



Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands

La Fisica di Feynman

3 - Meccanica quantistica

Edizione completa

ZANICHELLI

Contents

Chapter 1	Quantum Behaviour	
1-1	Atomic mechanics	1-1
1-2	An experiment with bullets	1-2
1-3	An experiment with waves	1-4
1-4	An experiment with electrons	1-5
1-5	The interference of electron waves	1-7
1-6	Watching the electrons	1-8
1-7	First principles of quantum mechanics	1-13
1-8	The uncertainty principle	1-14
Chapter 2	The relation of Wave and Particle Viewpoints	
2-1	Probability wave amplitudes	2-1
2-2	Measurement of position and momentum	2-2
2-3	Crystal diffraction	2-6
2-4	The size of an atom	2-9
2-5	Energy levels	2-11
2-6	Philosophical implications	2-12
Chapter 3	Probability Amplitudes	
3-1	The laws of combining amplitudes	3-1
3-2	The two slit interference pattern	3-6
3-3	Scattering from a crystal	3-9
3-4	Identical particles	3-13
Chapter 4	Identical Particles	
4-1	Bose particles and Fermi particles	4-1
4-2	States with two Bose particles	4-4
4-3	States with n Bose particles	4-8
4-4	Emission and absorption of photons	4-10
4-5	The blackbody spectrum	4-12
4-6	Liquid helium	4-18
4-7	The exclusion principle	4-19
Chapter 5	Spin One	
5-1	Filtering atoms with a Stern-Gerlach apparatus	5-1
5-2	Experiments with filtered atoms	5-7
5-3	Stern-Gerlach filter in series	5-9
5-4	Base states	5-11
5-5	Interfering amplitudes	5-14
5-6	The machinery of quantum mechanics	5-17
5-7	Transferring to a different base	5-20
5-8	Other situations	5-22

Indice

Capitolo 1	Comportamento quantistico	
1-1	Mechanica atomica	1-1
1-2	Un esperimento con pallottole	1-2
1-3	Un esperimento con onde	1-4
1-4	Un esperimento con elettroni	1-5
1-5	Interferenza delle onde elettroniche	1-7
1-6	Osserviamo gli elettroni	1-8
1-7	Principi base della meccanica quantistica	1-13
1-8	Il principio d'indeterminazione	1-14
Capitolo 2	Relazione tra il punto di vista ondulatorio e quello corpuscolare	
2-1	Ampiezze d'onda di probabilità	2-1
2-2	Misure di posizione e di impulso	2-2
2-3	Diffrazione dai cristalli	2-6
2-4	Le dimensioni di un atomo	2-9
2-5	I livelli d'energia	2-11
2-6	Conseguenze di natura filosofica	2-12
Capitolo 3	Ampiezze di probabilità	
3-1	Leggi di combinazione delle ampiezze	3-1
3-2	Interferenza da due fenditure	3-6
3-3	Diffusione da un cristallo	3-9
3-4	Particelle identiche	3-13
Capitolo 4	Particelle identiche	
4-1	Particelle di Bose e particelle di Fermi	4-1
4-2	Stati di due particelle di Bose	4-4
4-3	Stati con n particelle di Bose	4-8
4-4	Emissione e assorbimento di fotoni	4-10
4-5	Lo spettro del corpo nero	4-12
4-6	L'elio liquido	4-18
4-7	Il principio di esclusione	4-19
Capitolo 5	Spin uno	
5-1	Filtraggio degli atomi con un'apparocchietta alla Stern-Gerlach	5-1
5-2	Esperimenti con atomi filtrati	5-7
5-3	Filtri di Stern-Gerlach in serie	5-9
5-4	Stati di base	5-11
5-5	Interferenza delle ampiezze	5-14
5-6	L'armamentario della meccanica quantistica	5-17
5-7	Passaggio a una base diversa	5-20
5-8	Altri casi	5-22

