

# Spis treści

|                            |    |
|----------------------------|----|
| Przedmowa . . . . .        | 9  |
| Uwagi metodyczne . . . . . | 11 |

## Część 1

### Elektryczność i magnetyzm

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Rozdział I. Pole elektryczne w próżni . . . . .                           | 15 |
| § 1. Ładunek elektryczny . . . . .                                        | 15 |
| § 2. Prawo Coulomba . . . . .                                             | 17 |
| § 3. Układy jednostek . . . . .                                           | 19 |
| § 4. Zracjonalizowany zapis wzorów . . . . .                              | 21 |
| § 5. Pole elektryczne. Natężenie pola . . . . .                           | 22 |
| § 6. Potencjał . . . . .                                                  | 27 |
| § 7. Energia oddziaływania układu ładunków . . . . .                      | 31 |
| § 8. Związek między natężeniem pola elektrycznego i potencjałem . . . . . | 32 |
| § 9. Dipol . . . . .                                                      | 36 |
| § 10. Pole ładunków w dużych odległościach . . . . .                      | 42 |
| § 11. Opis własności pól wektorowych . . . . .                            | 45 |
| § 12. Cyrkulacja i rotacja pola elektrostatycznego . . . . .              | 63 |
| § 13. Twierdzenie Gaussa . . . . .                                        | 65 |
| § 14. Obliczanie natężeń pól za pomocą twierdzenia Gaussa . . . . .       | 68 |
| Rozdział II. Pole elektryczne w dielektrykach . . . . .                   | 75 |
| § 15. Cząsteczki polarne i niepolarne . . . . .                           | 75 |
| § 16. Polaryzacja dielektryków . . . . .                                  | 77 |

|                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
| § 17. Pole wewnątrz dielektryka . . . . .                                       | 79         |
| § 18. Ładunki związane, objętościowe i powierzchniowe . . . . .                 | 81         |
| § 19. Wektor przesunięcia elektrycznego . . . . .                               | 87         |
| § 20. Przykłady obliczeń pola w dielektrykach . . . . .                         | 90         |
| § 21. Warunki na granicy dwóch dielektryków . . . . .                           | 95         |
| § 22. Siły działające na ładunek w dielektryku . . . . .                        | 99         |
| § 23. Ferroelektryki . . . . .                                                  | 100        |
| <b>Rozdział III. Przewodniki w polu elektrycznym . . . . .</b>                  | <b>103</b> |
| § 24. Równowaga ładunków na przewodniku . . . . .                               | 103        |
| § 25. Przewodnik w zewnętrznym polu elektrycznym . . . . .                      | 106        |
| § 26. Pojemność elektryczna. . . . .                                            | 107        |
| § 27. Kondensatory . . . . .                                                    | 109        |
| <b>Rozdział IV. Energia pola elektrycznego . . . . .</b>                        | <b>112</b> |
| § 28. Energia przewodnika naładowanego . . . . .                                | 112        |
| § 29. Energia naładowanego kondensatora . . . . .                               | 113        |
| § 30. Energia pola elektrycznego . . . . .                                      | 116        |
| <b>Rozdział V. Prąd elektryczny stały . . . . .</b>                             | <b>119</b> |
| § 31. Prąd elektryczny . . . . .                                                | 119        |
| § 32. Równanie ciągłości . . . . .                                              | 122        |
| § 33. Siła elektromotoryczna . . . . .                                          | 124        |
| § 34. Prawo Ohma. Opór przewodników . . . . .                                   | 126        |
| § 35. Prawo Ohma dla niejednorodnego odcinka obwodu . . . . .                   | 129        |
| § 36. Obwody rozgałęzione (sieci). Prawa Kirchhoffa . . . . .                   | 131        |
| § 37. Moc prądu. . . . .                                                        | 134        |
| § 38. Prawo Joule'a–Lenza . . . . .                                             | 135        |
| <b>Rozdział VI. Pole magnetyczne w próżni. . . . .</b>                          | <b>137</b> |
| § 39. Oddziaływanie prądów . . . . .                                            | 137        |
| § 40. Pole magnetyczne . . . . .                                                | 140        |
| § 41. Pole poruszającego się ładunku . . . . .                                  | 141        |
| § 42. Prawo Biota–Savarta . . . . .                                             | 145        |
| § 43. Siła Lorentza . . . . .                                                   | 148        |
| § 44. Prawo Ampère'a . . . . .                                                  | 151        |
| § 45. Magnetyzm jako zjawisko relatywistyczne . . . . .                         | 153        |
| § 46. Obwód z prądem w polu magnetycznym . . . . .                              | 160        |
| § 47. Pole magnetyczne obwodu z prądem . . . . .                                | 166        |
| § 48. Praca wykonywana przy przemieszczaniu prądu w polu magnetycznym . . . . . | 169        |
| § 49. Dywergencja i rotacja pola magnetycznego . . . . .                        | 174        |
| § 50. Pole solenoidu i toroidu. . . . .                                         | 179        |

