LEZIONI

DI

ELETTROTECNICA

DETTATE

NEL R. MUSEO INDUSTRIALE ITALIANO IN TORINO

DA

GALILEO FERRARIS

e raccolte per cura della Famiglia e sotto gli auspicii dell'A. E. I.

FONDAMENTI SCIENTIFICI DELL'ELETTROTECNICA

Terza Edizione

S. T. E. N.
SOCIETÀ TIPOGRAFICO-EDITRICE NAZIONALE
(già: Roux e Viarengo - Marcello Capra - Angelo Panizza)
TORINO, 1917.

INDICE

CAPITOLO I.

Preliminari. — Definizioni e teoremi generali sui vettori.

§ 1°

Campo di un vettore

1. Quantità scalari e quantità vettoriali . . . . . *Pag.* 1
2. Addizione e sottrazione di vettori . . . . . » 2
3. Campo di un vettore . . . . . » 3
4. Flusso di un vettore attraverso ad una superficie . . . . . » 4
5. Flusso di un vettore attraverso ad una superficie chiusa . . . . » 5
6. Divergenza . . . . . » 6
7. Distribuzione solenoidale . . . . . » 8
8. Superficie di livello . . . . . » ivi
9. Integrale di un vettore lungo una linea . . . . . » 9
10. Potenziale . . . . . » 10
11. Determinazione del vettore per mezzo del potenziale . . . . . » 12
12. Linee e tubi di flusso . . . . . » 14
13. Variazione del vettore lungo un tubo di flusso sottilissimo . . . » 15
14. Tubi unità . . . . . » 16
15. Rappresentazione del campo di un vettore . . . . . » ivi
16. Campo uniforme . . . . . » 19

§ 2°

Campi di forze.

17. Masse o quantità di agente . . . . . *Pag.* 20
18. Potenziale. Lavoro . . . . . » 22

§ 3°

Campi di forze newtoniane.

19. Forze newtoniane . . . . . *Pag.* 25
20. Potenziale nei campi di forze newtoniane . . . . . » 27
21. Energia . . . . . » 29
22. Flussi di forza. Teoremi di Stokes e di Green. Condizione solenoidale . . . . . » 31
23. Densità dell'agente. Equazioni di Poisson e di Laplace . . . . . » 36

CAPITOLO II.

Elettricità.

§ 1°

Equilibrio elettrico.

24. Elettrizzazione per strofinamento . . . . . *Pag.* 38
25. Corpi conduttori e corpi coibenti . . . . . » 39
26. Due specie di elettricità . . . . . » 40
27. Elettrizzazione per influenza . . . . . » 41
28. Attrazioni e ripulsioni elettriche . . . . . » 42
29. Campo elettrico . . . . . » 43
30. Leggi fondamentali dell'equilibrio elettrico . . . . . » 44
31. Potenziale elettrico . . . . . » 46
32. Densità elettrica superficiale. Relazione fra densità e forza elettrica . . . . . » 48
33. Pressione elettrostatica . . . . . » 50
34. Distribuzione dell'elettricità alla superficie dei conduttori. Potere delle punte . . . . . » 53
35. Superficie corrispondenti . . . . . » 55
36. Rappresentazione di campi elettrici speciali. Influenza elettrostatica . . . . . » 56
37. Corpo elettrizzato entro ad un conduttore cavo . . . . . » 60
38. Variazione della distribuzione delle masse senza alterare la distribuzione della forza in date regioni . . . . . » ivi
39. Distribuzioni rettilinee e distribuzioni cilindriche . . . . . » 62
40. Capacità elettrostatica . . . . . » 66
41. Condensatori . . . . . » 68
42. Potere induttore specifico o Costante dielettrica . . . . . » 72
43. Polarizzazione. Spostamento . . . . . » 76
44. Significato fisico dei fattori costanti k, ε . . . . . » 82
45. Energia di un campo elettrico . . . . . » 84
46. Capacità di alcuni condensatori . . . . . » 86

§ 2°

Corrente elettrica.

47. Elettrizzazione per contatto . . . . . *Pag.* 96
48. Pila idroelettrica . . . . . » 98
49. Pila termoelettrica . . . . . » 99
50. Conduttore mobile in un campo magnetico . . . . . » 100
51. Forza elettromotrice . . . . . » ivi
52. Condizioni generali di equilibrio . . . . . » 102
53. Corrente elettrica . . . . . » 107
54. Legge di Ohm . . . . . » 111
55. Principii di Kirchhoff . . . . . » 115
56. Circuiti derivati . . . . . » 117

57. Lavoro di una corrente. Legge di Joule . . . . . *Pag.* 122
58. Relazione fra lavoro e forza elettromotrice . . . . . » 123
59. Lavori chimici. Leggi di Faraday e di Becquerel . . . . . » 125
60. Ipotesi di Grotthus. Sintesi dei fenomeni elettrici . . . . . » 131

CAPITOLO III.

