

# Indice

*Autori e curatore* XV  
*Prefazione* XVI  
*Ringraziamenti dell'Editore* XVIII  
*Guida alla lettura* XIX

## Capitolo 1 | Le chiavi per lo studio della chimica

1

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <p><b>1.1</b> <b>Alcune definizioni fondamentali</b> 2</p> <p>Le proprietà della materia 2</p> <p>I tre stati di aggregazione della materia 4</p> <p>Il tema centrale della chimica 6</p> <p>L'importanza dell'energia nello studio della materia 6</p> <p><b>1.2</b> <b>Arti chimiche e origini della chimica moderna</b> 8</p> <p>Tradizioni prechimiche 8</p> <p>L'insuccesso della teoria del flogisto e l'influenza di Lavoisier 9</p> | <p><b>1.3</b> <b>Il metodo scientifico: costruzione di un modello</b> 11</p> <p><b>1.4</b> <b>Risoluzione dei problemi di chimica</b> 12</p> <p>Unità di misura e fattori di conversione impiegati nei calcoli 12</p> <p>Approccio sistematico alla risoluzione dei problemi di chimica 14</p> <p><b>1.5</b> <b>La misurazione nella scienza</b> 16</p> <p>Caratteristiche generali del Sistema Internazionale di Unità 16</p> | <p>Alcune unità SI importanti in chimica 16</p> <p><b>1.6</b> <b>Incertezza di misura: cifre significative</b> 23</p> <p>Determinazione delle cifre significative 24</p> <p>Come operare con le cifre significative nei calcoli 25</p> <p>Precisione, accuratezza e taratura degli strumenti 28</p> <p><b>LA CHIMICA NELLE ALTRE SCIENZE</b></p> <p><b>Risoluzione dei problemi di chimica nel mondo reale</b> 29</p> |
|---|--|---|

## Capitolo 2 | I componenti della materia

31

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <p><b>2.1</b> <b>Elementi, composti e miscele: uno sguardo d'insieme dal punto di vista atomico</b> 32</p> <p><b>2.2</b> <b>Le osservazioni che condussero a una concezione atomica della materia</b> 33</p> <p>Conservazione della massa 34</p> <p>Composizione definita e costante 34</p> <p>Proporzioni multiple 36</p> <p><b>2.3</b> <b>La teoria atomica di Dalton</b> 37</p> <p>Postulati della teoria atomica 37</p> <p>Come la teoria di Dalton spiega le leggi di massa 37</p> <p>Le masse relative degli atomi 37</p> <p><b>2.4</b> <b>Le osservazioni che condussero al modello nucleare dell'atomo</b> 38</p> <p>Scoperta dell'elettrone e delle sue proprietà 38</p> <p>Scoperta del nucleo atomico 40</p> | <p><b>2.5</b> <b>La teoria atomica odierna</b> 42</p> <p>Struttura dell'atomo 42</p> <p>Numero atomico, numero di massa e simbolo atomico 43</p> <p>Isotopi e masse atomiche degli elementi 43</p> <p>Un moderno riesame della teoria atomica 45</p> <p><b>2.6</b> <b>Gli elementi: un primo sguardo alla tavola periodica</b> 46</p> <p>Organizzazione della tavola periodica 46</p> <p><b>STRUMENTI DI LABORATORIO</b></p> <p><b>Spettrometria di massa</b> 47</p> <p>Classificare gli elementi 48</p> <p><b>2.7</b> <b>I composti: introduzione al legame chimico</b> 50</p> <p>La formazione di composti ionici 50</p> <p>Prevedere il numero di elettroni ceduti o acquistati 52</p> | <p>Formazione dei composti covalenti 53</p> <p>Ioni poliatomici: legami covalenti entro gli ioni 54</p> <p><b>2.8</b> <b>I composti: formule, nomi e masse</b> 54</p> <p>Tipi di formule chimiche 54</p> <p>La nomenclatura 54</p> <p>Sostanze elementari 55</p> <p>Composti ionici binari 55</p> <p>Nomi e formule dei composti covalenti binari 61</p> <p>Deduzione delle masse molecolari dalle formule chimiche 63</p> <p><b>2.9</b> <b>Le miscele: classificazione e separazione</b> 64</p> <p><b>SCHEDA DI APPROFONDIMENTO</b></p> <p><b>Rappresentazione delle molecole</b> 65</p> <p><b>STRUMENTI DI LABORATORIO</b></p> <p><b>Tecniche di separazione fondamentali</b> 68</p> |
|---|---|--|

