

PETRUCCI

ELEMENTI DI CHIMICA GENERALE

PRINCIPI ED APPLICAZIONI MODERNE

RALPH H. PETRUCCI

California State University, San Bernardino

F. GEOFFREY HERRING

University of British Columbia

JEFFRY D. MADURA

Duquesne University

CAREY BISSONNETTE

University of Waterloo

Edizione italiana ridotta della XII integrale in lingua inglese

a cura di

Andrea Pizzi

Professore Associato di Fondamenti Chimici delle Tecnologie
Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta"
Politecnico di Milano

PICCIN

Titolo dell'edizione originale integrale:
General Chemistry: Principles and Modern Applications, 12th edition
by Ralph H. Petrucci, F. Geoffrey Herring, Jeffrey D. Madura, Carey Bissonnette
© Ralph H. Petrucci, F. Geoffrey Herring, Jeffrey D. Madura, Carey Bissonnette 2023
© Pearson Education Limited 2023

All rights reserved

This translation of *General Chemistry: Principles and Modern Applications*, 12th edition is published
by arrangement with Pearson Education Limited.

Opera coperta dal diritto d'autore - Tutti i diritti sono riservati, inclusi quelli relativi a TDM (text and data mining),
al training dell'intelligenza artificiale e/o di tecnologie similari.

Questo testo contiene materiale, testi ed immagini, coperto da copyright e non può essere copiato, riprodotto,
distribuito, trasferito, noleggiato, licenziato o trasmesso in pubblico, venduto, prestato a terzi, in tutto o in parte,
o utilizzato in alcun altro modo, compreso l'uso per TDM, training dell'intelligenza artificiale e/o tecnologie si-
milari, o altrimenti diffuso, se non previa espressa autorizzazione dell'Editore. Qualsiasi distribuzione o fruizione
non autorizzata del presente testo, così come l'alterazione delle informazioni elettroniche, costituisce una violazio-
ne dei diritti dell'Editore e dell'Autore e sarà sanzionata civilmente e penalmente secondo quanto previsto dalla
L. 633/1941 e ss.mm.

AVVERTENZA

Molte delle sostanze e delle reazioni chimiche descritte o rappresentate in questo libro sono pericolose. Non tentate
alcun esperimento illustrato nel testo, a meno che non vi troviate in un laboratorio adeguato e sotto supervisione di
un esperto. Poiché le scienze sono in continua evoluzione, l'Editore non si assume alcuna responsabilità per qual-
siasi lesione e/o danno dovesse venire arrecato a persone o beni per negligenza o altro, oppure uso od operazioni di
qualsiasi metodo, prodotto, istruzione o idea contenuto in questo libro. L'Editore raccomanda soprattutto la verifica
autonoma della diagnosi e del dosaggio dei medicinali, attenendosi alle istruzioni per l'uso e controindicazioni
contenute nel foglietto illustrativo.

Il nome di società o prodotti commerciali può corrispondere a ragioni sociali, marchi o marchi registrati ed è uti-
lizzato esclusivamente per l'identificazione da parte del lettore e per la spiegazione dei concetti e dei case studies
senza alcun intento pubblicitario o di utilizzo in violazione alla normativa vigente.

ISBN 978-88-299-3618-2

Traduzione degli aggiornamenti della quarta edizione italiana di
Valerio Causin
II edizione italiana a cura di Lucio Cattalini e Gino Paolucci

Copyright © 2026 by Piccin Nuova Libreria S.p.A., Padova

DEDICA

Pearson desidera dedicare questa edizione a Ralph H. Petrucci, F. Geoffrey Herring, Jeffry D. Madura e Carey Bissonnette, che sono venuti a mancare dopo la pubblicazione dell'undicesima edizione. Grazie per il vostro meraviglioso contributo al mondo della chimica.

Indice generale

1	La materia: sue proprietà e misura	1
1-1	Il metodo scientifico	2
1-2	Proprietà della materia	4
1-3	Classificazione della materia	5
1-4	Misura della materia: unità SI (metriche)	8
1-5	Densità e composizione percentuale: il loro uso nella risoluzione di problemi	13
1-6	Incertezza nelle misure scientifiche	18
1-7	Cifre significative	19
	Sommario	23
	Esercizi	26
	Problemi speciali	31
	Esempio integrativo	24
	Esercizi integrativi ed avanzati	29
	Esercizi di auto-verifica	32
2	Atomi e teoria atomica	34
2-1	Le prime scoperte in chimica e la teoria atomica	35
2-2	Gli elettroni ed altre scoperte in fisica atomica	38
2-3	L'atomo nucleare	42
2-4	Gli elementi chimici	44
2-5	Massa atomica	48
2-6	Introduzione alla tavola periodica	51
2-7	Il concetto di mole e la costante di Avogadro	55
2-8	Uso del concetto di mole nei calcoli	57
	Sommario	59
	Esercizi	61
	Problemi speciali	66
	Esempio integrativo	60
	Esercizi integrativi ed avanzati	65
	Esercizi di auto-verifica	67
3	I composti chimici	68
3-1	Tipi di composti chimici e loro formule	69
3-2	Il concetto di mole ed i composti chimici	73
3-3	Composizione dei composti chimici	76
3-4	Stati di ossidazione: un utile strumento per descrivere i composti chimici	84
3-5	Nomenclatura dei composti	86
3-6	Nomi e formule dei composti inorganici	87
	Sommario	94
	Esercizi	97
	Problemi speciali	102
	Esempio integrativo	95
	Esercizi integrativi ed avanzati	100
	Esercizi di auto-verifica	103
4	Le reazioni chimiche	105
4-1	Reazioni chimiche ed equazioni chimiche	106
4-2	Equazioni chimiche e stechiometria	109
4-3	Reazioni chimiche in soluzione	116
4-4	Determinazione del reagente limitante	122
4-5	Altre considerazioni pratiche sulla stechiometria delle reazioni	125
4-6	Il grado di avanzamento delle reazioni	131
	Sommario	133
	Esercizi	135
	Problemi speciali	144
	Esempio integrativo	134
	Esercizi integrativi ed avanzati	140
	Esercizi di auto-verifica	144

