

# Inhalt

## Vorwort — V

### 1 Einführung — 1

- 1.1 Vom Spektakel zur Wissenschaft — 1
- 1.2 Bedeutende Wissenschaftler — 3
- 1.3 Elektrische Größen im SI-Einheiten-System — 7
- 1.4 Tabellen — 8

### 2 Elektrostatik — 13

- 2.1 Elektrische Ladung — 13
  - 2.1.1 Phänomene — 13
  - 2.1.2 Ladungsträger — 14
  - 2.1.3 Influenz — 16
- 2.2 Kräfte auf Ladungen und elektrisches Feld — 19
  - 2.2.1 Coulomb-Gesetz — 19
  - 2.2.2 Elektrische Feldstärke — 22
  - 2.2.3 Elektrisches Potenzial und Spannung — 25
  - 2.2.4 Energieerhaltungssatz — 28
- 2.3 Elektrische Felder von mehreren Punktladungen — 33
  - 2.3.1 Gesamtfeld und Ladungsschwerpunkt — 33
  - 2.3.2 Elektrischer Dipol — 34
  - 2.3.3 Elektrischer Dipol in elektrischen Feldern — 39
- 2.4 Elektrische Felder beliebig verteilter Ladungen — 43
  - 2.4.1 Das Gesetz von Gauß — 43
  - 2.4.2 Felder einfacher Ladungsverteilungen — 46
  - 2.4.3 Der Plattenkondensator — 50
- 2.5 Kapazität — 54
  - 2.5.1 Definition — 54
  - 2.5.2 Kondensatoren — 55
  - 2.5.3 Zusammengeschaltete Kondensatoren — 58
- 2.6 Materie in elektrischen Feldern — 59
  - 2.6.1 Elektrische Leiter — 59
  - 2.6.2 Polarisation von Dielektrika — 62
  - 2.6.3 Dielektrika im Plattenkondensator — 65
  - 2.6.4 Elektrische Felder in Dielektrika — 69
- 2.7 Energiedichte des elektrischen Felds — 70
- 2.8 Anwendungen der Elektrostatik — 76
  - 2.8.1 Ablenkung geladener Teilchenströme im Vakuum — 76
  - 2.8.2 Millikan-Fletcher-Experiment — 77

2.8.3	Xerografie —	79
2.8.4	Elektrische Felder auf der Erde —	80
<b>3</b>	<b>Elektrischer Strom —</b>	<b>85</b>
3.1	Definition und Einordnung —	85
3.1.1	Elektrische Stromstärke —	85
3.1.2	Stromdichte —	86
3.1.3	Ladungserhaltung —	86
3.1.4	Arten elektrischer Ströme —	87
3.2	Ohmsches Gesetz —	89
3.2.1	Elektrisches Feld bei stationärem Strom —	89
3.2.2	Elektrische Leitfähigkeit —	90
3.2.3	Elektrischer Widerstand —	91
3.2.4	Mikroskopisches Modell des ohmschen Widerstands —	94
3.2.5	Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstands in Feststoffen —	97
3.2.6	Stromleistung —	99
3.3	Gleichstromkreise —	100
3.3.1	Symbole und Darstellungen —	100
3.3.2	Kirchhoffsche Regeln —	102
3.3.3	Laden und Entladen von Kondensatoren —	104
3.4	Quellen und Messgeräte —	106
3.4.1	Innenwiderstände von Quellen —	106
3.4.2	Galvanische Zellen —	108
3.4.3	Strom- und Spannungsmessungen —	114
3.5	Andere elektrische Ströme – eine Übersicht —	116
3.5.1	Ionenleitung —	116
3.5.2	Elektrische Ströme in Gasen —	122
<b>4</b>	<b>Magnetostatik —</b>	<b>130</b>
4.1	Phänomene und Beobachtungen —	130
4.1.1	Magnetismus – seid alters vertraut —	130
4.1.2	Permanentmagnete —	131
4.1.3	Magnetfeld und elektrische Ströme —	136
4.2	Magnetisches Feld —	137
4.3	Lorentz-Kraft —	139
4.3.1	Definition —	139
4.3.2	Anwendungen —	140
4.4	Magnetfelder elektrischer Ströme —	147
4.4.1	Geradliniger Leiter —	147
4.4.2	Das Biot-Savart-Gesetz —	148

