

Inhaltsverzeichnis

Teil I. Grundlagen und Grundbegriffe der MAXWELLSchen Elektrodynamik

| | |
|--|----|
| § 1. Historischer Rückblick, Fern- und Feldwirkung | 1 |
| Biographische Notizen | 3 |
| MICHAEL FARADAY 1791—1867 | 3 |
| JAMES CLERK MAXWELL 1831—1879 | 3 |
| ANDRÉ MARIE AMPÈRE 1775—1836 | 4 |
| HEINRICH HERTZ 1857—1894 | 5 |
| § 2. Vorläufiges über die Grundbegriffe des elektromagnetischen Feldes | 6 |
| § 3. Die MAXWELLSchen Gleichungen in Integralform | 11 |
| § 4. Die MAXWELLSchen Gleichungen in Differentialform und die Materialkonstanten der Theorie | 17 |
| A. Leitfähigkeit und OHMSches Gesetz | 19 |
| B. Dielektrizitätskonstante | 20 |
| C. Permeabilität | 20 |
| § 5. Energiesatz und POYNTINGScher Vektor | 24 |
| § 6. Die Rolle der Lichtgeschwindigkeit in der Elektrodynamik | 31 |
| § 7. Das COULOMBSche Feld und die Fundamentalkonstanten des Vakuums. Rationelle und konventionelle Einheiten | 36 |
| A. Elektrostatik | 36 |
| B. Magnetostatik | 38 |
| C. Rationelle und konventionelle Einheiten | 40 |
| D. Endgültige Bestimmung der Fundamentalkonstanten μ_0 , ϵ_0 im MKSA-System | 41 |
| § 8. Vier, fünf oder drei Grundeinheiten? | 42 |
| A. Ergänzung zum System unserer vier Einheiten | 42 |
| B. Die fünf Einheiten MKSCP | 42 |
| C. Das GAUSSsche System von nur drei Einheiten | 45 |
| D. Zusätzliches über andere Maßsysteme | 47 |

Teil II. Ableitung der Erscheinungen aus den MAXWELLSchen Gleichungen

| | |
|---|----|
| § 9. Einfachste Randwertaufgaben der Elektrostatik | 48 |
| A. Aufladungsprobleme | 48 |
| B. Influenzprobleme und Methode der reziproken Radien | 49 |
| C. Leitende Kugel im homogenen Felde | 51 |
| D. Dielektrische Kugel im homogenen Felde | 53 |
| E. Spiegelung und Brechung der Kraftlinien am dielektrischen Halbraum | 55 |
| F. Dipol- und Quadrupolfelder | 56 |
| § 10. Die Kapazität und ihr Zusammenhang mit der Feldenergie | 58 |
| A. Plattenkondensator | 59 |
| B. Kugelkondensator | 59 |