5 Gli elettroni negli atomi 146

- 5-1 La radiazione elettromagnetica 147
- 5-2 La strada verso la teoria dei quanti 152
- 5-3 Livelli energetici, spettro ed energia di ionizzazione dell'atomo di idrogeno 161
- 5-4 Due concetti che portano ad una nuova meccanica quantistica 166
- 5-5 Meccanica ondulatoria 170
- 5-6 Teoria quantistica dell'atomo di idrogeno 176
- 5-7 Interpretazione e rappresentazione gli orbitali dell'atomo di idrogeno 182
- 5-8 Lo spin elettronico: un quarto numero quantico 192
- 5-9 Atomi multielettronici 195
- 5-10 Configurazioni elettroniche 198
- 5-11 Configurazioni elettroniche e tavola periodica 203
- Sommario 208 Esempio integrativo 209
- Esercizi 211 Esercizi integrativi ed avanzati 217
- Problemi speciali 218 Esercizi di auto-verifica 220

6 La tavola periodica ed alcune proprietà atomiche 221

- 6-1 Classificazione degli elementi: la legge periodica e la tavola periodica 222
- 6-2 Metalli e nonmetalli e loro ioni 225
- 6-3 Dimensioni di atomi e ioni 228
- 6-4 Energia di ionizzazione 238
- 6-5 Affinità elettronica 242
- 6-6 Proprietà magnetiche 244
- 6-7 Polarizzabilità 245
- Sommario 247 Esempio integrativo 248
- Esercizi 250 Esercizi integrativi ed avanzati 252
- Problemi speciali 253 Esercizi di auto-verifica 254

7 Il legame chimico I: concetti di base 256

- 7-1 La teoria di Lewis: introduzione 257
- 7-2 Il legame covalente: introduzione 259
- 7-3 Legami covalenti polari e mappe del potenziale elettrostatico 263
- 7-4 Scrittura delle strutture di Lewis 269
- 7-5 La risonanza 277
- 7-6 Eccezioni alla regola dell'ottetto 279
- 7-7 Forme delle molecole 282
- 7-8 Ordine di legame e lunghezze di legame 294
- 7-9 Energie di legame 295
- Sommario 299
- Esercizi 300 Esercizi integrativi ed avanzati 305
- Problemi speciali 307 Esercizi di auto-verifica 308

8 Il legame chimico II: teorie del legame di valenza e degli orbitali molecolari 310

- 8-1 Cosa deve fare una teoria del legame 310
- 8-2 Introduzione al metodo del legame di valenza 314
- 8-3 Ibridizzazione degli orbitali atomici 316
- 8-4 Legami covalenti multipli 325
- 8-5 Teoria degli orbitali molecolari 330
- 8-6 Elettroni delocalizzati: il legame nella molecola del benzene 341

x ♦ Indice generale

- 12-4 Lavoro 530
- 12-5 La prima legge della termodinamica 533
- 12-6 Applicazione della prima legge alle trasformazioni chimiche e fisiche 537
- 12-7 Determinazione indiretta di $\Delta_r H$: la legge di Hess 544
- 12-8 Entalpie standard di formazione 546
- 12-9 Combustibili come fonti di energia 553
- 12-10 Processi spontanei e non spontanei: un'introduzione 559
 - Sommario 561
 - Esercizi 564
 - Problemi speciali 572
 - Esempio integrativo 562
 - Esercizi integrativi ed avanzati 569
 - Esercizi di auto-verifica 573

13 Trasformazioni spontanee: entropia ed energia di Gibbs 575

- 13-1 Entropia: la visione di Boltzmann 576
- 13-2 Variazione di entropia: la visione di Clausius 584
- 13-3 La combinazione delle idee di Boltzmann e Clausius: le entropie assolute 591
- 13-4 Criteri per le trasformazioni spontanee: la seconda legge della termodinamica 595
- 13-5 La variazione di energia di Gibbs di un sistema di composizione variabile: $\Delta_r G^\circ$ e $\Delta_r G$ 601
- 13-6 $\Delta_r G^\circ$ e K in funzione della temperatura 615
- 13-7 Reazioni accoppiate 618
- 13-8 Potenziale chimico e termodinamica delle trasformazioni chimiche spontanee 619
 - Sommario 624
 - Esercizi 626
 - Problemi speciali 632
 - Esempio integrativo 625
 - Esercizi integrativi ed avanzati 631
 - Esercizi di auto-verifica 634