|                                                                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Rozdział VII. Pole magnetyczne w materii . . . . .</b>                                                   | <b>184</b> |
| § 51. Namagnesowanie magnetyka . . . . .                                                                    | 184        |
| § 52. Natężenie pola magnetycznego . . . . .                                                                | 185        |
| § 53. Pole w magnetykach . . . . .                                                                          | 192        |
| § 54. Warunki na granicy dwóch magnetyków . . . . .                                                         | 195        |
| § 55. Rodzaje magnetyków . . . . .                                                                          | 199        |
| § 56. Zjawiska magnetomechaniczne . . . . .                                                                 | 200        |
| § 57. Diamagnetyzm . . . . .                                                                                | 205        |
| § 58. Paramagnetyzm . . . . .                                                                               | 209        |
| § 59. Ferromagnetyzm . . . . .                                                                              | 213        |
| <b>Rozdział VIII. Indukcja elektromagnetyczna . . . . .</b>                                                 | <b>219</b> |
| § 60. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej . . . . .                                                       | 219        |
| § 61. Siła elektromotoryczna indukcji . . . . .                                                             | 221        |
| § 62. Metody pomiaru indukcji magnetycznej . . . . .                                                        | 225        |
| § 63. Prądy Foucaulta . . . . .                                                                             | 227        |
| § 64. Zjawisko samoindukcji . . . . .                                                                       | 228        |
| § 65. Prądy przy zamykaniu i rozwieraniu obwodu . . . . .                                                   | 231        |
| § 66. Indukcja wzajemna . . . . .                                                                           | 234        |
| § 67. Energia pola magnetycznego . . . . .                                                                  | 236        |
| § 68. Praca przemagnesowania ferromagnetyka . . . . .                                                       | 239        |
| <b>Rozdział IX. Równania Maxwella . . . . .</b>                                                             | <b>242</b> |
| § 69. Wirowe pole elektryczne. . . . .                                                                      | 242        |
| § 70. Prąd przesunięcia . . . . .                                                                           | 244        |
| § 71. Równania Maxwella . . . . .                                                                           | 249        |
| <b>Rozdział X. Ruch cząstek naładowanych w polach elektrycznych i magnetycznych</b>                         | <b>253</b> |
| § 72. Ruch cząstki naładowanej w jednorodnym polu magnetycznym                                              | 253        |
| § 73. Odchylenie toru cząstek naładowanych poruszających się w polach elektrycznym i magnetycznym . . . . . | 255        |
| § 74. Wyznaczanie ładunku i masy elektronu . . . . .                                                        | 258        |
| § 75. Wyznaczanie ładunku właściwego jonów. Spektrografy masowe                                             | 264        |
| § 76. Akceleratory cząstek naładowanych . . . . .                                                           | 269        |
| <b>Rozdział XI. Klasyczna teoria przewodnictwa elektrycznego metali . . . . .</b>                           | <b>276</b> |
| § 77. Natura nośników prądu w metalach . . . . .                                                            | 276        |
| § 78. Elementarna klasyczna teoria metali . . . . .                                                         | 278        |
| § 79. Efekt Halla . . . . .                                                                                 | 283        |
| <b>Rozdział XII. Prąd elektryczny w gazach . . . . .</b>                                                    | <b>287</b> |
| § 80. Przewodnictwo samoistne i niesamoistne . . . . .                                                      | 287        |
| § 81. Niesamoistne wyładowanie w gazie . . . . .                                                            | 288        |
| § 82. Komory jonizacyjne i liczniki . . . . .                                                               | 292        |

|                                                                                           |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| § 83. Procesy prowadzące do powstawania nośników prądu w wyładowaniu samoistnym . . . . . | 297        |
| § 84. Plazma wyładowcza . . . . .                                                         | 301        |
| § 85. Wyładowanie jarzeniowe . . . . .                                                    | 304        |
| § 86. Wyładowanie łukowe . . . . .                                                        | 307        |
| § 87. Wyładowanie iskrowe i koronowe . . . . .                                            | 309        |
| <b>Rozdział XIII. Drgania elektryczne . . . . .</b>                                       | <b>313</b> |
| § 88. Prądy kwazistacjonarne . . . . .                                                    | 313        |
| § 89. Drgania swobodne w obwodzie nie zawierającym oporu czynnego                         | 314        |
| § 90. Drgania swobodne tłumione . . . . .                                                 | 318        |
| § 91. Drgania elektryczne wymuszone . . . . .                                             | 321        |
| § 92. Prąd zmienny . . . . .                                                              | 327        |