## Capitolo 3 | Stechiometria: relazioni quantità-massa-numero nei sistemi chimici

70

- 3.1 La mole 70**  
 Definizione della mole 71  
 Massa molare 72  
 Interconversione di quantità di sostanza, massa e numero di entità chimiche 73  
 Percentuale in massa ottenuta dalla formula chimica 76
- 3.2 Determinazione della formula di un composto sconosciuto 78**  
 Formule empiriche 78
- Formule molecolari 79  
 Analisi per combustione 81  
 Formule chimiche e strutture delle molecole 82
- 3.3 Scrittura e bilanciamento delle equazioni chimiche 84**
- 3.4 Calcolo delle quantità di reagenti e di prodotti 88**
- Rapporti molari stechiometricamente equivalenti ottenuti dall'equazione bilanciata 89  
 Reazioni chimiche in sequenza 91  
 Reazioni chimiche a cui partecipa un reagente limitante 93  
 Reazioni chimiche in pratica: resa teorica, resa effettiva e resa percentuale 95

## Capitolo 4 | Le principali classi di reazioni chimiche

99

- 4.1 Il ruolo dell'acqua come solvente 99**  
 Il carattere polare dell'acqua 100  
 Composti ionici in acqua 100  
 Elettroliti e conducibilità elettrica 101
- 4.2 Fondamenti di stechiometria delle reazioni in soluzione 104**  
 Espressione delle concentrazioni in termini di molarità 104  
 Conversioni quantità-massa-numero che implicano soluzioni 105  
 Preparazione e diluizione di soluzioni molari 106  
 Stechiometria delle reazioni chimiche in soluzione 109
- 4.3 Scrittura delle equazioni per le reazioni ioniche in soluzione acquosa 111**
- 4.4 Reazioni di precipitazione 113**  
 La forza motrice di una reazione di precipitazione 113  
 Come prevedere se una reazione avverrà o no 113
- 4.5 Reazioni acido-base 115**  
 La forza motrice e la trasformazione netta: formazione di  $\text{H}_2\text{O}$  a partire da  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$  115  
 Titolazioni acido-base 117  
 Reazioni acido-base come processi di trasferimento protonico 118
- 4.6 Reazioni di ossidoriduzione (reazioni redox) 121**  
 La forza motrice per i processi redox 121  
 Terminologia essenziale delle reazioni redox 122  
 Impiego dei numeri di ossidazione per monitorare il movimento di carica elettronica 122  
 Bilanciamento delle equazioni redox 125  
 Titolazioni redox 127
- 4.7 Sostanze elementari nelle reazioni redox 129**
- 4.8 Reazioni reversibili: un'introduzione all'equilibrio chimico 136**