14 Principi dell'equilibrio chimico 636

- 14-1 La natura dello stato di equilibrio 637
- 14-2 L'espressione della costante di equilibrio 642
- 14-3 Relazioni che coinvolgono le costanti di equilibrio 646
- 14-4 Il valore della costante di equilibrio 650
- 14-5 Previsione della direzione di una reazione 652
- 14-6 Alterazione delle condizioni di equilibrio: il principio di Le Châtelier 654
- 14-7 Calcoli sull'equilibrio: alcuni esempi illustrativi 660
 - Sommario 669
 - Esercizi 671
 - Problemi speciali 679
 - Esempio integrativo 670
 - Esercizi integrativi ed avanzati 677
 - Esercizi di auto-verifica 680

15 Cinetica chimica 681

- 15-1 Velocità di una reazione chimica 682
- 15-2 Misura delle velocità di reazione 684
- 15-3 Effetto della concentrazione sulle velocità di reazione: la legge di velocità 687
- 15-4 Reazioni di ordine zero 690
- 15-5 Reazioni del primo ordine 691
- 15-6 Reazioni del secondo ordine 698
- 15-7 Cinetica delle reazioni: un riassunto 699
- 15-8 Modelli teorici per la cinetica chimica 701
- 15-9 Effetto della temperatura sulle velocità di reazione 705

15-10	Meccanismi di reazione	708	
15-11	Catalisi	717	
	Sommario	723	Esempio integrativo 724
	Esercizi	726	Esercizi integrativi ed avanzati 731
	Problemi speciali	733	Esercizi di auto-verifica 735

16 Acidi e basi 736

16-1	Acidi, basi e coppie coniugate acido-base	737	
16-2	Auto-ionizzazione dell'acqua e scala del pH	741	
16-3	Ionizzazione di acidi e basi in acqua	744	
16-4	Acidi forti e basi forti	752	
16-5	Acidi deboli e basi deboli	754	
16-6	Acidi poliprotici	759	
16-7	Reazioni acido-base simultanee e consecutive: un approccio generale	763	
16-8	Ioni come acidi e basi	764	
16-9	Aspetti qualitativi delle reazioni acido-base	770	
16-10	Struttura molecolare e comportamento acido-base	771	
16-11	Acidi e basi di Lewis	778	
	Sommario	781	Esempio integrativo 782
	Esercizi	784	Esercizi integrativi ed avanzati 788
	Problemi speciali	789	Esercizi di auto-verifica 790

17 Altri aspetti degli equilibri acido-base 791

17-1	Effetti dello ione comune negli equilibri acido-base	792	
17-2	Soluzioni tampone	796	
17-3	Indicatori acido-base	806	
17-4	Reazioni di neutralizzazione e curve di titolazione	809	
17-5	Soluzioni di sali di acidi poliprotici	818	
17-6	Calcoli dell'equilibrio acido-base: un riassunto	820	
	Sommario	821	Esempio integrativo 822
	Esercizi	823	Esercizi integrativi ed avanzati 827
	Problemi speciali	830	Esercizi di auto-verifica 831

18 Solubilità ed equilibri di ioni complessi 832

18-1	Costante del prodotto di solubilità, K_{ps}	833	
18-2	Relazione tra solubilità e K_{ps}	834	
18-3	Effetto dello ione comune negli equilibri di solubilità	836	
18-4	Limiti del concetto di K_{ps}	838	
18-5	Criteri per la precipitazione e sua completezza	840	
18-6	Precipitazione frazionata	843	
18-7	Solubilità e pH	845	
18-8	Equilibri che coinvolgono ioni complessi	847	
	Sommario	853	Esempio integrativo 853
	Esercizi	855	Esercizi integrativi ed avanzati 858
	Problemi speciali	859	Esercizi di auto-verifica 860

19 Elettrochimica 861

19-1	Bilanciamento delle equazioni di ossido-riduzione	863
19-2	Agenti ossidanti e riducenti	867
19-3	Potenziali di elettrodo e loro misura	870
19-4	Potenziali standard di elettrodo	875
19-5	E_{pila} , $\Delta_r G$ e K	880

19-6	E_{pila} in funzione delle concentrazioni	887
19-7	Batterie: produzione di elettricità mediante reazioni chimiche	895
19-8	Corrosione: celle voltaiche indesiderate	902
19-9	Elettrolisi: forzare reazioni non spontanee a decorrere	904
	Sommario	909
	Esercizi	911
	Problemi speciali	920
	Esempio integrativo	910
	Esercizi integrativi ed avanzati	917
	Esercizi di auto-verifica	923

APPENDICI

A	Operazioni matematiche	A1
B	Alcuni concetti fisici di base	A11
C	Unità SI	A15
D	Tabelle di dati	A17
E	Risposte agli esempi pratici e ad esercizi selezionati	A37
F	Risposte alle domande di verifica dei concetti	A57