Magnetismo.

§ 1°

Forze magnetiche. Masse magnetiche. Campo magnetico.

61. Corpi magnetici. Magneti. Magnetismo . . . . . *Pag.* 133
62. Legge di Coulomb. Masse magnetiche. Campo magnetico . . . . » 136
63. Campo magnetico uniforme. Poli di un magnete . . . . . » 139
64. Momento magnetico . . . . . » 141
65. Ago magnetico. Esplorazione di un campo magnetico . . . . . » 142
66. Spettri magnetici . . . . . » 144
67. Regola di Faraday sull'azione delle linee di forza in un campo . » 149

§ 2°

Magnetizzazione. Distribuzione del magnetismo nei magneti.

68. Rottura di una sbarra magnetizzata . . . . . *Pag.* 151
69. Direzione ed intensità della magnetizzazione. Magneti uniformi e non uniformi . . . . . » 153
70. Linee di magnetizzazione. Filetti magnetici . . . . . » 155
71. Filetti solenoidali o semplici. Magnetizzazione solenoidale . . . » 156
72. Filetti e magneti non solenoidali. Magnetismo libero nell'interno di un magnete. Densità del magnetismo . . . . . » 158
73. Lamine magnetiche. Calamite lamellari . . . . . » 159
74. Distribuzione del magnetismo libero nelle calamite . . . . . » 160
75. Potenziale dovuto ad una calamita elementare. Espressione generale del potenziale dovuto ad una calamita qualunque . . . . » 168
76. Campo prodotto da una lamina magnetica semplice . . . . . » 170

§ 3°

Forze nell'interno di un magnete. Induzione magnetica.

77. Campo magnetico nell'interno delle calamite . . . . . *Pag.* 175
78. Vettori a distribuzione solenoidale . . . . . » 179
79. Definizione polare e definizione elettromagnetica della forza magnetica. Forze nell'interno di cavità praticate nei magneti . . » 181
80. Induzione magnetica. Polarizzazione. Spostamento . . . . . » 188
81. Circuito magnetico. Forza magnetomotrice . . . . . » 194
82. Linee di induzione e linee di forza . . . . . » 195
83. Suscettività e permeabilità magnetica. Corpi diamagnetici e paramagnetici . . . . . » 197

84. Proprietà magnetiche dei materiali magnetici . . . . . *Pag.* 204
85. Influenza della composizione chimica e delle condizioni fisiche . » 210
86. Cicli magnetici. Istèresi . . . . . » 211
87. Ritentiva. Forza coercitiva . . . . . » 214

§ 4°

Energia di un campo magnetico.

88. Lavoro fatto dalle forze magnetiche per una variazione dello spostamento . . . . . *Pag.* 217
89. Corpi presentanti istèresi. Cicli magnetici . . . . . » 220
90. Corpi privi di istèresi. Energia del campo . . . . . » 222

CAPITOLO IV.

Elettromagnetismo.

§ 1°

Campi magnetici generati da variazioni dello spostamento elettrico.

91. Azioni magnetiche prodotte da correnti elettriche. Corrente rettilinea e circolare. Solenoide . . . . . *Pag.* 226
92. Analogia fra i campi generati da correnti ed i campi prodotti da magneti . . . . . » 232
93. Principio della equivalenza . . . . . » 233
94. Equivalenza fra lamina magnetica e corrente in circuito chiuso finito. Sistema elettromagnetico di misura . . . . . » 236
95. Portata del principio dell'equivalenza . . . . . » 239
96. Corrente rettilinea. Legge di Biot e Savart . . . . . » 241
97. Solenoide cilindrico rettilineo . . . . . » 244
98. Distribuzione del potenziale magnetico . . . . . » 249
99. Distribuzione del potenziale nel campo di una corrente rettilinea » 252
100. Relazione generale fra lo spostamento elettrico ed il campo magnetico prodotto . . . . . » 253
101. Influenza delle masse magnetiche libere e della natura dei materiali del campo . . . . . » 255
102. Calcolo dei circuiti magnetici. Analogie colla legge di Ohm e coi principii di Kirchhoff . . . . . » 259
103. Corrente posta in un campo magnetico. Energia. Lavori . . . . » 262
104. Circuiti deformabili. Forze che il campo magnetico esercita su porzioni finite o infinitesime di corrente . . . . . » 264
105. Correnti nel campo prodotto da un'unica massa magnetica. Corrente circolare. Unità elettromagnetica di corrente . . . . . » 267

§ 2°

Forze elettromotrici prodotte da variazioni dello spostamento magnetico.