**Capitolo 5 | I gas e la teoria cinetica dei gas****140**

- 5.1** Uno sguardo d'insieme agli stati fisici della materia 140
- 5.2** Pressione di un gas e sua misurazione 142  
Dispositivi di laboratorio per misurare la pressione di un gas 143  
Unità di misura della pressione 145
- 5.3** Le leggi dei gas e le loro basi sperimentali 146  
La relazione tra volume e pressione: la legge di Boyle 146  
La relazione tra volume e temperatura: la legge di Charles 148  
La relazione tra volume e quantità: la legge di Avogadro 149
- Comportamento di un gas in condizioni normali di temperatura e pressione 150  
L'equazione di stato dei gas perfetti 151  
Risoluzione dei problemi sulle leggi dei gas 152
- 5.4** Ulteriori applicazioni dell'equazione di stato dei gas perfetti 155  
Densità di un gas 155  
Massa molare di un gas 157  
La pressione parziale di un gas in una miscela di gas 158  
Equazione di stato dei gas perfetti e stechiometria delle reazioni 161
- 5.5** La teoria cinetica dei gas: modello del comportamento dei gas 163
- Come la teoria cinetica dei gas spiega le leggi dei gas 163  
L'importanza dell'energia cinetica 167  
Effusione e diffusione 169  
Il mondo caotico dei gas: cammino libero medio e frequenza degli urti 171
- LA CHIMICA NELLE ALTRE SCIENZE**  
Chimica nella scienza planetaria 172
- 5.6** I gas reali: deviazioni dal comportamento dei gas perfetti 175  
Effetti di condizioni estreme sul comportamento dei gas 175  
L'equazione di van der Waals: l'equazione di stato dei gas perfetti corretta 177

**Capitolo 6 | Termochimica: flusso di energia e trasformazioni chimiche****180**

- 6.1** Forme di energia e loro interconversione 181  
Il sistema e l'ambiente 181  
Flusso di energia dall'esterno all'interno di un sistema e viceversa 182  
Calore e lavoro: due forme di trasferimento di energia 182  
Il principio di conservazione dell'energia 184  
Unità di misura dell'energia 185  
Funzioni di stato e indipendenza della variazione di energia dal cammino percorso 186
- 6.2** Entalpia: calori di reazione e trasformazioni chimiche 187  
Significato dell'entalpia 187  
Confronto tra  $\Delta E$  e  $\Delta H$  188  
Processi esotermici ed endotermici 188  
Alcuni tipi importanti di variazione dell'entalpia 190
- 6.3** Calorimetria: misura dei calori di reazione in laboratorio 190  
Calore specifico 190  
I due principali tipi di calorimetria 192
- 6.4** Stechiometria delle equazioni termochimiche 194
- 6.5** Legge di Hess dell'additività delle variazioni di entalpia 196
- 6.6** Calori standard di reazione ( $\Delta H_r^0$ ) 198  
Equazioni di formazione e loro variazioni standard di entalpia 198  
Determinazione di  $\Delta H_r^0$  a partire dai valori di  $\Delta H_f^0$  dei reagenti e dei prodotti 199
- LA CHIMICA NELLE ALTRE SCIENZE**  
Chimica nelle scienze ambientali 201

**Capitolo 7 | Teoria quantistica e struttura atomica****207**

- 7.1 Natura della luce 208**  
 Natura ondulatoria della luce 208  
 Natura particellare della luce 212
- 7.2 Spettri atomici 215**  
 Il modello di Bohr dell'atomo di idrogeno 216  
 Limitazioni del modello di Bohr 217  
 Gli stati energetici dell'atomo di idrogeno 218

- STRUMENTI DI LABORATORIO**  
**Spettrofotometria nell'analisi chimica 220**
- 7.3 Il dualismo onda-particella di materia ed energia 222**  
 Natura ondulatoria degli elettroni e natura particellare dei fotoni 222  
 Il principio di indeterminazione di Heisenberg 225

- 7.4 Il modello quantomeccanico dell'atomo 226**  
 L'orbitale atomico e la posizione probabile dell'elettrone 226  
 Numeri quantici di un orbitale atomico 228  
 Forme degli orbitali atomici 231  
 Livelli energetici dell'atomo di idrogeno 234

**Capitolo 8 | Configurazione elettronica e periodicità chimica****236**

- 8.1 Sviluppo della tavola periodica 237**
- 8.2 Caratteristiche degli atomi polielettronici 238**  
 Il numero quantico di spin elettronico 238  
 Il principio di esclusione 239  
 Effetti elettrostatici e separazione (splitting) dei livelli energetici 239
- 8.3 Il modello quantomeccanico e la tavola periodica 243**  
 Costruzione dei Periodi 1 e 2 243