INDICE ANALITICO I1

Novità! L'inserto degli scienziati

- Dmitri Mendeleev 52
- Jean Baptiste André Dumas 73
- Jeremias Benjamin Richter 110
- Robert Boyle 367
- Agnes Pockels 421
- Dorothy Hodgkin 449
- Francois-Marie Raoult 490
- Henry-Louis Le Chatelier 654
- Peter Waage 688
- Johannes Nicolaus Brønsted 737
- Karl Albert Hasselbalch 800
- Elizabeth Fulhame 868

Gli Autori

Ralph H. Petrucci

Ralph Petrucci si è laureato in Chimica all'Union College, Schenectady, NY, e ha ottenuto il dottorato di ricerca alla University of Wisconsin-Madison. Dopo dieci anni di insegnamento, ricerca, consulenza e direzione degli NSF Institutes for Secondary School Science Teachers alla Case Western Reserve University, Cleveland, OH, il Dr. Petrucci si unì al gruppo che ha pianificato il nuovo campus della California State University a San Bernardino nel 1964. Lì, oltre alla sua attività di insegnamento, ha ricoperto le funzioni di Presidente della Natural Sciences Division e di Dean of Academic Planning. Il Professor Petrucci è anche coautore di *Chimica generale* con John W. Hill, Terry W. McCreary e Scott S. Perry.

F. Geoffrey Herring

Geoff Herring ha ottenuto sia la laurea sia il dottorato di ricerca in Chimica Fisica presso la University of London. È stato Professore Emerito al Dipartimento di Chimica della University of British Columbia, Vancouver. Il Dr. Herring si è interessato di chimica biofisica e ha pubblicato più di 100 articoli in chimica fisica e in fisica chimica. Il Dr. Herring si è dedicato a studi sull'uso della tecnologia e dei metodi interattivi di coinvolgimento nell'insegnamento della chimica generale, con l'obiettivo di migliorare la comprensione e l'apprendimento da parte degli studenti. Il Dr. Herring ha insegnato chimica a tutti i livelli per 30 anni e ha vinto due volte il Killam Prize for Excellence in Teaching.

Jeffry D. Madura, FRSC

Jeffry D. Madura è stato Professore e Lambert F. Minucci Endowed Chair in scienza ed ingegneria computazionale del Dipartimento di Chimica e Biochimica alla Duquesne University di Pittsburgh, PA. Si è laureato al Thiel College nel 1980 e ha ottenuto il dottorato di ricerca in Chimica Fisica alla Purdue University nel 1985 sotto la supervisione del Prof. William L. Jorgensen. Il dottorato è stato seguito da un'attività post-dottorale in biofisica computazionale con il Professor J. Andrew McCammon alla University of Houston. Gli interessi di ricerca del Dr. Madura hanno riguardato la chimica e la biofisica computazionali. Ha pubblicato più di 100 articoli in chimica fisica e fisica chimica. Il Dr. Madura ha insegnato chimica a tutti i livelli per 24 anni e ha vinto il Dreyfus Teacher-Scholar Award. Nel 2014 ha ricevuto l'American Chemical Society Pittsburgh Section Award e anche il Bayer School of Natural and Environmental Sciences and Duquesne University Presidential Award for Excellence in Scholarship nel 2007. Il Dr. Madura è stato fellow dell'ACS e della Royal Society of Chemistry. Ha collaborato anche con studenti e professori delle scuole superiori nel contesto dell'ACS Science Coaches program.

Carey Bissonnette

Carey Bissonnette è stato Continuing Lecturer al Dipartimento di Chimica della University of Waterloo, Ontario. Si è laureato alla University of Waterloo nel 1989 e ha conseguito il dottorato di ricerca nel 1993 alla University of Cambridge in Inghilterra. I suoi interessi di ricerca si sono concentrati sullo sviluppo di metodi di modellazione di processi dinamici in molecole poliatomiche in fase gassosa. Ha vinto molti premi per l'eccellenza nell'insegnamento,

tra cui lo University of Waterloo's Distinguished Teacher Award nel 2005. Il Dr. Bissonnette ha usato in modo estensivo la tecnologia sia in classe sia in laboratorio per creare un ambiente interattivo in cui gli studenti potessero imparare ed esplorare. Negli ultimi anni, è stato attivo nella progettazione di curriculum, in attività di collegamento con le scuole superiori e nel coordinamento dei giochi della chimica, cui partecipano ogni anno studenti di tutto il mondo.

Prefazione

“Conosci il tuo pubblico”. Abbiamo cercato di seguire questo importante consiglio per venire ancor più incontro ai bisogni degli studenti che si inoltrano nel difficile viaggio nella chimica. Sappiamo che gran parte degli studenti di chimica generale ha progetti di carriera non necessariamente in chimica, ma in altre aree come la biologia, la medicina, l'ingegneria, le scienze ambientali e l'agricoltura. Capiamo anche che il corso di chimica generale potrebbe essere l'unica occasione in cui alcuni studenti universitari avranno l'opportunità di accostarsi alla chimica. Abbiamo scritto questo libro per loro.

