
Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Grundbegriffe der Elektrodynamik	4
1.1.1	Ladungen und Ströme	4
1.2	Die Maxwell'schen Gleichungen	9
1.3	Materialgleichungen	12
1.4	Coulomb- und Lorentz-Kraft	14
1.5	Übergang zu Gauß'schen Einheiten	14
	Literatur	16
2	Elektrostatik	17
2.1	Elektrisches Feld und Potenzial	18
2.2	Coulomb-Kraft	21
2.3	Elektrostatische Energie	22
2.4	Mathematischer Einschub	24
2.4.1	Skalarprodukt	24
2.4.2	Kugelflächenfunktionen $Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$	28
2.4.3	Tensoren	33
2.5	Multipolentwicklung	34
2.5.1	Monopol, Dipol, Quadrupol	34
2.5.2	Multipolentwicklung in Kugelkoordinaten	40
2.5.3	Lösung der Laplace-Gleichung	42
2.5.4	Lösung der Poisson-Gleichung	44
2.6	Dielektrika	46
2.7	Elektrizität auf Leitern	54
2.8	Kapazität und Kugelkondensator	56
2.9	Feldenergie in Materie	58

XI

2.10	Bildladungen	60
2.11	Green'scher Satz und Green'sche Funktion	62
	Literatur	67
3	Magnetostatik	69
3.1	Ampère'sches Gesetz	70
3.2	Magnetischer Kraftfluss	71
3.3	Biot-Savart'sches Gesetz	72
3.4	Vektorpotenzial	76
3.5	Multipolentwicklung und magnetisches Moment	78
3.6	Magnetisierung von Medien	82
3.7	Energie und Kraft im magnetischen Feld	85
	Literatur	87
4	Spezielle Relativitätstheorie	89
4.1	Einführung und Lorentz-Transformation	89
4.2	Notation im Minkowski-Raum	99
4.3	Viererpotenzial, Relativitätsprinzip	102
4.4	Vierergeschwindigkeit und Viererimpuls, Invarianten	108
	Literatur	112
5	Vierdimensionale Formulierung der Elektrodynamik	115
5.1	Feldstärketensor	115
5.2	Energie-Impuls-Tensor des EM-Feldes	120
5.3	Lagrange-Formulierung	123
5.4	Lagrange-Dichte des EM-Feldes	127
	Literatur	130
6	Elektromagnetische Wellen	131
6.1	Wellen im Vakuum	131
6.2	Ebene Wellen	134
6.3	Elektromagnetische Wellen in Materie	141
6.3.1	Elektromagnetische Wellen in Leitern	144
6.3.2	Elektromagnetische Wellen in Hohlleitern	149
6.4	Wellenpakete	152
6.5	Reflexion und Brechung an Grenzflächen	156
	Literatur	158

7	Felder bewegter Ladungen – elektrodynamische Potenziale	159
7.1	Inhomogene Wellengleichungen und Green-Funktion .	159
7.2	Bestimmung der Green-Funktion mit funktionentheoretischen Methoden	160
7.3	Liénard-Wiechert-Potenziale für bewegte Punktladungen	167
7.4	Felder bewegter Punktladungen, Larmor-Formel	170
	Literatur	175
8	Hertz'scher Dipol	177
8.1	Zeitabhängige Potenziale des Dipols	177
8.2	Zeitabhängige Felder	179
	Literatur	182
9	Aufgaben	185
9.1	Vektoren, Matrizen und Tensoren	185
9.2	Einheitsvektoren, Koordinatensysteme	187
9.3	Flächen- und Volumenintegral, Satz von Gauß	188
9.4	Linien- und Flächenintegral, Satz von Stokes	189
9.5	Ladungsdichte des Wasserstoffatoms	191
9.6	Gradient in Kugelkoordinaten	192
9.7	Potenzial und Feld einer geladenen Kugeloberfläche . .	193
9.8	Potenzial und Feld eines geladenen Drahtes	193
9.9	Multipolentwicklung	195
9.10	Multipolmomente	196
9.11	Feld und Energie einer geladenen Vollkugel	198
9.12	Potenzial im Würfel	199
9.13	Kugelflächenfunktionen als Orthonormalsystem	200
9.14	Laplace-Gleichung in Kugelkoordinaten	204
9.15	Dielektrikum und Grenzbedingungen	206
9.16	Kondensator mit Dielektrika	208
9.17	Methode der Spiegelladungen	209
9.18	Spiegelladungen	210
9.19	Green'sche Funktion mit Dirichlet-Randbedingung . .	211
9.20	Biot-Savart'sches Gesetz und Helmholtz-Spule	212
9.21	Vektorpotenzial und Eichfreiheit	213
9.22	Magnetfeld und Vektorpotenzial	216
9.23	Allgemeiner Lorentz-Boost	218

9.24 Lebensdauer von Myonen	221
9.25 Zeitdilatation: Myonen im Speicherring	222
9.26 Geschwindigkeitsaddition und Rapidität	223
9.27 Beschleunigte Bewegung	225
9.28 Relativistische Kinematik	227
9.29 Transformation der Felder	228
9.30 Schwerpunkt- und Laborsystem	231
9.31 Feldstärketensor	233
9.32 Teilchen im elektromagnetischen Feld	235
9.33 Relativistische Lagrange- und Hamilton-Funktion	237
9.34 Feldstärke- und Energie-Impuls-Tensor	239
9.35 Wirkung des elektromagnetischen Feldes	241
9.36 Fourier-Transformation	243
9.37 Lösung der Wellengleichung	245
9.38 Felder und Potenziale ebener Wellen	246
9.39 Polarisation von Wellen	249
9.40 Wellenpaket in einer Dimension	250
9.41 Elektromagnetische Strahlung einer Antenne	252
Literatur	257
Sachverzeichnis	259