

La fisica di *Feynman*

Principalmente Elettromagnetismo e Struttura della Materia

Volume II - Parte 2

Traduzione a cura di:

S. PRANCHETTI

*Ordinario di Fisica generale
Università di Firenze*

Coordinatore:

N. CRETE

*Ordinario di Fisica
Università di Padova*

The *Feynman* LECTURES ON PHYSICS

Mainly Electromagnetism and Matter

Volume II - Part 2

RICHARD P. FEYNMAN

*Richard Chace Tolman Professor of Theoretical Physics
California Institute of Technology*

ROBERT B. LEIGHTON

*Professor of Physics
California Institute of Technology*

MATTHEW SANDS

*Professor
Stanford University*

MASSON 

Milano • Parigi • Barcellona • Bonn

1993

Indice

Capitolo 22 Circuiti in CA

22-1 Impedenze	22-1
22-2 Generatori	22-8
22-3 Reti di elementi ideali, regole di Kirchhoff	22-12
22-4 Circuiti equivalenti	22-17
22-5 Energia	22-19
22-6 Una rete a scala	22-21
22-7 Filtri	22-23
22-8 Altri elementi circuitali	22-28

Capitolo 23 Cavità risonanti

23-1 Elementi circuitali reali	23-1
23-2 Un condensatore alle alte frequenze	23-4
23-3 Una cavità risonante	23-9
23-4 I modi delle cavità	23-14
23-5 Cavità e circuiti risonanti	23-17

Capitolo 24 Guide d'onda

24-1 La linea di trasmissione	24-1
24-2 La guida d'onda rettangolare	24-5
24-3 La frequenza di taglio	24-9
24-4 La velocità delle onde guidate	24-11
24-5 Osservazione di onde guidate	24-12
24-6 Le guide d'onda come condutture	24-13
24-7 Modi delle guide d'onda	24-16
24-8 Un'altra maniera di considerare le onde guidate	24-17

Capitolo 25 L'elettrodinamica nella notazione relativistica

25-1 I quadrittori	25-1
25-2 Il prodotto scalare	25-4
25-3 Il gradiente quadridimensionale	25-8

Contents

Chapter 22 AC Circuits

22-1 Impedances	22-1
22-2 Generators	22-8
22-3 Networks of ideal elements, Kirchhoff's rules	22-12
22-4 Equivalent circuits	22-17
22-5 Energy	22-19
22-6 A ladder network	22-21
22-7 Filters	22-23
22-8 Other circuit elements	22-28

Chapter 23 Cavity Resonators

23-1 Real circuit elements	23-1
23-2 A capacitor at high frequencies	23-4
23-3 A resonant cavity	23-9
23-4 Cavity modes	23-14
23-5 Cavities and resonant circuits	23-17

Chapter 24 Waveguides

24-1 The transmission line	24-1
24-2 The rectangular waveguide	24-5
24-3 The cutoff frequency	24-9
24-4 The speed of the guided waves	24-11
24-5 Observing guided waves	24-12
24-6 Waveguide plumbing	24-13
24-7 Waveguide modes	24-16
24-8 Another way of looking at the guided waves	24-17

Chapter 25 Electrodynamics in Relativistic Notation

25-1 Four-vectors	25-1
25-2 The scalar product	25-4
25-3 The four-dimensional gradient	25-8