Gli studenti che utilizzano questo testo dovrebbero aver già studiato un po' di chimica. Tuttavia, chi non avesse un background precedente o avesse bisogno di un ripasso troverà che i primi capitoli sviluppano i concetti fondamentali a partire dalle idee più elementari. Gli studenti che intendono diventare chimici professionisti troveranno nel testo anche l'opportunità di approfondire i loro specifici interessi.

Lo studente avrà bisogno di identificare e applicare i principi e di visualizzare il loro significato fisico. Gli strumenti pedagogici di questo testo sono stati ideati per fornire il necessario aiuto in questo compito. Allo stesso tempo, speriamo che il libro serva a rendere più acute le capacità di risoluzione dei problemi e di pensiero critico dello studente. Abbiamo perciò cercato un giusto bilanciamento tra principi e applicazioni, discussioni qualitative e quantitative e tra rigore e semplificazione.

In tutto il testo abbiamo fornito esempi tratti dal mondo reale per completare la discussione. Molti esempi sono tratti dalle scienze biologiche, dall'ingegneria e dalle scienze ambientali. Questo dovrebbe aiutare a rendere più viva la chimica, sottolineando così quanto essa sarà rilevante nella carriera futura di ognuno, oltre a chiarire e far padroneggiare i concetti di base.

ORGANIZZAZIONE

In questa edizione abbiamo mantenuto l'organizzazione di base dell'edizione precedente, con un'unica eccezione. Sulla base di un ampio feedback da parte di esperti del settore, abbiamo spostato il capitolo sulla cinetica chimica più avanti nel testo, al Capitolo 15.

Come nelle precedenti edizioni, questa inizia con una breve introduzione dei concetti chiave nel Capitolo 1. Quindi, introduciamo la teoria atomica, compresa la tavola periodica, nel Capitolo 2. La tavola periodica è uno strumento straordinariamente utile e presentarla subito ci consente di usarla fin dai primi capitoli del testo. Nel Capitolo 3 introduciamo i composti chimici e la loro stechiometria. Il Capitolo 4 introduce le reazioni chimiche. Il Capitolo 5 presenta i concetti quantomeccanici che servono per capire le variazioni di energia che incontriamo a livello atomico. In questo capitolo c'è anche una discussione della meccanica ondulatoria, benché il docente possa escludere senza problemi questo capitolo se il livello del corso lo richiede. Insieme, i Capitoli dal 5 all'8 forniscono le basi concettuali per descrivere la struttura elettronica di atomi e molecole e le proprietà chimiche e fisiche di queste entità.

Discutiamo i gas nel Capitolo 9, in parte perché sono familiari agli studenti, ma anche perché molti docenti preferiscono affrontare questo argomento presto per integrarlo meglio nei loro programmi di lezione e laboratorio. Le proprietà di atomi e molecole vengono poi usate nel Capitolo 10 per razionalizzare le proprietà di solidi e liquidi.

Nel Capitolo 12 introduciamo la termochimica e discutiamo le variazioni di energia che accompagnano le trasformazioni chimiche e fisiche. Il Capitolo

13 introduce il concetto di entropia, i criteri per prevedere la direzione di una trasformazione spontanea e la condizione di equilibrio termodinamico. Nei Capitoli 11, 14, 15, 16, 17, 18 e 19 applichiamo ed estendiamo i concetti introdotti nel Capitolo 13. Tuttavia, i suddetti possono essere insegnati senza fare esplicitamente riferimento al Capitolo 13.

NOVITÀ DI QUESTA EDIZIONE

- In base ai suggerimenti degli esperti in materia, l'indice generale è stato riorganizzato per migliorare la scorrevolezza.
- Dodici nuovi profili di eminenti scienziati (elencati a pagina xii), che mostrano i loro notevoli contributi e contestualizzano i concetti trattati nel testo circostante. Questi profili sono stati aggiunti per rappresentare al meglio la diversità della comunità scientifica.
- Il testo è stato aggiornato per riflettere le ultime revisioni della tavola periodica.
- La grafica è stata aggiornata con molte illustrazioni e fotografie nuove o modificate.
- Il design complessivo del testo è stato aggiornato e migliorato per un layout più moderno e accessibile.
- I materiali di valutazione di fine capitolo sono stati rinnovati, con più di 400 esercizi rivisti o aggiornati.

APPROCCIO GENERALE

In questa edizione, gli strumenti pedagogici e l'approccio generale continuano a riflettere le più moderne linee guida sull'insegnamento della chimica generale. Abbiamo mantenuto le seguenti caratteristiche chiave del testo:

- *Approccio logico alla soluzione dei problemi.* Tutti gli esempi risolti sono presentati nel testo usando una struttura tripartita di Analisi-Soluzione-Verifica. Questa presentazione non solo incoraggia gli studenti a usare un approccio logico nel risolvere i problemi, ma consente loro di trovare un modo per affrontare un problema che sembra, all'inizio, irrisolvibile. L'approccio è quello implicitamente usato da coloro che hanno una consolidata esperienza nel risolvere i problemi, ma per coloro che iniziano il loro percorso di studi la struttura Analisi-Soluzione-Verifica serve a ricordare agli studenti che si deve (1) analizzare le informazioni e pianificare una strategia, (2) implementare la strategia e (3) verificare la risposta per assicurarsi che sia ragionevole.
- *Esempi pratici integrativi ed esercizi di fine capitolo.* Gli utenti delle precedenti edizioni hanno accolto con favore la qualità degli Esempi integrativi al termine di ciascun capitolo e la varietà degli esercizi di fine capitolo. Abbiamo aggiunto due esempi pratici (Esempio pratico A ed Esempio pratico B) per ciascun Esempio integrativo nel testo. In gran parte dei capitoli sono stati aggiunti almeno 10 nuovi esercizi e in molti altri anche più di 20.
- *Uso delle raccomandazioni IUPAC.* Siamo orgogliosi che il nostro libro sia adottato da professori e studenti di tutto il mondo. Dato che la comunicazione tra scienziati in generale, e tra chimici in particolare, viene facilitata se si usano termini e notazioni comuni, abbiamo deciso di seguire, con relativamente poche eccezioni, le raccomandazioni della International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). In particolare, la versione della tavola periodica che appare nel testo è basata su quella oggi accettata dalla IUPAC. Una modifica importante sta nell'uso di simboli e unità raccomandate dalla IUPAC per le quantità termodinamiche. Per esempio, le entalpie standard di reazione sono rappresentate dal simbolo $\Delta_r H^\circ$ (non ΔH_r°) e sono espresse in kJ mol^{-1} (non kJ).

CARATTERISTICHE DI QUESTA EDIZIONE

Abbiamo profuso grandi sforzi per introdurre in questa edizione degli strumenti che facilitino l'apprendimento e l'insegnamento della chimica.

La materia: sue proprietà e misura

1

Della "chimica" che scatta nei due momenti, alle attività che definiscono il contenuto non vanno "altri" chimici. In chimica si studiano i fenomeni chimici, non quelli fisici, biologici, geologici, ecc. Un chimico che voglia fare un lavoro di ricerca deve essere in grado di operare in tutti i campi della chimica, non solo in quello della chimica pura, ma anche in quello della chimica applicata, della chimica industriale, ecc. Un chimico che voglia essere un professionista deve essere in grado di operare in tutti i campi della chimica, non solo in quello della chimica pura, ma anche in quello della chimica applicata, della chimica industriale, ecc. Un chimico che voglia essere un professionista deve essere in grado di operare in tutti i campi della chimica, non solo in quello della chimica pura, ma anche in quello della chimica applicata, della chimica industriale, ecc.



Inizio del capitolo

Ciascun capitolo inizia con un elenco dei titoli dei paragrafi che danno un **Sommario** dei suoi contenuti. L'apertura del capitolo contiene anche un elenco di **Obiettivi di apprendimento** che corrispondono alle sezioni principali del capitolo.

Parole chiave

Le **parole chiave** sono evidenziate in grassetto quando vengono definite nel testo. In Appendice F viene presentato un **Glossario** delle parole chiave con le relative definizioni.

Riquadri

Equazioni, concetti e regole significative sono evidenziati in riquadri colorati per una più agevole identificazione.

Verifica dei concetti

Le **Domande di verifica dei concetti** (molte delle quali qualitative) sono distribuite in tutto il testo. Esse consentono agli studenti di mettere alla prova la comprensione dei concetti di base prima di procedere oltre. Le soluzioni complete a queste domande si trovano in Appendice F.

Il risultato di una moltiplicazione e/o divisione può contenere solo il numero di cifre significative della quantità nota con la precisione più bassa presente nel calcolo.

2.4 Verifica dei concetti
Qual è l'unica eccezione all'affermazione che tutti gli atomi contengono protoni, neutroni ed elettroni?

ESEMPIO 11.5 Uso della legge di Henry

A 0 °C, in una pressione di O₂ di 1,00 atm, la solubilità in acqua di O₂ è 4,03 mL di O₂ per litro. Qual è la solubilità di O₂ in una soluzione acquosa saturata quando l'O₂ è sotto la sua normale pressione parziale nell'aria (0,2095 atm)?

Analisi
Questo problema si può risolvere in due parti. (1) La determinazione della molarità della soluzione satura di O₂ a 0 °C e 1 atm. (2) Uso della legge di Henry nel modo indicato.

Soluzione
Si determina la molarità di O₂ a 0 °C quando P_{O₂} = 1 atm.

$$\text{molarità} = \frac{0,0403 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{22,4 \text{ L}}}{1 \text{ L soluzione}} = 2,18 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{litro}} = 2,18 \times 10^{-3} \text{ M}$$

Si valuta la costante della legge di Henry

$$k = \frac{C}{P} = \frac{2,18 \times 10^{-3} \text{ M}}{1,00 \text{ atm}}$$

Si applica la legge di Henry:

$$C = k \cdot P_{\text{O}_2} = 2,18 \times 10^{-3} \text{ M} \cdot 0,2095 \text{ atm} = 4,57 \times 10^{-4} \text{ M}$$

Verifica
Quando si affrontano problemi che coinvolgono soluti gassosi in una soluzione nella quale il soluto ha comportamento molto tenue, si usa la legge di Henry.