4.4.3	Ampèresches-Durchflutungsgesetz —	150
4.4.4	Das magnetische Dipolmoment —	155
4.4.5	Magnetisches Dipolmoment einer Punktladung auf einer Kreisbahn —	158
4.5	Materie im magnetischen Feld —	161
4.5.1	Magnetisierung —	161
4.5.2	Magnetismus der Materie —	162
4.5.3	Magnetfeld an Grenzflächen —	167
4.5.4	Ferromagnete in Spulen —	168
4.5.5	Energiedichte des magnetischen Felds —	170
4.5.6	Magnete —	170
4.6	Elektrostatik und Magnetostatik —	172
4.6.1	Vektorpotenzial —	172
4.6.2	Gegenüberstellung physikalischer Größen —	173
<b>5</b>	<b>Induktion und Verschiebungsstrom —</b>	<b>177</b>
5.1	Faradaysches Induktionsgesetz —	177
5.1.1	Induktionsphänomene —	177
5.1.2	Induktionsgesetz —	179
5.1.3	Lenzsche Regel —	183
5.2	Induktivität —	188
5.2.1	Definition —	188
5.2.2	Ein- und Auschaltvorgänge an Induktivitäten —	189
5.2.3	Zusammengeschaltete Induktivitäten —	191
5.2.4	Transformatoren —	191
5.2.5	Energiedichte des magnetischen Felds —	197
5.3	Maxwellscher Verschiebungsstrom —	198
5.4	Umwandlung zwischen mechanischer und elektromagnetischer Energie —	200
5.4.1	Generatoren —	200
5.4.2	Elektromotoren —	205
<b>6</b>	<b>Wechselspannungen und -ströme —</b>	<b>210</b>
6.1	Grundbegriffe —	210
6.1.1	Zeitabhängigkeiten —	210
6.1.2	Effektivwerte —	211
6.2	Komplexer Wechselstromwiderstand —	212
6.2.1	Komplexe Zahlen – eine kurze Erinnerung —	213
6.2.2	Anwendung komplexer Zahlen auf Wechselstromkreise —	214
6.2.3	Zusammengeschaltete Impedanzen —	218

6.3	Der elektrische Schwingkreis — 224
6.3.1	Impedanz des Serienschwingkreis — 224
6.3.2	Der elektrische Schwingkreis als harmonischer Oszillator — 226
6.3.3	Der freie, gedämpfte elektrische Oszillator — 228
6.4	Hertzscher Dipol — 229
6.4.1	Vom elektrischen Schwingkreis zum schwingenden Dipol — 229
6.4.2	Ablösung des elektromagnetischen Felds — 231
6.4.3	Elektrische und magnetische Felder im Fernfeld des hertzschen Dipols — 234
6.5	Beschleunigte Punktladungen — 236
<b>7</b>	<b>Elektromagnetische Wellen — 241</b>
7.1	Eigenschaften elektromagnetischer Wellen im materiefreien Raum — 241
7.1.1	Wellengleichung — 241
7.1.2	Polarisation — 243
7.1.3	Spektrum — 245
7.1.4	Intensität — 250
7.1.5	Wellenimpuls und Strahlungsdruck — 251
7.1.6	Wellenausbreitung — 253
7.2	Elektromagnetische Wellen in Materie — 256
7.2.1	Reflexion — 256
7.2.2	Brechung — 256
7.2.3	Totalreflexion — 260
7.2.4	Brewster-Polarisation — 262
7.2.5	Dispersion — 263
7.2.6	Absorption — 268
7.2.7	Streuung — 270
7.3	Elektromagnetische Wellen in anisotropen und inhomogenen Medien — 271
7.3.1	Doppelbrechung — 272
7.3.2	Inhomogene Medien — 275
7.4	Polarisation elektromagnetischer Wellen — 277
<b>8</b>	<b>Wellenoptik — 283</b>
8.1	Kohärenz — 283
8.1.1	Superpositionsprinzip und Interferenz — 283
8.1.2	Kohärenz von Lichtwellen unterschiedlicher Quellen — 283
8.1.3	Kohärenzspalt — 284
8.2	Interferenz an dünnen Schichten — 285
8.2.1	Zweistrahlinterferenz — 286
8.2.2	Interferenz an Schichten wechselnder Dicke — 287

