

LIONEL LOVITCH

Professore di Fisica Nucleare
Istituto di Fisica - Università di Ferrara

SERGIO ROSATI

Professore di Istituzioni di Fisica Nucleare
Istituto di Fisica - Università di Pisa

FISICA GENERALE

**ELETTRICITÀ
MAGNETISMO
OTTICA**

2ª EDIZIONE



**CASA EDITRICE AMBROSIANA
MILANO**

INDICE

Capitolo 1 - I fenomeni fondamentali dell'elettrostatica	1
1. Introduzione	1
2. Alcuni fatti sperimentali	1
3. La legge di Coulomb	5
4. Campo elettrico	9
5. Potenziale elettrostatico	17
6. Il campo di un dipolo elettrico	25
7. Dipolo elettrico in un campo elettrico esterno	28
8. La carica dell'elettrone	29
9. La costante dielettrica relativa	32
Capitolo 2 - La struttura atomica della materia	37
1. I corpi reali e la loro divisibilità	37
2. Struttura dell'atomo	38
3. Struttura cristallina. Conduttori e isolanti	43
Capitolo 3 - La corrente elettrica nei conduttori metallici	47
1. La forza elettromotrice	47
2. Corrente elettrica	48
3. La legge di Ohm	53
4. L'effetto Joule	60
5. Resistenza in serie e in parallelo. Estensione della legge di Ohm	61
6. Le leggi di Kirchhoff	64
7. Applicazioni delle leggi di Kirchhoff.	68
8. Teoremi delle reti lineari.	73
Capitolo 4 - Proprietà dei conduttori metallici	83
1. Struttura dei conduttori metallici	83
2. Lavoro di estrazione	85
3. Effetto Volta	89
4. Effetto Seebeck	94
5. Effetto Peltier	96
6. Effetto Thomson	98

Capitolo 5 - Conduttori elettrolitici	101
1. La dissociazione elettrolitica	101
2. Meccanismo della conduzione elettrolitica	104
3. Le leggi di Faraday per l'elettrolisi	110
4. La pila di Volta	115
5. Pile primarie e pile secondarie. L'accumulatore	117
6. Applicazioni dell'elettrolisi	120
 Capitolo 6 - L'elettrostatica e i conduttori	 122
1. Il teorema di Gauss	122
2. Alcune applicazioni del teorema di Gauss	126
3. Cariche sopra i conduttori	129
4. La terra come potenziale zero	132
5. Lo schermo elettrostatico	133
6. Uso dell'elettroscopio basato sull'induzione elettrostatica. Il pozzo di Faraday	135
7. Il problema generale dell'elettrostatica	137
8. Capacità di un conduttore	139
9. Il condensatore	142
10. Batterie di condensatori	144
11. Energia di un condensatore carico	146
12. Forze tra le armature di un condensatore	149
13. L'elettrometro condensatore	151
 Capitolo 7 - Il campo magnetico costante nel vuoto	 157
1. Alcuni fatti sperimentali	157
2. Induzione magnetica B . La seconda legge di Laplace	162
3. La prima legge di Laplace	167
4. Alcune applicazioni della prima legge di Laplace	170
5. La divergenza del campo vettoriale B	176
6. Forze elettrodinamiche	177
7. Il moto di una particella carica in un campo elettromagnetico	182
8. Teorema di Ampère	188
9. La permeabilità magnetica relativa	192
 Capitolo 8 - Induzione elettromagnetica	 199
1. Le leggi dell'induzione elettromagnetica	199
2. Correnti di Foucault	203
3. Il rocchetto di Ruhmkorff	207
4. Legge di Faraday per un circuito mobile	208
5. L'induzione elettromagnetica e la relativa equazione di Maxwell	210
6. Alternatori	213
7. Il fenomeno dell'autoinduzione	215