ESEMPIO PRATICO A. Usare i dati dell'Esempio 11.5 per determinare la pressione parziale di O₂ in una sua soluzione acquosa saturata a 0 °C, che contiene 5,00 mg di O₂ per 50,0 mL di soluzione.

ESEMPIO PRATICO B. In un contenitore la cui solubilità del monossido di carbonio in acqua a 0 °C è 1 atm di pressione, 0,020 mol di CO sono in O₂. Qual dovrebbe essere la pressione di CO₂ sopra la soluzione per ottenere una soluzione 0,0100 M di CO₂?

Esempi con gli Esempi pratici A e B

Esempi svolti in tutto il testo illustrano come applicare i concetti. In molti casi, è inclusa una fotografia o un disegno per aiutare gli studenti a visualizzare il problema. Per incoraggiare gli studenti ad adottare un approccio logico alla soluzione dei problemi, gli esempi ora seguono una struttura tripartita **Analisi-Soluzione-Verifica**.

Ad ogni Esempio svolto corrispondono **Esempi pratici**. Il primo, l'**Esempio pratico A**, permette di applicare il concetto in un problema molto simile all'Esempio svolto. Il secondo, l'**Esempio pratico B**, spesso porta lo studente un passo avanti rispetto all'Esempio svolto ed è simile in difficoltà ai problemi al termine del capitolo. Le risposte a tutti gli Esempi pratici sono riportate in Appendice E.

► Tra gli altri simboli atomici non basati su nomi inglesi ci sono Cu, Ag, Sn, Sb, Au e Hg.

Glosse a margine

Le **glosse a margine** aiutano a chiarire i punti importanti.

Note "Tieni presente"

Le note a margine **Tieni presente** ricordano agli studenti concetti introdotti in precedenza che sono importanti per la comprensione dell'argomento che viene in quel momento discusso. In alcuni casi, mettono in guardia contro errori comuni.

Vi potreste chiedere...

I riquadri **Vi potreste chiedere...** rispondono a domande che gli studenti spesso pongono. Alcuni servono a evitare pregiudizi errati, altri propongono analogie o spiegazioni alternative ad un concetto e altri ancora spiegano delle apparenti incoerenze nel materiale che gli studenti stanno studiando. Questi argomenti possono essere discussi o omessi a discrezione del docente.

Tieni presente
che tutto ciò che sappiamo è che il secondo ossido ha il doppio di ossigeno del primo. Se il primo è CO, le possibilità per il secondo sono CO₂, C₂O₂, C₃O₂, e così via. (Vedi anche l'Esercizio 18.)

1-1 VI POTRESTE CHIEDERE...
Perché è così importante attaccare le unità ad un numero?
Nel 1993 la NASA iniziò il programma Mars Surveyor per eseguire una serie di missioni di esplorazione su Marte. Nel 1995 vennero programmate due missioni, che sarebbero partite a fine 1998 ed inizio 1999. Le missioni vennero chiamate Mars Climate Orbiter (MCO) e Mars Polar Lander (MPL). MCO venne lanciato l'1 dicembre 1998, MPL il 3 gennaio 1999.

Gli **Esercizi di auto-verifica** sono progettati per aiutare gli studenti a ripassare e per prepararli ad alcuni tipi di domande che potrebbero trovare in quiz ed esami. Gli studenti possono usare queste domande per decidere se sono pronti per procedere al capitolo successivo o se è il caso di lavorare ancora un po' ai concetti del capitolo.

Esercizi di auto-verifica

77. Per le seguenti coppie di orbitali molecolari, indicare quello che si prevede abbia un'energia minore.
 $6d_{xy}$ o $7s$ $6d_{xy}$ o $7s$
 $6d_{xy}$ o $7s$ $6d_{xy}$ o $7s$

78. Ordinare di nuovo i seguenti orbitali molecolari in ordine di energia crescente. Spiega il tuo ragionamento.
 $6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$

79. Quali dei seguenti orbitali NON contengono legami π ?
 $6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$

80. Spiega perché la struttura molecolare di H_2O non può essere rappresentata direttamente con un'immagine di orbitale σ e π .

81. Perché l'ibridizzazione sp^3 non spiega il legame nella molecola H_2O ? Qual è il tipo di ibridizzazione che spiega il legame?

82. Quali dei seguenti orbitali $6d$ legami π nella molecola CH_3COOH ?

83. Quali delle seguenti specie sono paramagnetiche?
 $6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$. Quali specie ha il legame più forte?

84. Come si verificano i legami π negli orbitali molecolari di valenza per determinare quale delle seguenti specie avrà la più bassa energia di ionizzazione ($6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$).

85. Come si verificano i legami π negli orbitali molecolari di valenza per determinare quale delle seguenti specie avrà la più alta energia di ionizzazione ($6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$).

86. Per ciascuno dei seguenti tutti o multiple, decidere se si possa descrivere meglio la struttura con una singola orbitale di Lewis o con la struttura di risonanza ($6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$).

87. Disegnare la struttura di Lewis degli ioni NO_2^- e NO_2^+ , e determinare quale ha la geometria più alta energia di Lewis e con la struttura di risonanza ($6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$).