106. Induzione elettromagnetica . . . . . *Pag.* 269
107. Leggi di Lenz e di Neumann . . . . . » 272
108. Quantità di elettricità indotta . . . . . » 273

109. Relazione generale fra la variazione dello spostamento magnetico e la forza elettromotrice indotta . . . . . *Pag.* 274
110. Correnti indotte da variazioni di corrente. Coefficiente di induzione mutua e propria . . . . . » 275

CAPITOLO V.

Correnti variabili.

§ 1°

Leggi e considerazioni fondamentali.

111. Legge di Ohm . . . . . *Pag.* 282
112. Extracorrenti di chiusura e di apertura . . . . . » 283
113. Lavori fatti da correnti variabili. Energia intrinseca di una corrente . . . . . » 284
114. Analogie meccaniche. Natura della corrente elettrica . . . . . » 289

§ 2°

Correnti alternative.

115. Grandezze alternative. Rappresentazione grafica. Definizioni . *Pag.* 291
116. Grandezze alternative sinusoidali. Rappresentazione polare. Operazioni di somma e di derivazione . . . . . » 296
117. Correnti alternative sinusoidali in circuiti presentanti resistenza ohmica e induttiva . . . . . » 301
118. Effetto della capacità nei circuiti percorsi da corrente alternativa » 307
119. Correnti alternative sinusoidali in circuiti presentanti resistenza, induttanza e capacità . . . . . » 309
120. Risuonatori elettrici . . . . . » 314
121. Differenza di potenziale fra due punti di un circuito percorso da corrente alternativa . . . . . » 317
122. Circuiti derivati . . . . . » 319
123. Lavoro di una corrente alternativa . . . . . » 323
124. Induttanza e capacità nelle condutture elettriche . . . . . » 327
125. Influenza dell'induttanza e della capacità in una rete di distribuzione di correnti alternative. Fenomeno Ferranti . . . . . » 328
126. Calcolo della capacità di una rete di distribuzione . . . . . » 333
127. Calcolo dell'induttanza di una rete di distribuzione . . . . . » 335
128. Fenomeno dello skin-effect. Equazioni di Lord Kelvin. Aumento della resistenza ohmica del conduttore . . . . . » 341

§ 3°

Correnti di scarica dei condensatori.

129. Equazioni di Lord Kelvin . . . . . *Pag.* 349
130. Scarica aperiodica e scarica oscillante . . . . . » 352
131. Proprietà delle correnti di scarica. Parafulmini. Correnti di Tesla » 358

CAPITOLO VI.

Propagazione delle perturbazioni elettromagnetiche.

§ 1°

Teoria elettromagnetica della luce di Maxwell.

132. Propagazione di una perturbazione elettromagnetica in un mezzo perfettamente dielettrico . . . . . *Pag.* 361
133. Caso particolare. Propagazione per onde piane . . . . . » 367
134. Propagazione di una perturbazione elettromagnetica in un mezzo qualunque . . . . . » 372
135. Propagazione di una perturbazione elettromagnetica in un conduttore perfetto . . . . . » 373
136. Ipotesi di Maxwell sulla natura della luce e sue prime conferme sperimentali . . . . . » 376

§ 2°

Esperienze di Hertz.

137. Scopo delle esperienze . . . . . *Pag.* 378
138. Disposizioni pratiche usate da Hertz. Eccitatore. Risuonatore . . » 379
139. Principali risultati sperimentali . . . . . » 384

§ 3°

Propagazione dell'energia in un campo elettromagnetico.

140. Equazione ed ipotesi di Poynting . . . . . *Pag.* 390
141. Caso particolare di una corrente rettilinea. Funzione del dielettrico e del conduttore nella propagazione . . . . . » 398
142. Portata della teoria di Poynting . . . . . » 401
143. La trasmissione dell'energia si fa realmente nel dielettrico e non nel conduttore . . . . . » 402
144. Considerazioni generali sulle teorie precedenti . . . . . » 407

APPENDICE.

Nozioni sommarie sulle unità di misura elettriche e magnetiche.

1. Unità empiriche ed unità derivate. Sistema assoluto C. G. S. . *Pag.* 411
2. Grandezze geometriche, cinematiche e meccaniche . . . . . » 413
3. Grandezze magnetiche . . . . . » 414
4. Grandezze elettriche . . . . . » 415
5. Rapporto fra le unità dei due sistemi . . . . . » 418
6. Sistema pratico di misura . . . . . » 419
7. Misure assolute e misure relative. Campioni delle unità pratiche . » 420
8. Conclusioni del Congresso Internaz. di Elettricità di Chicago (1893) » 421
9. Discussioni al Congresso Internaz. di Elettricità di St-Louis (1904) » 426