10.2	Kontinuierliche Verteilungen	531
10.2.1	Retardierte Potentiale	531
10.2.2	Die Jefimenko-Gleichungen	536
10.3	Punktladungen	539
10.3.1	Liénard-Wiechert-Potentiale	539
10.3.2	Die Felder einer bewegten Punktladung	545
Kapitel 11	Strahlung	553
11.1	Dipolstrahlung	554
11.1.1	Was ist Strahlung?	554

11.1.2	Elektrische Dipolstrahlung	555
11.1.3	Magnetische Dipolstrahlung.....	562
11.1.4	Strahlung aus einer beliebigen Quelle	566
11.2	Punktladungen.....	572
11.2.1	Abgestrahlte Leistung einer Punktladung.....	572
11.2.2	Strahlungsreaktion	578
11.2.3	Die physikalische Grundlage der Strahlungsreaktion	583
Kapitel 12	Elektrodynamik und Relativität	593
12.1	Die spezielle Relativitätstheorie.....	594
12.1.1	Die Einstein'schen Postulate.....	594
12.1.2	Die Geometrie der Relativitätstheorie.....	601
12.1.3	Die Lorentz-Transformationen	613
12.1.4	Die Struktur der Raumzeit	621
12.2	Relativistische Mechanik	629
12.2.1	Eigenzeit und Eigengeschwindigkeit	629
12.2.2	Relativistische Energie und relativistischer Impuls	632
12.2.3	Relativistische Kinematik	634
12.2.4	Relativistische Dynamik.....	640
12.3	Relativistische Elektrodynamik	648
12.3.1	Magnetismus als relativistisches Phänomen	648
12.3.2	Wie sich Felder transformieren	651
12.3.3	Der Feldtensor.....	661
12.3.4	Elektrodynamik in Tensornotation	664
12.3.5	Relativistische Potentiale.....	668
Anhang A	Vektoranalysis in krummlinigen Koordinaten	675
A.1	Einführung.....	675
A.2	Schreibweisen	675
A.3	Gradient	676
A.4	Divergenz	677

A.5	Rotation.....	680
A.6	Laplace-Operator.....	682
Anhang B	Das Helmholtz-Theorem	683
Anhang C	Einheiten	687
Index		691