25-4	L'elettrodinamica nella notazione quadrimensionale	25-11
25-5	Il quadripotenziale di una carica in moto	25-12
25-6	L'invarianza delle equazioni dell'elettrodinamica	25-14
Capitolo 26	Trasformazioni di Lorentz dei campi	
26-1	Il quadripotenziale di una carica in moto	26-1
26-2	I campi di una carica puntiforme a velocità costante	26-3
26-3	Trasformazione relativistica dei campi	26-8
26-4	Le equazioni del moto in notazione relativistica	26-16
Capitolo 27	Energia e impulso dei campi	
27-1	Conservazione locale	27-1
27-2	Conservazione dell'energia ed elettromagnetismo	27-3
27-3	Densità di flusso d'energia nel campo elettromagnetico	27-4
27-4	L'ambiguità dell'energia del campo	27-8
27-5	Esempi di flusso d'energia	27-9
27-6	L'impulso del campo	27-13
Capitolo 28	La massa elettromagnetica	
28-1	L'energia del campo di una carica puntiforme	28-1
28-2	L'impulso del campo di una carica in moto	28-2
28-3	La massa elettromagnetica	28-4
28-4	La forza di un elettrone su sé stesso	28-6
28-5	Tentativi di modificare la teoria di Maxwell	28-8
28-6	Il campo delle forze nucleari	28-17
Capitolo 29	Il moto delle cariche nei campi elettrici e magnetici	
29-1	Moto in un campo uniforme elettrico o magnetico	29-1
29-2	Analisi secondo l'impulso	29-2
29-3	Una lente elettrostatica	29-4
29-4	Una lente magnetica	29-5
29-5	Il microscopio elettronico	29-6
29-6	Campi di guida negli acceleratori	29-8
29-7	Focheggiamento a gradiente alternato	29-11
29-8	Moto in campi elettrici e magnetici incrociati	29-14
Capitolo 30	La geometria interna dei cristalli	
30-1	La geometria interna dei cristalli	30-1
30-2	Legami chimici nei cristalli	30-4
30-3	La crescita dei cristalli	30-5
30-4	I reticoli cristallini	30-6
30-5	Simmetrie in due dimensioni	30-8
30-6	Simmetrie in tre dimensioni	30-11

25-4	Electrodynamics in four-dimensional notation	25-11
25-5	The four-potential of a moving charge	25-12
25-6	The invariance of the equations of electrodynamics	25-14
Chapter 26	Lorentz Transformations of the Fields	
26-1	The four-potential of a moving charge	26-1
26-2	The fields of a point charge with a constant velocity	26-3
26-3	Relativistic transformation of the fields	26-8
26-4	The equations of motion in relativistic notation	26-16
Chapter 27	Field Energy and Field Momentum	
27-1	Local conservation	27-1
27-2	Energy conservation and electromagnetism	27-3
27-3	Energy density and energy flow in the electromagnetic field	27-4
27-4	The ambiguity of the field energy	27-8
27-5	Examples of energy flow	27-9
27-6	Field momentum	27-13
Chapter 28	Electromagnetic Mass	
28-1	The field energy of a point charge	28-1
28-2	The field momentum of a moving charge	28-2
28-3	Electromagnetic mass	28-4
28-4	The force of an electron on itself	28-6
28-5	Attempts to modify the Maxwell theory	28-8
28-6	The nuclear force field	28-17
Chapter 29	The Motion of Charges in Electric and Magnetic Fields	
29-1	Motion in a uniform electric or magnetic field	29-1
29-2	Momentum analysis	29-2
29-3	An electrostatic lens	29-4
29-4	A magnetic lens	29-5
29-5	The electron microscope	29-6
29-6	Accelerator guide fields	29-8
29-7	Alternating-gradient focusing	29-11
29-8	Motion in crossed electric and magnetic fields	29-14
Chapter 30	The Internal Geometry of Crystals	
30-1	The internal geometry of crystals	30-1
30-2	Chemical bonds in crystals	30-4
30-3	The growth of crystals	30-5
30-4	Crystal lattices	30-6
30-5	Symmetries in two dimensions	30-8
30-6	Symmetries in three dimensions	30-11