88. Disegnare la struttura di Lewis degli ioni NO_2^- e NO_2^+ , e determinare quale ha la geometria più alta energia di Lewis e con la struttura di risonanza ($6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$).

89. Disegnare la struttura di Lewis degli ioni NO_2^- e NO_2^+ , e determinare quale ha la geometria più alta energia di Lewis e con la struttura di risonanza ($6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$).

90. Disegnare la struttura di Lewis degli ioni NO_2^- e NO_2^+ , e determinare quale ha la geometria più alta energia di Lewis e con la struttura di risonanza ($6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$, $6d_{xy}$).

Appendici

Al termine del libro ci sono delle Appendici che forniscono informazioni importanti:

L'Appendice A riprende succintamente alcuni concetti di base sulle **Operazioni matematiche**.

L'Appendice B descrive concisamente **Alcuni concetti fisici** di base.

L'Appendice C riassume le convenzioni delle **Unità SI**.

L'Appendice D contiene 5 utili **Tabelle di dati**, tra cui la nuova Tabella D.5 Masse isotopiche e loro abbondanze.

L'Appendice E dà le **Risposte ai problemi pratici e a esercizi selezionati**.

L'Appendice F dà le **Risposte alle domande di verifica dei concetti**.

Per un agile riferimento, nella copertina interna ci sono la **Tavola periodica** e una **tabella degli elementi**.

Al termine del libro sono presentati anche **Selezione di costanti fisiche**, **Alcuni comuni fattori di conversione**, **Alcune utili formule geometriche** e **Collocazioni di dati importanti e di altre informazioni utili**.

RINGRAZIAMENTI PER L'UNDICESIMA EDIZIONE

Siamo grati ai seguenti docenti, che ci hanno aiutato revisionando alcune parti del manoscritto.

John Carran, *Queen's University*

Chin Li Cheung, *University of
Nebraska, Lincoln*

Jason Clyburne, *Saint Mary's
University*

David Dick, *College of the Rockies*

Randall S. Dumont, *McMaster
University*

Bryan Enderle, *University of
California, Davis*

David Fenske, *University of the Fraser
Valley*

Regina Frey, *Washington University,
St. Louis*

Assaf Friedler, *The Hebrew University
of Jerusalem*

Michael Gerken, *University of
Lethbridge*

Jason Grove, *University of Waterloo*

Lori Jones, *University of Guelph*

Muhammet Erkan Kose, *North Dakota
State University*

Masaru Kuno, *University of Notre
Dame*

Susan Lait, *University of Lethbridge*

Jeff Landry, *McMaster University*

Scott McIndoe, *University of Victoria*

George A. Papadantonakis,
University of Illinois, Chicago

Jay Shore, *South Dakota State
University*

Sarah West, *University of Notre Dame*

Todd Whitcombe, *University of
Northern British Columbia*

Milton J. Wieder, *Metropolitan State
College of Denver*

Vorremmo ringraziare in particolare i seguenti docenti, per aver controllato dal punto di vista tecnico alcuni dei capitoli della nuova edizione durante la sua produzione.

David Dick, *College of the Rockies*

Richard A. Marta, *University of
Waterloo*

Mark Quirie, *Algonquin College*

J. W. Sam Stevenson, *Marion Military
Institute*

AVVISO: Molte delle sostanze e delle reazioni chimiche descritte o rappresentate in questo libro sono pericolose. Non tentate alcun esperimento illustrato nel testo, a meno che non vi troviate in un laboratorio adeguato e sotto supervisione di un esperto.

RINGRAZIAMENTI PER LA DODICESIMA EDIZIONE

Pearson desidera ringraziare le seguenti persone per la dodicesima edizione:

Collaboratori

Nuriye Akbay, *İstanbul Medeniyet Üniversitesi*
Carl Brozek, *University of Oregon*
Anzel Falch, *North-West University*
Kaan Keçeci, *İstanbul Medeniyet Üniversitesi*
Kristján Matthíasson, *University of Iceland*
Lubomira Tosheva, *Manchester Metropolitan University*
Nor Saadah Mohd Yusof, *Universiti Malaya*

Revisori

Nuriye Akbay, *İstanbul Medeniyet Üniversitesi*
Joseph Bentley, *Delta State University*
James Brady, *Brisbane Met Labs*
Carl Brozek, *University of Oregon*
Kenneth Doxsee, *University of Oregon*
Anzel Falch, *North-West University*
Christopher Hendon, *University of Oregon*
Kaan Keçeci, *İstanbul Medeniyet Üniversitesi*
Jakob "SciFox" Lauth, *University of Applied Sciences, Aachen*
Kristján Matthíasson, *University of Iceland*
Jean Oyourou, *Eduvos*
Kenneth Ozoemena, *University of the Witwatersrand, Johannesburg*
Hamed Shahsavan, *University of Waterloo*
Katherine Stevens, *Utrecht University*
Yin Yin Teo, *Universiti Malaya*
Lubomira Tosheva, *Manchester Metropolitan University*
Angela Mai Yan Yuen, *The University of Hong Kong*
Nor Saadah Mohd Yusof, *Universiti Malaya*