8.2.3	Vielstrahlinterferenz —	289
8.3	Interferometrie —	292
8.3.1	Prinzip —	292
8.3.2	Anwendung: Michelson-Morley-Miller-Experimente und die Widerlegung der Ätherhypothese —	294
8.4	Beugung —	299
8.4.1	Grundlagen —	299
8.4.2	Beugung am Strichgitter in Fraunhofer-Näherung —	301
8.4.3	Beugung am Einfachspalt in Fraunhofer-Näherung —	307
8.4.4	Beugung am Gitter mit endlich breiten Spalten in Fraunhofer-Näherung —	310
8.4.5	Weitere Beugungsphänomene —	314
<b>9</b>	<b>Geometrische Optik —</b>	<b>319</b>
9.1	Grundlagen der Strahlenoptik —	319
9.1.1	Begriffe —	319
9.1.2	Licht und Schatten —	322
9.1.3	Lochkamera —	323
9.2	Spiegel —	324
9.2.1	Ebener Spiegel —	324
9.2.2	Sphärischer Hohlspiegel —	326
9.3	Linsen —	331
9.3.1	Abbildung durch eine brechende, sphärische Grenzfläche —	331
9.3.2	Dünne Linsen —	333
9.3.3	Die Brennebene —	339
9.3.4	Zusammengesetzte dünne Linsen —	341
9.4	Aberrationen —	342
9.4.1	Monochromatische Aberrationen —	342
9.4.2	Chromatische Aberration —	346
9.5	Optische Instrumente —	347
9.5.1	Das menschliche Auge —	347
9.5.2	Die Lupe —	352
9.5.3	Kepler-Fernrohr —	352
9.5.4	Einfaches Mikroskop —	355
9.6	Auflösungsvermögen optischer Instrumente —	356
9.6.1	Rayleigh-Kriterium —	356
9.6.2	Abbe-Kriterium —	359
9.7	Wellenfronten in der gaußschen Optik —	360
9.7.1	Sphärischer Hohlspiegel —	360
9.7.2	Sphärische Sammellinse —	361

**10      Grundbegriffe der speziellen Relativitätstheorie — 365**

- 10.1      Einsteinsche Kinematik — 365
  - 10.1.1      Postulate — 365
  - 10.1.2      Lorentz-Transformation — 366
  - 10.1.3      Der Verlust der Gleichzeitigkeit — 368
  - 10.1.4      Lorentz-Fitzgerald-Längenkontraktion — 368
  - 10.1.5      Zeitdilatation — 369
- 10.2      Einsteinsche Dynamik — 372
  - 10.2.1      Impuls, Kraft und Massenzunahme — 372
  - 10.2.2      Kinetische Energie und Masse — 374
- 10.3      Anwendung auf bewegte Ladungen — 376
  - 10.3.1      Magnetismus — 376
  - 10.3.2      Magnetfeld bewegter Punktladungen — 378

**Bildnachweis — 381**

**Stichwortverzeichnis — 382**

**E1      Erratum zu: Physik für das Lehramt**