

Indice

Introduzione xv

Ringraziamenti xxi

1. *Il crollo della visione "classica" del mondo* 1

1.1 La dipendenza dalla temperatura del colore degli oggetti. 3

1.2 Gli atomi e le loro proprietà. 3

1.3. I Fenomeni Ondulatori. 6

1.4 Diffrazione ed Interferenza. 11

1.5 L'ipotesi di Planck e la successiva elaborazione di Einstein. 14

1.6 L'atomo di Bohr e la quantizzazione. 16

1.7 L'ipotesi di de Broglie. 17

1.8 Il superamento della crisi. 20

1.9 Il dualismo onde-corpuscoli. 21

2. *La polarizzazione della luce* 23

2.1 Gli stati di polarizzazione del campo elettromagnetico. 23

2.2 Divertiamoci con i filtri polaroid. 29

2.3 Uno strumento più versatile: i cristalli birifrangenti.	33
2.4 Il comportamento dei filtri e dei cristalli in sintesi.	35

✗ 3. *Quanti, eventi aleatori, indeterminismo* 39

3.1. La fenomenologia dei quanti di luce.	39
3.2 I fotoni nei processi di diffrazione ed interferenza.	43
3.3 Dai quanti di luce alle particelle materiali.	44
3.4 Lo spin: l'analogo della polarizzazione per le particelle materiali.	45
3.5 L'apparato di Stern-Gerlach: l'analogo dei cristalli birifrangenti.	49
3.6 La natura fondamentale aleatoria dei processi fisici.	53
3.7 Il principio di indeterminazione.	59
3.8 La complementarità di Bohr.	67

✗ 4. *Il principio di sovrapposizione e la struttura concettuale della nuova teoria* 71

4.1 Analisi di una serie di esperimenti.	72
4.2 Un nuovo esperimento e il puzzle logico che ne consegue.	77
4.3 Sovrapposizioni di stati di posizione.	79
4.4 Variazioni sul tema: altri semplici dispositivi sperimentali per produrre sovrapposizioni di stati spazialmente separati.	82
4.5 Ulteriori variazioni sul tema: l'effetto tunnel.	85
4.6 L'interferometria con neutroni.	87
4.7 Il quadro generale e, in particolare, l'evoluzione temporale.	91
4.8 Il vero significato delle predizioni della teoria.	94
4.9 Altri peculiari aspetti del formalismo: gli esperimenti a scelta ritardata.	94

5. *Visualizzazione e progresso scientifico* 99

5.1 La vicenda di Bohr.	100
5.2 Heisenberg: il rifiuto cosciente della visualizzabilità.	102
5.3 Schrödinger: un tentativo di visualizzazione basato sul paradigma ondulatorio.	103
5.4 Conclusioni.	104

6. <i>L'interpretazione della teoria</i>	107
6.1 Alcuni semplici argomenti per un radicale cambiamento di prospettiva.	108
6.2 Un breve interludio filosofico: idealismo, realismo, materialismo e positivismo.	112
6.3 Le posizioni dei protagonisti.	116
6.4 Il processo di misura e la riduzione del pacchetto d'onde.	122
7. <i>Il dialogo Bohr-Einstein</i>	133
7.1 E' veramente impossibile mettere in luce nello stesso esperimento gli aspetti ondulatori e corpuscolari di un processo?	137
7.2 La relazione d'indeterminazione tempo energia.	141
7.3 1930: il nuovo attacco di Einstein.	143
8. <i>Un fulmine a ciel sereno: l'argomento di Einstein, Podolsky e Rosen</i>	147
8.1 Il problema delle proprietà di un sistema quantistico.	148
8.2 Sistemi composti: il caso di stati fattorizzati.	149
8.3 Sistemi composti, stati entangled.	153
8.4 Effetto sullo stato globale della misura di un costituente.	156
8.5 L'argomento di EPR.	156
8.6 La reazione di Bohr.	160
8.7 Fraintendimenti dell'argomento di EPR.	163
8.8 Una prima valutazione del lavoro di EPR.	168
9. <i>Le variabili nascoste</i>	175
9.1 La peculiare storia del teorema di von Neumann.	176
9.2 Un'analisi dettagliata dell'ipotesi di von Neumann.	178
9.3 La vicenda di David Bohm.	180
9.4 La teoria dell'onda pilota.	182
9.5 Alcuni illuminanti esempi.	185
9.6 La ineludibile contestualità delle teorie a variabili nascoste deterministiche.	189
9.7 Contestualità delle variabili di spin nella teoria dell'onda pilota.	191