| | |
|---|------------|
| C. Kapazität des Rotationsellipsoides und eines geraden Stückes Draht | 60 |
| D. Energetische Definition der Kapazität | 61 |
| E. Die Kapazitäten in einem beliebigen System von Leitern | 62 |
| § 11. Allgemeine Betrachtungen über das elektrische Feld | 64 |
| A. Das Brechungsgesetz der Kraftlinien | 64 |
| B. Zur Definition der Vektoren \mathfrak{E} und \mathfrak{D} | 64 |
| C. Der Begriff der elektrischen Polarisation, die CLAUSIUS-MOSOTTISCHE Formel | 65 |
| D. Nachträgliches zur Berechnung der Polarisation | 68 |
| E. Permanente Polarisation | 69 |
| § 12. Das Feld des permanenten Stabmagneten | 71 |
| § 13. Allgemeines über Magnetostatik und deren Randwertaufgaben | 79 |
| A. Das Brechungsgesetz der magnetischen Erregungslinien | 80 |
| B. Definition der Vektoren \mathfrak{H} und \mathfrak{B} , insbesondere in festen Körpern | 81 |
| C. Die Magnetisierung \mathfrak{M} in beliebiger Materie, Ferromagnetika ausgeschlossen | 81 |
| D. Dia- und Paramagnetismus | 81 |
| E. Weiches Eisen als Analogon zum elektrischen Leiter | 83 |
| F. Spezielle Randwertaufgaben | 83 |
| G. Das homogene Feld im Inneren des Rotationsellipsoides | 84 |
| H. Der sogenannte Entmagnetisierungsfaktor | 87 |
| § 14. Einiges über den Ferromagnetismus | 88 |
| A. Die WEISSCHEN Bezirke | 88 |
| B. Der Elektronenspin als Elementarmagnet | 89 |
| C. Hysteresisschleife und reversible Magnetisierung | 89 |
| D. Thermodynamisches | 91 |
| § 15. Die stationären Ströme und ihr magnetisches Feld. Methode des Vektorpotentials | 92 |
| A. Das BIOT-SAVARTSCHE Gesetz | 94 |
| B. Die magnetische Energie des Feldes zweier Leiter | 95 |
| C. Das NEUMANNSCHE Potential als gegenseitiger Induktions-Koeffizient | 96 |
| D. Der Selbstinduktions-Koeffizient | 98 |
| E. Selbstinduktion bei der Doppelleitung | 102 |
| F. Allgemeiner Satz von der Energieübertragung durch stationäre Ströme | 103 |
| § 16. AMPÈRES Methode der magnetischen Doppelschicht | 104 |
| A. Das magnetische Blatt bei linearen Leitern | 105 |
| B. Magnetische Energie und magnetischer Kraftfluß | 108 |
| C. Anwendung auf die Selbstinduktion einer Doppelleitung | 110 |
| D. Stromschleife als magnetischer Dipol | 112 |
| § 17. Spezielle Ausführungen über das Feld eines geraden Drahtes und einer Spule | 113 |
| § 18. Quasistationäre Ströme | 121 |
| A. Energetische Erläuterung der Schwingungsgleichung | 123 |
| a) Freie Schwingungen | 124 |
| b) Erzwungene Schwingungen | 125 |
| B. Die WHEATSTONESCHE Brücke | 127 |
| C. Gekoppelte Schwingungskreise | 130 |
| D. Die Telegraphengleichung | 130 |

| | |
|---|-----|
| § 19. Schnell veränderliche Felder, die elektrodynamischen Potentiale | 133 |
| A. Die retardierten Potentiale | 135 |
| B. Der HERTZsche Dipol | 135 |
| C. Spezialisierung auf periodische Vorgänge | 139 |
| D. Quadrupolstrahlung | 140 |
| E. Die Eigenschwingungen eines metallischen kugelförmigen Oszillators | 143 |
| F. Anwendung auf die Theorie der Röntgenstrahlen | 145 |
| § 20. Allgemeines über die Struktur der Wellenfelder von zylindrischer Symmetrie. | |
| Spezielles über Wechselstromwiderstand und Skineffekt | 146 |
| A. Longitudinal- und Transversal-Komponenten | 147 |
| B. Das Wellenfeld des Halbraumes und sein Skineffekt | 149 |
| C. Der Wechselstromwiderstand des Halbraumes | 152 |
| D. Der RAYLEIGHsche Widerstand des Drahtes | 154 |
| E. Die Wechselstrom-Induktanz | 155 |
| F. Weitere Angaben über das Wechselstromfeld eines kreiszylindrischen Drahtes | 156 |
| § 21. Die Wechselstrom führende Spule | 158 |
| A. Das Feld der Spule | 158 |
| B. Widerstand und innere Induktanz der Spule | 160 |
| C. Die Spule von mehreren Lagen | 162 |
| § 22. Das Problem der Drahtwellen. Elektrische Hauptwellen | 164 |
| A. Das Feld im Inneren und Äußeren des Drahtes | 165 |
| B. Die Grenzbedingung im Unendlichen | 168 |
| C. Die Grenzbedingung auf der Oberfläche des Drahtes | 169 |
| § 23. Allgemeine Lösung des Drahtwellen-Problems | 172 |
| A. Hauptwelle und elektrische Nebenwellen | 172 |
| B. Magnetische Wellen | 173 |
| C. Unsymmetrische Wellen vom elektromagnetischen Typ | 174 |
| D. Drahtwellen am Nichteiter. Elektrischer Wellentypus | 177 |
| § 24. Einiges zur Theorie der Hohlleiter | 179 |
| § 25. Die LECHERSche Doppelleitung | 184 |
| A. Der Grenzfall unendlicher Leitfähigkeit | 185 |
| B. Das Äußere der Drähte | 188 |
| C. Das Innere der Drähte | 190 |
| D. Die Grenzbedingung $\hat{\psi}_r = -\hat{\psi}_\varphi$ | 191 |
| E. Die Grenzbedingung für \mathfrak{E}_z und das Gesetz der Phasenfortpflanzung | 192 |
| F. Ergänzungen bezüglich der übrigen Grenzbedingungen | 194 |
| G. Gleichtakt und Gegentakt | 194 |
| Teil III. Relativitätstheorie und Elektronentheorie | 197 |
| § 26. Die Invarianz der MAXWELLSchen Gleichungen in der vierdimensionalen Welt | 197 |
| A. Das Viererpotential | 197 |
| B. Die Sechservektoren von Feld und Erregung | 199 |
| C. Die MAXWELLSchen Gleichungen in vierdimensionaler Form | 201 |
| D. Über die geometrische Natur des Sechervektors und seine Invarianten | 204 |
| E. Relativistisch-invariante Dreiverktoren | 206 |
| § 27. Die Gruppe der LORENTZ-Transformationen und die Kinematik der Relativitätstheorie | 207 |
| A. Die allgemeine und die spezielle LORENTZ-Transformation | 208 |