Chapter 6 Spin One-Half	
6-1 Transforming amplitudes	6-1
6-2 Transforming to a rotated coordinate system	6-4
6-3 Rotations about the z-axis	6-8
6-4 Rotations of 180° and 90° about y	6-12
6-5 Rotations about x	6-16
6-6 Arbitrary rotations	6-19
Chapter 7 The Dependence of Amplitudes on Time	
7-1 Atoms at rest, stationary states	7-1
7-2 Uniform motion	7-4
7-3 Potential energy; energy conservation	7-8
7-4 Forces: the classical limit	7-13
7-5 The "precession" of a spin one-half particle	7-15
Chapter 8 The Hamiltonian Matrix	
8-1 Amplitudes and vectors	8-1
8-2 Resolving state vectors	8-3
8-3 What are the base states of the world?	8-7
8-4 How states change with time	8-9
8-5 The Hamiltonian matrix	8-13
8-6 The ammonia molecule	8-14
Chapter 9 The Ammonia Maser	
9-1 The states of an ammonia molecule	9-1
9-2 The molecule in a static electric field	9-6
9-3 Transitions in a time-dependent field	9-12
9-4 Transitions at resonance	9-15
9-5 Transitions off resonance	9-18
9-6 The absorption of light	9-19
Chapter 10 Other Two-State Systems	
10-1 The hydrogen molecular ion	10-1
10-2 Nuclear forces	10-8
10-3 The hydrogen molecule	10-11
10-4 The benzene molecule	10-14
10-5 Dyes	10-17
10-6 The Hamiltonian of a spin one-half particle in a magnetic field	10-18
10-7 The spinning electron in a magnetic field	10-21
Chapter 11 More Two-State Systems	
11-1 The Pauli spin matrices	11-1
11-2 The spin matrices as operators	11-7
11-3 The solution of the two-state equations	11-11
11-4 The polarization states of the photon	11-13
11-5 The optical K-resonance	11-18
11-6 Generalization to N-state systems	11-29
Chapter 12 The Hyperfine Splitting in Hydrogen	
12-1 Base states for a system with two spin one-half particles	12-1
12-2 The Hamiltonian for the ground state of hydrogen	12-4
12-3 The energy levels	12-10
12-4 The Zeeman splitting	12-13
12-5 The states in a magnetic field	12-17
12-6 The projection matrix for spin one	12-20

Capitolo 6 Spin un mezzo	
6-1 Trasformazione delle ampiezze	6-1
6-2 Trasformazione a un sistema di coordinate ruotato	6-4
6-3 Rotazioni intorno all'asse z	6-8
6-4 Rotazioni di 180° e di 90° intorno a y	6-12
6-5 Rotazioni intorno all'asse x	6-16
6-6 Rotazioni arbitrarie	6-19
Capitolo 7 La dipendenza delle ampiezze dal tempo	
7-1 Atomi in quiete; stati stazionari	7-1
7-2 Moto uniforme	7-4
7-3 Energia potenziale; conservazione dell'energia	7-8
7-4 Forze; il limite classico	7-13
7-5 La "precessione" di una particella a spin un mezzo	7-15
Capitolo 8 La matrice hamiltoniana	
8-1 Ampiezze e vettori	8-1
8-2 Decomposizione dei vettori di stato	8-3
8-3 Quali sono gli stati di base dell'universo?	8-7
8-4 Come gli stati cambiano col tempo	8-9
8-5 La matrice hamiltoniana	8-13
8-6 La molecola di ammoniaca	8-14
Capitolo 9 Il maser ad ammoniaca	
9-1 Gli stati di una molecola di ammoniaca	9-1
9-2 La molecola in un campo elettrico statico	9-6
9-3 Transizioni in un campo dipendente dal tempo	9-12
9-4 Transizioni alla risonanza	9-15
9-5 Transizioni lontano dalla risonanza	9-18
9-6 L'assorbimento	9-19
Capitolo 10 Altri sistemi a due stati	
10-1 Lo ione di idrogeno molecolare	10-1
10-2 Forze nucleari	10-8
10-3 La molecola d'idrogeno	10-11
10-4 La molecola del benzolo	10-14
10-5 Coloranti	10-17
10-6 L'hamiltoniana di una particella a spin un mezzo in un campo magnetico	10-18
10-7 L'elettrone con spin in un campo magnetico	10-21
Capitolo 11 Ancora sui sistemi a due stati	
11-1 Le matrici di spin di Pauli	11-1
11-2 Le matrici di spin come operatori	11-7
11-3 La soluzione delle equazioni per i sistemi a due stati	11-11
11-4 Gli stati di polarizzazione del fotone	11-13
11-5 Il risonanza K, neutro	11-18
11-6 Generalizzazioni ai sistemi a N stati	11-29
Capitolo 12 La struttura iperfine dell'idrogeno	
12-1 Stati di base per un sistema di due particelle a spin un mezzo	12-1
12-2 L'hamiltoniana per lo stato fondamentale dell'idrogeno	12-4
12-3 I livelli d'energia	12-10
12-4 L'effetto Zeeman	12-13
12-5 Gli stati in un campo magnetico	12-17
12-6 La matrice di proiezione per lo spin uno	12-20