10. <i>La disuguaglianza di Bell e la nonlocalità</i>	203
10.1 Un caso di telepatia o un banale trucco?	205
10.2 La telepatia dei quanti.	209
10.3 La richiesta di località secondo Bell.	213
10.4 La disuguaglianza di Bell.	215
10.5 Un esempio di "metafisica sperimentale".	219
10.6 L'ultima spiaggia dei sostenitori del microrealismo locale.	221
10.7 Una recente nuova disuguaglianza alla Bell di notevole rilevanza concettuale.	225
11. <i>Nonlocalità e segnali superluminali</i>	235
11.1 Le singolari caratteristiche della nonlocalità.	237
11.2 L'impossibilità di comunicare a velocità superluminale.	238
11.3 Una singolare proposta per comunicare a velocità superluminale.	241
11.4 E se si potessero controllare le variabili nascoste?	248
11.5 E se si potessero clonare i singoli fotoni?	255
12. <i>La crittografia quantistica</i>	263
12.1 Alcuni cenni di crittografia: terminologia e procedimenti elementari.	266
12.2 Alcuni semplici esempi di cifrari.	268
12.3 La numerazione binaria.	270
12.4 Il codice ASCII.	271
12.5 La ricerca della perfezione.	273
12.6 Un sistema inviolabile per crittografare usando fotoni.	275
13. <i>I computers quantomeccanici</i>	281
13.1 La teoria quantistica dell'informazione.	282
13.2 Bits classici e quantistici.	283
13.3 Come realizzare e preparare un bit quantistico.	284
13.4 Stoccaggio di numeri per mezzo di quantum bits.	285
13.5 Segnali quantistici: come comprimere due bits in uno.	286
13.6 Generazione di successioni casuali di numeri.	287
13.7 Complessità computazionale.	290

13.8	La compressione dei dati.	293
13.9	Le possibilità sperimentali.	294
13.10	Il teletrasporto quantistico.	295
14.	<i>Sistemi di particelle identiche</i>	299
14.1	Identificazione degli indiscernibili in uno schema classico e quantistico.	299
14.2	Implicazioni immediate dell'identità.	302
14.3	Conseguenze fisiche dell'identità.	303
14.4	Identità ed entanglement.	306
15.	<i>Dal microscopico al macroscopico</i>	311
15.1	Il principio di sovrapposizione e i sistemi macroscopici.	312
15.2	La teoria quantistica della misura.	316
15.3	Evoluzione quantistica e riduzione del pacchetto d'onde.	320
15.4.	La catena di von Neumann.	321
15.5	Difficoltà nell'evidenziare le sovrapposizioni macroscopiche.	324
15.6	Il confine ambiguo.	326
15.7	Uno storico esempio di entanglement: il famoso gatto di Schrödinger.	330
16.	<i>Alla ricerca di un quadro coerente per tutti i processi naturali</i>	339
16.1	Linee strategiche per l'identificazione di possibili vie d'uscita.	340
16.2	Incompletezza della teoria standard: teorie a variabili nascoste.	342
16.3	Limitazione delle osservabili di un macrosistema.	345
16.4	Della moltiplicazione dei mondi e della foliazione delle menti.	349
16.5	Le storie quantistiche.	355
16.6	L'oggettivazione come un processo dinamico.	358
16.7	La riduzione da parte dell'osservatore cosciente e l'amico di Wigner.	359
16.8	Il programma di riduzione dinamica.	362
17.	<i>Localizzazioni spontanee, proprietà, percezioni</i>	373
17.1	Macro-oggettivazione: quali proprietà ne vengono coinvolte?	374
17.2	Una valutazione critica del programma di riduzione dinamica.	375

17.3	Un illuminante parallelo storico.	379
17.4	La riduzione spontanea come una teoria rivale della teoria standard.	381
17.5	Il ruolo dell'osservatore e la definitezza delle sue percezioni.	384
17.6	Riduzione dinamica e richieste relativistiche.	388
18.	<i>Macrorealismo e misure non invasive</i>	393
18.1	L'ipotesi di macrorealismo.	394
18.2	Misure noninvasive.	394
18.3	L'argomento di Leggett.	396
18.4	Come implementare sperimentalmente il test di macrocoerenza.	398
18.5	Come controllare un sistema senza interagire con esso.	400
19.	<i>Conclusioni</i>	403
	<i>Bibliografia</i>	411
	<i>Indice dei nomi</i>	417