| | |
|--|-----|
| B. Die Relativierung der Zeit | 210 |
| C. Die LORENTZ-Kontraktion | 211 |
| D. Die EINSTEINSche Zeitdilatation | 212 |
| E. Das Additionstheorem der Geschwindigkeit | 214 |
| F. c als obere Grenze aller Geschwindigkeiten | 215 |
| G. Lichtkegel, raum- und zeitartige Vektoren, Eigenzeit | 216 |
| H. Das Additionstheorem verschieden gerichteter Geschwindigkeiten | 217 |
| J. Die Prinzipien der Konstanz von Lichtgeschwindigkeit und Ladung | 219 |
| § 28. Vorbereitung auf die Elektronentheorie | 220 |
| A. Die Transformationseigenschaften des elektrischen Feldes | 221 |
| B. Die Transformation des magnetischen Feldes | 223 |
| C. Das Eigenfeld eines gleichförmig bewegten Elektrons | 224 |
| D. Ableitung des Vierervektors der Kraftdichte und der LORENTZ-Kraft .. | 225 |
| E. Die allgemeine orthogonale Transformation des Tensors zweiter Stufe | 228 |
| § 29. Integration der Differentialgleichung des Viererpotentials | 229 |
| A. Vierdimensionale Form des Potentials Ω | 230 |
| B. Retardierte Potentiale | 232 |
| C. Die LIÉNARD-WIECHERTSche Näherung | 233 |
| § 30. Das Feld des beschleunigten Elektrons | 234 |
| A. Das gleichförmig bewegte Elektron | 236 |
| B. Das beschleunigte Elektron | 237 |
| C. Das longitudinal beschleunigte Elektron | 238 |
| D. Energiereiche Elektronen auf Kreisbahnen | 238 |
| § 31. Die MAXWELLSchen Spannungen und der Spannungs-Energie-Tensor | 240 |
| § 32. Die relativistische Mechanik | 247 |
| A. Die Äquivalenz von Energie und Masse | 249 |
| B. Zusammenhang zwischen Impuls und Energie | 251 |
| C. D'ALEMBERTSches und HAMILTONSches Prinzip | 251 |
| D. LAGRANGESche Funktion und LAGRANGESche Gleichungen | 253 |
| E. Das SCHWARZSCHILDsche Prinzip der kleinsten Wirkung | 254 |
| § 33. Elektromagnetische Theorie des Elektrons | 258 |
| Teil IV. Die MAXWELLSche Theorie für bewegte Körper und andere Ergänzungen | 264 |
| § 34. Die MINKOWSKISchen Gleichungen für bewegte Medien | 264 |
| § 35. Die ponderomotorischen Kräfte und der Spannungs-Energie-Tensor | 273 |
| § 36. Der Energieverlust des beschleunigten Elektrons durch Strahlung und seine Rückwirkung auf die Bewegung | 275 |
| § 37. Ansätze zur Verallgemeinerung der MAXWELLSchen Gleichungen und zur Theorie der Elementarteilchen | 283 |
| § 38. Allgemeine Relativitätslehre, vereinheitlichte Theorie von Gravitation und Elektrodynamik | 289 |
| Schwere und träge Masse | 293 |
| Beobachtbare Folgerungen der allgemeinen Relativitätstheorie | 296 |
| Vereinheitlichte Theorie von Gravitation und Elektrodynamik | 301 |
| Durchgehende Bezeichnungen und ihre Dimensionen | 303 |
| Zusätzliche Bezeichnungen in Teil III und IV | 305 |
| Zahlenwerte, angenäherte Messungsergebnisse bzw. Festsetzungen | 306 |