## Część 2

### Fale

|                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Rozdział XIV. Fale sprężyste . . . . .</b>                         | <b>331</b> |
| § 93. Rozchodzenie się fal w ośrodku sprężystym . . . . .             | 331        |
| § 94. Równania fali płaskiej i kulistej . . . . .                     | 334        |
| § 95. Równanie fali płaskiej, rozchodzącej się w dowolnym kierunku. . | 338        |
| § 96. Równanie falowe . . . . .                                       | 340        |
| § 97. Prędkość fal sprężystych w ciele stałym . . . . .               | 341        |
| § 98. Energia fali sprężystej . . . . .                               | 344        |
| § 99. Fale stojące . . . . .                                          | 349        |
| § 100. Drgania struny . . . . .                                       | 352        |
| § 101. Dźwięk . . . . .                                               | 353        |
| § 102. Prędkość dźwięku w gazach . . . . .                            | 356        |
| § 103. Efekt Dopplera dla fal dźwiękowych . . . . .                   | 362        |
| <b>Rozdział XV. Fale elektromagnetyczne . . . . .</b>                 | <b>364</b> |
| § 104. Równanie falowe dla pola elektromagnetycznego. . . . .         | 364        |
| § 105. Elektromagnetyczna fala płaska . . . . .                       | 366        |
| § 106. Doświadczalne badania fal elektromagnetycznych . . . . .       | 369        |
| § 107. Energia fal elektromagnetycznych. . . . .                      | 371        |
| § 108. Pęd pola elektromagnetycznego . . . . .                        | 374        |
| § 109. Promieniowanie dipola . . . . .                                | 377        |

## Część 3

### Optyka

|                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Rozdział XVI. Wiadomości wstępne . . . . .</b>                    | <b>381</b> |
| § 110. Fale świetlne . . . . .                                       | 381        |
| § 111. Opis funkcji harmoniczných za pomocą funkcji wykładniczych. . | 385        |

|                                                                               |            |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------|
| § 112. Odbicie i załamanie fali płaskiej na granicy dwóch dielektryków        | 387        |
| § 113. Strumień świetlny                                                      | 394        |
| § 114. Wielkości i jednostki fotometryczne                                    | 396        |
| § 115. Optyka geometryczna                                                    | 400        |
| § 116. Układ optyczny centryczny                                              | 405        |
| § 117. Soczewka cienka                                                        | 413        |
| § 118. Zasada Huyghensa                                                       | 415        |
| <b>Rozdział XVII. Interferencja światła</b>                                   | <b>417</b> |
| § 119. Interferencja fal świetlnych                                           | 417        |
| § 120. Spójność                                                               | 423        |
| § 121. Metody badania interferencji światła                                   | 432        |
| § 122. Interferencja światła przy odbiciu od cienkich płytek                  | 434        |
| § 123. Interferometr Michelsona                                               | 445        |
| § 124. Interferencja wielowiązkowa                                            | 448        |
| <b>Rozdział XVIII. Dyfrakcja światła</b>                                      | <b>457</b> |
| § 125. Wprowadzenie                                                           | 457        |
| § 126. Zasada Huyghensa–Fresnela                                              | 458        |
| § 127. Strefy Fresnela                                                        | 461        |
| § 128. Dyfrakcja Fresnela na przeszkodach prostych                            | 466        |
| § 129. Dyfrakcja Fraunhoffera na szczelinie                                   | 479        |
| § 130. Siatka dyfrakcyjna                                                     | 488        |
| § 131. Dyfrakcja promieni rentgenowskich                                      | 498        |
| § 132. Zdolność rozdzielcza obiektywu                                         | 505        |
| § 133. Holografia                                                             | 508        |
| <b>Rozdział XIX. Polaryzacja światła</b>                                      | <b>513</b> |
| § 134. Światło naturalne i spolaryzowane                                      | 513        |
| § 135. Polaryzacja przez odbicie i załamanie                                  | 517        |
| § 136. Polaryzacja przez podwójne załamanie                                   | 522        |
| § 137. Interferencja promieni spolaryzowanych                                 | 527        |
| § 138. Przechodzenie światła płasko spolaryzowanego przez płytkę krystaliczną | 529        |
| § 139. Płytkę krystaliczną między dwoma polaryzatorami                        | 531        |
| § 140. Dwójłomność wymuszona                                                  | 535        |
| § 141. Skręcenie płaszczyzny polaryzacji                                      | 537        |
| <b>Rozdział XX. Oddziaływanie fal elektromagnetycznych z materią</b>          | <b>540</b> |
| § 142. Dyspersja światła                                                      | 540        |
| § 143. Prędkość grupowa                                                       | 541        |
| § 144. Elementarna teoria dyspersji                                           | 547        |
| § 145. Absorpcja światła                                                      | 551        |
| § 146. Rozpraszanie światła                                                   | 553        |
| § 147. Efekt Wawilowa–Czerenkowa                                              | 556        |

|                                                                                                     |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Rozdział XXI. Optyka ośrodków w ruchu . . . . .</b>                                              | <b>558</b> |
| § 148. Prędkość światła . . . . .                                                                   | 558        |
| § 149. Doświadczenie Fizeau . . . . .                                                               | 561        |
| § 150. Doświadczenie Michelsona . . . . .                                                           | 564        |
| § 151. Efekt Dopplera . . . . .                                                                     | 568        |
| <b>Uzupełnienia . . . . .</b>                                                                       | <b>573</b> |
| I. Jednostki wielkości elektrycznych i magnetycznych w układzie SI<br>i w układzie Gaussa . . . . . | 573        |
| II. Podstawowe wzory elektromagnetyzmu w układzie SI i w układzie<br>Gaussa . . . . .               | 575        |
| III. Potencjał wektorowy . . . . .                                                                  | 579        |
| <b>Skorowidz . . . . .</b>                                                                          | <b>588</b> |