8. Regime transitorio in un circuito induttivo	218
9. Mutua induzione	221
10. Induzione in serie e in parallelo	224
Capitolo 9 - Correnti alternate	229
1. Introduzione	229
2. Oscillazioni forzate in un circuito con resistenza, capacità e induttanza in serie; regime stazionario	232
3. Oscillazioni smorzate in un circuito con resistenza, capacità e induttanza in serie; regime transitorio	241
4. Risonanza	243
5. Il trasformatore	246
6. L'uso dei vettori e dei numeri complessi per lo studio dei circuiti in c.a.	249
7. Misurazioni elettriche in corrente alternata	257
8. Effetto pelle	261
Capitolo 10 - Il campo elettrico nei dielettrici	266
1. La polarizzazione molecolare	266
2. Polarizzazione di un dielettrico	267
3. Campo elettrico in presenza di dielettrici	271
4. La suscettività elettrica e la costante dielettrica di un dielettrico isotropo	274
5. Campo magnetico in presenza di dielettrici	278
6. Rigidità dielettrica e effetto delle punte	279
7. L'energia del campo elettrostatico	280
Capitolo 11 - Le proprietà magnetiche della materia	284
1. Momenti magnetici atomici e molecolari	284
2. Effetti di un campo magnetico sopra sostanze diverse	288
3. La polarizzazione magnetica	292
4. Intensità di magnetizzazione e corrente di magnetizzazione	296
5. L'intensità del campo magnetico H	299
6. La permeabilità e la suscettività magnetica	303
7. Ferromagnetismo	308
8. Isteresi magnetica	313
9. Antiferromagnetismo e ferrimagnetismo	320
10. Circuiti magnetici	322
11. Energia del campo magnetico	329
12. Energia e forza per un sistema di circuiti	333
Capitolo 12 - Le equazioni di Maxwell e le onde elettromagnetiche	340
1. Le equazioni di Maxwell	340
2. Corrente di spostamento	342
3. Onde elettromagnetiche piane nel vuoto	345

4. Onde elettromagnetiche piane in mezzi dielettrici e conduttori . .	352
5. Onde elettromagnetiche sferiche nel vuoto	355
6. Il vettore di Poynting	358
7. Energia, quantità di moto e momento angolare di un'onda elettromagnetica	361
8. Cenni sulla produzione e la ricezione di onde elettromagnetiche . .	366
9. Irraggiamento da un dipolo elettrico oscillante	368
10. Energia irradiata da una carica in movimento	373

Capitolo 13 - Elettrodinamica nel vuoto 377

1. Potenziali ritardati	377
2. Potenziali vettori di Hertz	383
3. Il dipolo elettrico oscillante	385
4. Potenziali di Liénard e Wiechert per una carica puntiforme	389
5. Campo generato da una carica puntiforme in moto rettilineo uniforme	393
6. Campo generato da una carica puntiforme in moto accelerato . .	395
7. Irraggiamento da una carica puntiforme in moto lento accelerato .	400
8. La legge di forza tra due cariche elettriche in moto	401

Capitolo 14 - L'elettromagnetismo e la relatività ristretta 408

1. Introduzione	408
2. Trasformazione di Lorentz	411
3. Conseguenze della trasformazione di Lorentz	414
4. Trasformazione delle velocità	417
5. Dinamica Relativistica	421
6. Quadri vettori	429
7. Quadritensori	435
8. Le equazioni elettromagnetiche in forma covariante	437
9. Il tensore del campo elettromagnetico	441
10. Campo generato da una carica puntiforme in moto rettilineo uniforme	445

Capitolo 15 - Natura, produzione e ricezione della luce 452

1. La natura della luce	452
2. La velocità della luce	455
3. Sorgenti di radiazione	460
4. Grandezze radiometriche	464
5. Grandezze fotometriche	468
6. Cenni di fotometria	472
7. Ricevitori di luce; il colore	473

Capitolo 16 - Propagazione della luce nei mezzi isotropi	479
1. Velocità della luce nei mezzi isotropi	479
2. Riflessione della luce su una superficie piana	480
3. Leggi della rifrazione della luce	482
4. Ottica geometrica. Riflessione e rifrazione	484
5. Riflessione totale	487
6. Lamina a facce piane e parallele	489
7. Dispersione della luce	490
8. Principio di Fermat	495
 Capitolo 17 - Formazione delle immagini	 500
1. Sistemi ottici	500
2. Riflessione da uno specchio piano	501
3. Riflessione da uno specchio sferico	502
4. Ottica al primo ordine. Sistema ottico centrato	506
5. Costruzione delle immagini	508
6. Diottri sferici	509
7. Punti focali e punti principali di una lente semplice	513
8. Lenti sottili	517
9. Aberrazioni	517
 Capitolo 18 - Interferenza della luce	 525
1. Introduzione	525
2. Fasci di luce coerente e non coerente	526
3. Il principio di Huygens	527
4. Interferenza tra onde prodotte da due sorgenti	529
5. L'esperimento di Young	532
6. Il biprisma e gli specchi di Fresnel; la lente tagliata di Billet; lo specchio di Lloyd	536
7. Interferenza in lamine sottili. Anelli di Newton	539
8. Interferometri	544
 Capitolo 19 - Diffrazione	 545
1. Aspetti qualitativi della diffrazione	548
2. Diffrazione di Fraunhofer da una fenditura	549
3. Diffrazione di Fraunhofer da un'apertura circolare	554
4. Diffrazione di Fraunhofer da una doppia fenditura	556
5. Il reticolo di diffrazione	559
6. Potere risolutivo	564
7. Diffrazione di Fresnel	568
8. Diffrazione di Fresnel da un'apertura circolare	572

