

INDICE

1. LA CRISI DELLA FISICA CLASSICA	
1.1 Modelli atomici	1
1.2 Il problema delle dimensioni atomiche e del collasso per irraggiamento	4
1.3 Difficoltà connesse con i calori specifici	7
1.4 L'effetto fotoelettrico	11
2. DA EINSTEIN A DE BROGLIE	
2.1 I fotoni	14
2.2 L'effetto Compton	16
2.3 Generalità sugli spettri. Le ipotesi di Bohr	17
2.4 I livelli energetici dell'idrogeno secondo Bohr	20
2.5 Livelli dell'oscillatore e di una particella su un segmento	23
2.6 Teorie di Einstein e di Debye dei calori specifici dei solidi	25
2.7 I calori specifici dei gas	31
2.8 Comportamento ondulatorio delle particelle: esperimenti di Bragg e di Davisson e Germer	35
3. INTRODUZIONE AI POSTULATI DELLA MECCANICA QUANTISTICA	
3.1 Introduzione	39
3.2 L'interferometro di Mach e Zehnder	40
3.3 Esperimenti di interferenza con singoli fotoni	41
3.4 Descrizione degli stati di polarizzazione di un fotone	45
3.5 Discussione degli esperimenti con il polaroid	47
3.6 Misure compatibili e misure incompatibili: il principio di indeterminazione di Heisenberg	52
4. I POSTULATI DELLA MECCANICA QUANTISTICA	
4.1 Il principio di sovrapposizione	55
4.2 Le osservabili	57
4.3 Probabilità di transizione	60

Indice

4.4	Conseguenze e postulato di von Neumann	61
4.5	Operatori associati alle osservabili	65
4.6	Proprietà degli operatori associati alle osservabili	66
4.7	Digressione sulla notazione di Dirac	69
4.8	Valori medi	71
4.9	Stati puri e miscele statistiche	73
4.10	Osservabili compatibili	76
4.11	Relazioni di indeterminazione	80
4.12	Postulato di quantizzazione	81
5. L'OSCILLATORE ARMONICO		
5.1	Positività degli autovalori dell'energia	85
5.2	I livelli energetici dell'oscillatore armonico	87
6. TEORIA DELLE RAPPRESENTAZIONI		
6.1	Rappresentazioni	90
6.2	La rappresentazione di Heisenberg per l'oscillatore armonico	93
6.3	Trasformazioni unitarie	94
6.4	Considerazioni preliminari alla introduzione della rappresentazione di Schrödinger	97
6.5	La rappresentazione di Schrödinger	99
6.6	Interpretazione fisica delle rappresentazioni di Schrödinger e degli impulsi	105
6.7	Gli autovettori impropri delle q e delle p	108
6.8	Relazione fra le rappresentazioni delle coordinate e degli impulsi ...	110
6.9	Le q e le p come osservabili	114
7. L'EQUAZIONE DI SCHRÖDINGER PER SISTEMI UNIDIMENSIONALI		
7.1	La hamiltoniana della particella libera	117
7.2	Il teorema di degenerazione. Inversioni spaziali	119
7.3	Caratteristiche generali delle soluzioni dell'equazione di Schrödinger nel caso unidimensionale	122
7.4	Le soluzioni dell'equazione di Schrödinger: autovalori discreti	124
7.5	Le soluzioni dell'equazione di Schrödinger: autovalori continui	128

8. SISTEMI UNIDIMENSIONALI	
8.1 L'oscillatore armonico unidimensionale in rappresentazione di Schrödinger	131
8.2 Buca di potenziale	133
8.3 L'effetto tunnel	138
9. EVOLUZIONE TEMPORALE	
9.1 L'evoluzione temporale nello schema di Schrödinger	141
9.2 L'evoluzione temporale nello schema di Heisenberg	147
9.3 Il limite classico della Meccanica Quantistica	149
10. IL MOMENTO ANGOLARE	
10.1 Il momento angolare: regole di commutazione	153
10.2 Il momento angolare: autovalori	156
10.3 Operatori di rotazione	159
10.4 Il momento angolare orbitale	160
11. PARTICELLA IN CAMPO CENTRALE	
11.1 L'equazione di Schrödinger in campo centrale	163
11.2 Sistemi di due particelle. Separazione delle variabili	166
11.3 Livelli energetici degli idrogenoidi	169
11.4 L'oscillatore tridimensionale isotropo	173
12. PERTURBAZIONI AI LIVELLI ENERGETICI	
12.1 Teoria delle perturbazioni: trattazione euristica	176
12.2 L'effetto Stark nell'idrogeno	179
12.3 Teoria delle perturbazioni al 1° ordine: trattazione formale	184
12.4 Teoria delle perturbazioni al 2° ordine e il caso dei livelli quasi degeneri	186
13. TRANSIZIONI ELETTROMAGNETICHE	
13.1 Introduzione	189
13.2 La teoria delle perturbazioni per l'evoluzione temporale	190
13.3 La teoria semiclassica dell'irraggiamento	193
13.4 L'emissione spontanea	196
13.5 Transizioni di dipolo elettrico	199

13.6	Regole di selezione I	201
13.7	Atomo in campo magnetico: l'effetto Zeeman normale	204
13.8	Polarizzazione e distribuzione angolare della radiazione nell'emissione spontanea. La vita media del livello $n = 2$ dell'idrogeno	208
14. INTRODUZIONE ALLA FISICA ATOMICA		
14.1	L'approssimazione di campo centrale	214
14.2	Il metodo variazionale	217
14.3	Il livello fondamentale dell'He	219
14.4	Gli atomi alcalini	222
14.5	Trattazione quantistica degli atomi alcalini	226
15. SISTEMI COMPOSTI. IL PRINCIPIO DI PAULI		
15.1	Lo spazio degli stati per un sistema di più particelle: prodotto tensoriale di spazi di Hilbert	231
15.2	Lo spin dell'elettrone	232
15.3	Composizione di momenti angolari	235
15.4	Il principio di esclusione di Pauli	240
16. ATOMI CON PIÙ ELETTRONI		
16.1	I livelli dell'atomo di He	245
16.2	Classificazione dei livelli atomici	249
16.3	Relazione fra configurazione elettronica e termini spettroscopici: l'atomo di Carbonio	252
16.4	Interazione spin-orbita. Struttura fine dei livelli	256
16.5	Gerarchia dei numeri quantici. Regole di selezione II	262
16.6	Atomo in campo magnetico: l'effetto Zeeman anomalo	265
17. I PARADOSSI DELLA MECCANICA QUANTISTICA		
17.1	Introduzione	273
17.2	La scatola di de Broglie	274
17.3	Il gatto di Schrödinger	276
17.4	Cos'è una misura?	277
17.5	Il paradosso di Einstein–Podolsky–Rosen	278