- Costruzione del Periodo 3 246  
 Configurazioni elettroniche entro i gruppi 247  
 La prima serie di transizione con riempimento degli orbitali *d*: costruzione del Periodo 4 248  
 Principi generali delle configurazioni elettroniche 249  
 Schemi complessi: gli elementi di transizione e gli elementi di transizione interna 251

- 8.4 Tendenze in alcune proprietà atomiche periodiche essenziali 253**  
 Tendenze nel raggio atomico 253  
 Tendenze nell'energia di ionizzazione 256  
 Tendenze nell'affinità elettronica 260
- 8.5 La connessione tra struttura atomica e reattività chimica 261**  
 Tendenze nel comportamento metallico 261  
 Proprietà degli ioni monoatomici 264

**Capitolo 9 | Modelli del legame chimico****271**

- 9.1 Proprietà atomiche e legami chimici 271**  
 I tre tipi di legame chimico 272  
 Simboli di Lewis: rappresentazione degli atomi nei legami chimici 273
- 9.2 Il modello del legame ionico 274**  
 Considerazioni energetiche nella formazione del legame ionico: l'importanza dell'energia reticolare 275  
 Tendenze periodiche nell'energia reticolare 278  
 Come il modello spiega le proprietà dei composti ionici 279

- 9.3 Il modello del legame covalente 281**  
 La formazione di un legame covalente 281  
 Le proprietà del legame covalente: ordine, energia e lunghezza di legame 282  
 Come il modello spiega le proprietà dei composti covalenti 285
- 9.4 Variazioni delle forze di legame: da dove proviene il calore di reazione? 287**
- 9.5 Tra i due estremi: elettronegatività e polarità di legame 291**  
 Elettronegatività 291  
 Legami covalenti polari e polarità di legame 293

- Il carattere ionico parziale dei legami covalenti polari 294  
 Il continuo di legame lungo un periodo 295

**STRUMENTI DI LABORATORIO**  
**Spettroscopia infrarossa 296**

- 9.6 Introduzione al legame metallico 298**  
 Il modello del mare di elettroni 298  
 Come il modello spiega le proprietà dei metalli 298

## Capitolo 10 | Le forme delle molecole

301

### 10.1 Rappresentazione delle molecole e degli ioni con strutture di Lewis 301

Impiego della regola dell'ottetto per scrivere le strutture di Lewis 302

Risonanza: legame a coppie di elettroni delocalizzate 306

Carica formale: scelta della migliore struttura di risonanza 308

Strutture di Lewis per le eccezioni alla regola dell'ottetto 310

### 10.2 Teoria VSEPR (Valence-Shell Electron-Pair Repulsion, repulsione tra le coppie di elettroni del guscio di valenza) e forma molecolare 313

Disposizioni dei gruppi di elettroni e forme molecolari 313

La forma molecolare con due gruppi di elettroni (disposizione lineare) 314

Forme molecolari con tre gruppi di elettroni (disposizione planare trigonale) 314

Forme molecolari con quattro gruppi di elettroni (disposizione tetraedrica) 316

Forme molecolari con cinque gruppi di elettroni (disposizione bipiramidale trigonale) 317