Übungsaufgaben

| | |
|---|-----|
| zu Teil I | 307 |
| I. 1. Die Grenzbedingungen der MAXWELLSchen Theorie | 307 |
| I. 2. Die magnetische Erregung im Inneren und Äußen eines unendlich langen geraden Drahtes | 307 |
| I. 3. Die magnetische Erregung im Innern eines unendlich langen Solenoids | 307 |
| I. 4. Der Cosinussatz der sphärischen Trigonometrie als Spezialisierung einer allgemeinen Vektorformel | 307 |
| zu Teil II | 307 |
| II. 1. Das Aufladepotential eines leitenden Rotationsellipsoides | 307 |
| II. 2. Der einseitig unendlich lange, geriebene Glasstab und sein Vergleich mit dem leitenden Rotationsparaboloid | 308 |
| II. 3. Vergleich der dielektrischen mit der leitenden Kugel | 308 |
| II. 4. Randkorrektion beim Plattenkondensator nach KIRCHHOFF | 308 |
| II. 5. Die Kapazität einer Leidener Flasche (Zylinderkondensator) | 309 |
| II. 6. Zur Definition der Kapazität zweier Leiter entgegengesetzt gleicher Ladungen | 309 |
| II. 7. Elektrische Quadrupole | 309 |
| II. 8. Berechnung von elektrischen Quadrupolmomenten | 309 |
| II. 9. Zylindrische Multipole | 309 |
| II. 10. Eigenschwingungen und Eigenfrequenzen des Inneren eines von einem vollkommen leitenden Quader begrenzten Hohlraumes | 310 |
| II. 11. Eigenschwingungen und Eigenfrequenzen des Inneren eines vollkommen leitenden Kreiszylinders von endlicher Länge | 310 |
| II. 12. Eigenschwingungen im Inneren eines von einer vollkommen leitenden Metallkugel begrenzten Hohlraumes | 310 |
| II. 13. Berechnung der Fortpflanzungskonstanten von Drahtwellen aus der KELVINSchen Telegraphengleichung und dem RAYLEIGHschen Wechselstromwiderstand | 310 |
| zu Teil III und IV | 310 |
| III. 1. Die LORENTZ-Transformation bei einer von der x -Achse verschiedenen Relativbewegungsrichtung | 310 |
| III. 2. Zum Additionstheorem zweier verschieden gerichteter Geschwindigkeiten | 311 |
| III. 3. Das Feld eines gleichförmig bewegten Elektrons | 311 |
| III. 4. Zum relativistischen Energiesatz des Elektrons | 311 |
| III. 5. Das Elektron im homogenen elektrostatischen Felde | 311 |
| III. 6. Das Elektron im homogenen magnetostatischen Felde | 312 |
| III. 7. Das Elektron im homogenen elektrischen und einem dazu parallelen homogenen magnetischen Felde | 312 |
| III. 8. Das Elektron im homogenen elektrischen und einem dazu senkrechten homogenen magnetischen Felde | 312 |
| III. 9. Die Charakteristik der Glühkathodenröhre nach LANGMUIR und SCHOTTKY | 312 |
| III. 10. Die Beschleunigung des Elektrons im Betatron | 313 |
| IV. 1. Das Feld der unipolaren Induktion | 313 |
| Anleitung zur Lösung der Übungsaufgaben | 314 |
| Namen- und Sachregister | 340 |