30-7	La resistenza meccanica dei metalli	30-13	30-7	The strength of metals	30-13
30-8	Dislocazioni e crescita dei cristalli	30-15	30-8	Dislocations and crystal growth	30-15
30-9	Il modello cristallino di Bragg e Nye	30-16	30-9	The Bragg-Nye crystal model	30-16
Capitolo 31 I tensori					
31-1	Il tensore della polarizzabilità	31-1	31-1	The tensor of polarizability	31-1
31-2	Trasformazione delle componenti di un tensore	31-4	31-2	Transforming the tensor components	31-4
31-3	L'ellissoide dell'energia	31-5	31-3	The energy ellipsoid	31-5
31-4	Altri tensori; il tensore d'inerzia	31-9	31-4	Other tensors; the tensor of inertia	31-9
31-5	Il prodotto vettoriale	31-11	31-5	The cross product	31-11
31-6	Il tensore degli sforzi	31-12	31-6	The tensor of stress	31-12
31-7	Tensori di rango più elevato	31-17	31-7	Tensors of higher rank	31-17
31-8	Il quadritensore dell'impulso elettromagnetico	31-19	31-8	The four-tensor of electromagnetic momentum	31-19
Capitolo 32 L'indice di rifrazione dei materiali densi					
32-1	La polarizzazione della materia	32-1	32-1	Polarization of matter	32-1
32-2	Le equazioni di Maxwell in un dielettrico	32-4	32-2	Maxwell's equations in a dielectric	32-4
32-3	Onde in un dielettrico	32-6	32-3	Waves in a dielectric	32-6
32-4	L'indice di rifrazione complesso	32-10	32-4	The complex index of refraction	32-10
32-5	L'indice di un miscuglio	32-11	32-5	The index of a mixture	32-11
32-6	Onde nei metalli	32-13	32-6	Waves in metals	32-13
32-7	Approssimazioni per le basse e per le alte frequenze; profondità di penetrazione e frequenza di plasma	32-15	32-7	Low-frequency and high frequency approximations; the skin depth and the plasma frequency	32-15
Capitolo 33 La riflessione sulle superfici					
33-1	Riflessione e rifrazione della luce	33-1	33-1	Reflection and refraction of light	33-1
33-2	Onde nei materiali densi	33-3	33-2	Waves in dense materials	33-3
33-3	Le condizioni ai limiti	33-6	33-3	The boundary conditions	33-6
33-4	L'onda riflessa e l'onda trasmessa	33-12	33-4	The reflected and transmitted waves	33-12
33-5	La riflessione sui metalli	33-17	33-5	Reflection from metals	33-17
33-6	La riflessione totale interna	33-18	33-6	Total internal reflection	33-18
Capitolo 34 Il magnetismo della materia					
34-1	Diamagnetismo e paramagnetismo	34-1	34-1	Diamagnetism and paramagnetism	34-1
34-2	Momenti magnetici e momento angolare	34-4	34-2	Magnetic moments and angular momentum	34-4
34-3	La precessione dei magneti atomici	34-6	34-3	The precession of atomic magnets	34-6
34-4	Il diamagnetismo	34-7	34-4	Diamagnetism	34-7
34-5	Il teorema di Larmor	34-9	34-5	Larmor's theorem	34-9
34-6	La fisica classica non dà né il diamagnetismo, né il paramagnetismo.	34-11	34-6	Classical physics gives neither diamagnetism nor paramagnetism	34-11
34-7	Il momento angolare nella meccanica quantistica	34-12	34-7	Angular momentum in quantum mechanics	34-12
34-8	L'energia magnetica degli atomi	34-15	34-8	The magnetic energy of atoms	34-15