Chapter 13	Propagation in a Crystal Lattice	
13-1	States for an electron in a one-dimensional lattice	13-1
13-2	States of definite energy	13-2
13-3	Time-dependent states	13-5
13-4	An electron in a three-dimensional lattice	13-9
13-5	Other states in a lattice	13-12
13-6	Scattering by imperfection in the lattice	13-14
13-7	Trapping by a lattice imperfection	13-17
13-8	Scattering amplitudes and bound states	13-18
Chapter 14	Semiconductors	
14-1	Electrons and holes in semiconductors	14-1
14-2	Intrinsic semiconductors	14-7
14-3	The Hall effect	14-10
14-4	Semiconductor junctions	14-12
14-5	Rectification at a semiconductor junction	14-16
14-6	The transistor	14-18
Chapter 15	The Independent Particle Approximation	
15-1	Spin waves	15-1
15-2	Two-spin waves	15-6
15-3	Independent particles	15-8
15-4	The benzene molecule	15-10
15-5	More organic chemistry	15-15
15-6	Other uses of the approximation	15-20
Chapter 16	The Dependence of Amplitudes on Position	
16-1	Amplitudes on a line	16-1
16-2	The wave function	16-6
16-3	States of definite momentum	16-9
16-4	Normalization of the states in x	16-12
16-5	The Schrödinger equation	16-15
16-6	Quantized energy levels	16-19
Chapter 17	Symmetry and Conservation Laws	
17-1	Symmetry	17-1
17-2	Symmetry and conservation	17-5
17-3	The conservation laws	17-10
17-4	Polarized light	17-14
17-5	The distinction of the A''	17-17
17-6	Symmetry of the rotation matrices	17-22
Chapter 18	Angular Momentum	
18-1	Electric dipole radiation	18-1
18-2	Light scattering	18-5
18-3	The annihilation of positronium	18-7
18-4	Rotation matrix for any spin	18-14
18-5	Measuring a nuclear moment	18-19
18-6	Composition of angular momentum	18-21
Added Note 1:		
	Derivation of the rotation matrix	18-28
Added Note 2:		
	Conservation of parity in photon emission	18-31
Chapter 19	The Hydrogen Atom and the Periodic Table	
19-1	Schrödinger's equation for the hydrogen atom	19-1
19-2	Spherically symmetric solutions	19-3