9. Diffrazione di Fresnel da un ostacolo circolare	573
10. Lamina di zona	574
11. Diffrazione di Fresnel da ostacoli con spigoli rettilinei	576
12. Olografia	583
 Capitolo 20 - Polarizzazione	 590
1. Trasversalità delle onde luce	590
2. Luce polarizzata	592
3. Polarizzazione per riflessione e per trasmissione	598
4. Polarizzazione per diffusione	602
5. Polarizzazione per dicroismo	603
6. Polarizzazione per birifrangenza	603
7. Compensatori. Lamina quarto-d'onda	610
8. Attività ottica	613
9. Birifrangenza artificiale	616
 Appendice A - Campi scalari e campi vettoriali	 622
1. Definizioni	622
2. Gradiente, divergenza, rotazione	623
3. Calcolo di integrali in un campo vettoriale	626
4. Il teorema della divergenza	627
5. Il teorema di Stokes	629
 Appendice B - L'effetto delle punte	 634
 Appendice C - Macchine elettrostatiche	 637
 Appendice D - Misurazioni elettrostatiche di differenze di potenziale	 641
 Appendice E - Termoelettronica	 646
1. Effetto termoionico	646
2. Il diodo	647
3. Il triodo	650
 Appendice F - I semiconduttori	 654
1. I portatori di corrente in un semiconduttore	654
2. Impurità nei semiconduttori	655

3. La giunzione p-n	656
4. Transistor a giunzione	658
5. Circuiti fondamentali con transistor	659
 Appendice G - Cenni sulla conduzione elettrica nei gas	 663
1. Produzione di elettroni e ioni in un gas	663
2. Conduzione nei gas	666
3. Raggi catodici	672
4. Raggi X	673
5. Raggi positivi o raggi canale	674
6. Alcune applicazioni della scarica in un gas	675
 Appendice H - Cenni sulle più importanti pile elettrolitiche	 679
 Appendice I - Il teorema di Ampère e la corrispondente equazione di Maxwell	 686
 Appendice K - Galvanometri, amperometri e voltmetri	 692
1. Galvanometri per correnti continue	692
2. Smorzamento del galvanometro	697
3. Il galvanometro balistico. Misura di cariche elettriche	700
4. Il metodo dello shunt	702
5. Il voltmetro	703
6. Cenni sugli amperometri e voltmetri per correnti alternate	704
 Appendice L - Oscillografo a raggi catodici	 706
 Appendice M - Generatori e motori	 711
1. Generatori	711
2. Motori	720
 Appendice N - Cenni sopra i diversi sistemi di unità di misura	 729
1. Il sistema internazionale	729
2. Il sistema CGS elettrostatico	731

3. Il sistema CGS elettromagnetico	731
4. Il sistema di Gauss	732
Appendice O - La funzione delta di Dirac	734
Appendice P - Il laser	736
1. Introduzione	736
2. Lo schema di Einstein	736
3. Gli «amplificatori di luce»	738
4. Metodi per generare inversione di popolazione	740
5. Alcuni esempi di laser	741
Appendice Q - Strumenti ottici	743
1. La macchina fotografica	743
2. Apparecchio di proiezione	744
3. L'occhio	745
4. Lente di ingrandimento	747
5. Microscopio	748
6. Cannocchiale (telescopio)	752
Appendice R - Onde elettromagnetiche piane in mezzi dielettrici anisotropi	754
Tabella 1 - Tavola periodica degli elementi	767
Tabella 2 - Valori di alcune costanti fisiche e matematiche	768
Tabella 3 - Grandezze fisiche e relative unità di misura	769
Risposte ai problemi proposti	770
Indice analitico	789