Capitolo 35	Paramagnetismo e risonanza magnetica		Chapter 35	Paramagnetism and Magnetic Resonance	
35-1	Stati magnetici quantizzati	35-1	35-1	Quantized magnetic states	35-1
35-2	L'esperienza di Stern e Gerlach	35-4	35-2	The Stern-Gerlach experiment	35-4
35-3	Il metodo di Rabi dei raggi molecolari	35-5	35-3	The Rabi molecular-beam method	35-5
35-4	Il paramagnetismo dei materiali in massa	35-9	35-4	The paramagnetism of bulk materials	35-9
35-5	Il raffreddamento per smagnetizzazione adiabatica	35-14	35-5	Cooling by adiabatic demagnetization	35-14
35-6	La risonanza magnetica nucleare	35-15	35-6	Nuclear magnetic resonance	35-15
Capitolo 36	Il ferromagnetismo		Chapter 36	Ferromagnetism	
36-1	Le correnti di magnetizzazione	36-1	36-1	Magnetization currents	36-1
36-2	Il campo H	36-8	36-2	The field H	3-8
36-3	La curva di magnetizzazione	36-10	36-3	The magnetization curve	36-10
36-4	Induttanze con nucleo di ferro	36-13	36-4	Iron core inductances	36-13
36-5	Elettromagneti	36-16	36-5	Electromagnets	36-16
36-6	La magnetizzazione spontanea	36-18	36-6	Spontaneous magnetization	36-18
Capitolo 37	I materiali magnetici		Chapter 37	Magnetic Materials	
37-1	La comprensione del ferromagnetismo	37-1	37-1	Understanding ferromagnetism	37-1
37-2	Proprietà termodinamiche	37-6	37-2	Thermodynamic properties	37-6
37-3	La curva d'isteresi	37-8	37-3	The hysteresis curve	37-8
37-4	I materiali ferromagnetici	37-15	37-4	Ferromagnetic materials	37-15
37-5	Materiali magnetici straordinari	37-17	37-5	Extraordinary magnetic materials	37-17
Capitolo 38	L'elasticità		Chapter 38	Elasticity	
38-1	La legge di Hooke	38-1	38-1	Hooke's law	38-1
38-2	Deformazioni uniformi	38-3	38-2	Uniform strains	38-3
38-3	L'asta sotto torsione; onde di distorsione	38-9	38-3	The torsion bar; shear waves	38-9
38-4	La trave inflessa	38-13	38-4	The bent beam	38-13
38-5	L'inflessione laterale	38-17	38-5	Buckling	8-17
Capitolo 39	I materiali elastici		Chapter 39	Elastic Materials	
39-1	Il tensore delle deformazioni	39-1	39-1	The tensor of strain	39-1
39-2	Il tensore dell'elasticità	39-5	39-2	The tensor of elasticity	39-5
39-3	I modi di un corpo elastico	39-8	39-3	The motions in an elastic body	39-8
39-4	Il comportamento non elastico	39-12	39-4	Nonelastic behavior	39-13
39-5	Il calcolo delle costanti elastiche	39-15	39-5	Calculating the elastic constants	39-15
Capitolo 40	Il flusso dell'acqua asciutta		Chapter 40	The Flow of Dry Water	
40-1	L'idrostatica	40-1	40-1	Hydrostatics	40-1
40-2	Le equazioni del moto	40-3	40-2	The equations of motion	40-3
40-3	Flusso stazionario; teorema di Bernoulli	40-8	40-3	Steady flow—Bernoulli's theorem	40-8
40-4	La circolazione	40-14	40-4	Circulation	40-14
40-5	Linee vorticosc	40-16	40-5	Vortex lines	40-16

Capitolo 41 Il flusso dell'acqua bagnata

41-1	La viscosità	41-1
41-2	Il flusso viscoso	41-5
41-3	Il numero di Reynolds	41-7
41-4	Il flusso trasversale intorno a un cilindro circolare	41-9
41-5	Il limite per la viscosità tendente a zero	41-13
41-6	Il flusso di Couette	41-14

Chapter 41 The Flow of Wet Water

41-1	Viscosity	41-1
41-2	Viscous flow	41-5
41-3	The Reynolds number	41-7
41-4	Flow past a circular cylinder	41-9
41-5	The limit of zero viscosity	41-13
41-6	Couette flow	41-14

Capitolo 42 Lo spazio curvo

42-1	Spazi curvi in due dimensioni	42-1
42-2	La curvatura nello spazio tridimensionale	42-9
42-3	Il nostro spazio è curvo	42-11
42-4	La geometria nello spazio-tempo	42-12
42-5	La gravità e il principio di equivalenza	42-13
42-6	La velocità degli orologi in un campo gravitazionale	42-14
42-7	La curvatura dello spazio-tempo	42-19
42-8	Il moto nello spazio-tempo curvo	42-19
42-9	La teoria di Einstein della gravitazione	42-22

Chapter 42 Curved Space

42-1	Curved spaces with two dimensions	42-1
42-2	Curvature in three-dimensional space	42-9
42-3	Our space is curved	42-11
42-4	Geometry in space-time	42-12
42-5	Gravity and the principle of equivalence	42-13
42-6	The speed of clocks in a gravitational field	42-14
42-7	The curvature of space-time	42-19
42-8	Motion in curved space-time	42-19
42-9	Einstein's theory of gravitation	42-22

Indice analitico**Index**