Capitolo 13	Propagazione in un reticolo cristallino	
13-1	Stati di un elettrone in un reticolo	13-1
13-2	Stati di energia definita	13-2
13-3	Stati che dipendono dal tempo	13-5
13-4	L'elettrone in un reticolo tridimensionale	13-9
13-5	Altri possibili stati in un reticolo	13-12
13-6	Diffusione da parte delle imperfezioni di un reticolo	13-14
13-7	Cattura da parte di un'imperfezione del reticolo	13-17
13-8	Ampiezze di diffusione e stati legati	13-18
Capitolo 14	Semiconduttori	
14-1	Elettroni e lacune nei semiconduttori	14-1
14-2	Semiconduttori intrinseci	14-7
14-3	L'effetto Hall	14-10
14-4	Giunzioni a semiconduttori	14-12
14-5	La giunzione a semiconduttore come raddrizzatore	14-16
14-6	Il transistor	14-18
Capitolo 15	L'approssimazione a particelle indipendenti	
15-1	Onde di spin	15-1
15-2	Due onde di spin	15-6
15-3	Particelle indipendenti	15-8
15-4	La molecola del benzolo	15-10
15-5	Ancora un po' di chimica organica	15-15
15-6	Altri usi di questa approssimazione	15-20
Capitolo 16	Dipendenza delle ampiezze dalla posizione	
16-1	Ampiezza di una dimensione	16-1
16-2	La funzione d'onda	16-6
16-3	Stati di impulso definito	16-9
16-4	Normalizzazione degli stati in x	16-12
16-5	L'equazione di Schrödinger	16-15
16-6	Livelli energetici quantizzati	16-19
Capitolo 17	Simmetria e leggi di conservazione	
17-1	Simmetria	17-1
17-2	Simmetria e leggi di conservazione	17-5
17-3	Leggi di conservazione	17-10
17-4	L'uso polarizzato	17-14
17-5	La distinzione delle A''	17-17
17-6	Sommario delle matrici di rotazione	17-22
Capitolo 18	Il momento angolare	
18-1	Radiazione di dipolo elettrico	18-1
18-2	Diffusione della luce	18-5
18-3	Annichilazione del positronio	18-7
18-4	Matrice di rotazione per uno spin qualsiasi	18-14
18-5	Misura di uno spin nucleare	18-19
18-6	Composizione dei momenti angolari	18-21
Nota aggiuntiva 1:		
	Deduzione della matrice di rotazione	18-28
Nota aggiuntiva 2:		
	Conservazione della parità nell'emissione di un fotone	18-31
Capitolo 19	L'atomo di idrogeno e il sistema periodico degli elementi	
19-1	L'equazione di Schrödinger per l'atomo di idrogeno	19-1
19-2	Soluzioni a simmetria sferica	19-3

19-3	Stati con dipendenza angolare	19-8
19-4	La soluzione generale per l'idrogeno	19-14
19-5	Le funzioni d'onda dell'idrogeno	19-18
19-6	Il sistema periodico	19-20
Chapter 20	Operators	
20-1	Operations and operators	20-1
20-2	Average energies	20-4
20-3	The average energy of an atom	20-8
20-4	The position operator	20-10
20-5	The momentum operator	20-12
20-6	Angular momentum	20-18
20-7	The change of averages with time	20-21
Chapter 21	The Schrödinger Equation in a Classical Context: A Seminar on Superconductivity	
21-1	Schrödinger's equation in a magnetic field	21-1
21-2	The equation of continuity for probabilities	21-4
21-3	Two kinds of momentum	21-6
21-4	The meaning of the wave function	21-8
21-5	Superconductivity	21-9
21-6	The Meissner effect	21-11
21-7	Flux quantization	21-14
21-8	The dynamics of superconductivity	21-17
21-9	The Josephson junction	21-20
	Feynman's Epilogue	21-27
	Appendix	21-28
	Index	

19-3	Stati con dipendenza angolare	19-8
19-4	La soluzione generale per l'idrogeno	19-14
19-5	Le funzioni d'onda dell'idrogeno	19-18
19-6	Il sistema periodico	19-20
Capitolo 20	Operatori	
20-1	Operazioni e operatori	20-1
20-2	Energie medie	20-4
20-3	L'energia media di un atomo	20-8
20-4	L'operatore di posizione	20-10
20-5	L'operatore dell'impulso	20-12
20-6	Il momento angolare	20-18
20-7	Variazione dei valori medi col tempo	20-21
Capitolo 21	L'equazione di Schrödinger in un contesto classico: un seminario sulla superconduttività	
21-1	L'equazione di Schrödinger in presenza di un campo magnetico	21-1
21-2	L'equazione di continuità per le probabilità	21-4
21-3	Due tipi di impulso	21-6
21-4	Il significato della funzione d'onda	21-8
21-5	La superconduttività	21-9
21-6	L'effetto Meissner	21-11
21-7	Quantizzazione del flusso	21-14
21-8	La dinamica della superconduttività	21-17
21-9	La giunzione di Josephson	21-20
	Punte conclusive di Feynman	21-27
	Appendix	21-28
	Indice analitico	