Forme molecolari con sei gruppi di elettroni (disposizione ottaedrica) 318

Impiego della teoria VSEPR per determinare la forma molecolare 319

Forme molecolari con più di un atomo centrale 322

### 10.3 Forma molecolare e polarità molecolare 323

Polarità di legame, angolo di legame e momento di dipolo 324

L'effetto della polarità molecolare sul comportamento fisico 325

### LA CHIMICA NELLE ALTRE SCIENZE

Chimica nelle scienze biologiche 326

### SCHEDE DI APPROFONDIMENTO

Bellezza molecolare: forme strane con funzioni utili 328

## Capitolo 11 | Teorie del legame covalente

330

### 11.1 La teoria del legame di valenza (teoria VB) e l'ibridazione degli orbitali 330

I temi centrali della teoria VB 331

Tipi di orbitali ibridi 332

### 11.2 Il modo di sovrapposizione degli orbitali e i tipi di legami covalenti 338

La trattazione VB dei legami singoli e multipli 338

Sovrapposizione di orbitali e rotazione molecolare 341

### 11.3 Teoria degli orbitali molecolari (teoria MO) e delocalizzazione elettronica 341

I temi centrali della teoria MO 342

Molecole biatomiche omonucleari di elementi del Periodo 2 345

Descrizione di alcune molecole biatomiche eteronucleari con la teoria MO 350

Descrizione dell'ozono e del benzene con la teoria MO 351

**Capitolo 12 | Forze intermolecolari: liquidi, solidi e transizioni di fase****354**

- 12.1** Uno sguardo d'insieme agli stati fisici e alle transizioni di fase 355
- 12.2** Aspetti quantitativi delle transizioni di fase 357  
Calore assorbito o rilasciato nelle transizioni di fase: un approccio cinetico 358  
Le transizioni di fase come processi di equilibrio dinamico 360  
Diagrammi di fase: l'effetto della temperatura e della pressione sullo stato fisico 365
- 12.3** Tipi di forze intermolecolari 367  
Forze ione-dipolo 368  
Forze dipolo-dipolo 368  
Il legame idrogeno 369  
Polarizzabilità e forze carica-dipolo indotto 371
- Forze di dispersione (forze di London) 372
- 12.4** Proprietà dello stato liquido 374  
Tensione superficiale 375  
Capillarità 375  
Viscosità 376
- 12.5** L'unicità dell'acqua 377  
Proprietà solventi dell'acqua 377  
Proprietà termiche dell'acqua 377
- SCHEDA DI APPROFONDIMENTO**  
**Proprietà dei liquidi** 378  
Proprietà di superficie dell'acqua 379  
La densità dell'acqua solida e liquida 379
- 12.6** Lo stato solido: struttura, proprietà e legami 381
- Caratteristiche strutturali dei solidi 381  
Tipi di solidi cristallini e loro proprietà 386
- STRUMENTI DI LABORATORIO**  
**Analisi per diffrazione di raggi X e microscopia elettronica a scansione a effetto tunnel** 388  
Solidi amorfi 391  
Legami nei solidi: teoria delle bande di orbitali molecolari 392
- 12.7** Materiali avanzati 395  
Materiali elettronici 395  
Cristalli liquidi 397  
Materiali ceramici 401  
Materiali polimerici 404  
Nanotecnologia: progettazione di materiali atomo per atomo 409

**Capitolo 13 | Le proprietà delle miscele: soluzioni e colloidi****412**

- 13.1** Tipi di soluzioni: forze intermolecolari e previsione della solubilità 413  
Forze intermolecolari nelle soluzioni 413  
Soluzioni liquide e ruolo della polarità molecolare 415  
Soluzioni gassose e soluzioni solide 417
- 13.2** Forze intermolecolari e macromolecole biologiche 418  
Le strutture delle proteine 419  
La doppia polarità di saponi, membrane e antibiotici 421  
La struttura del DNA 423
- 13.3** Variazioni di energia nel processo di dissoluzione 424
- Calori di soluzione e cicli di dissoluzione 424  
Calori di idratazione: solidi ionici in acqua 425  
Il processo di dissoluzione e la variazione di entropia 427
- 13.4** La solubilità come processo di equilibrio 428  
Effetto della temperatura sulla solubilità 429  
Effetto della pressione sulla solubilità 431
- 13.5** Espressioni quantitative della concentrazione 432  
Molarità e molalità 433  
Parti di soluto per parti di soluzione 434  
Conversione delle unità di concentrazione 436
- 13.6** Proprietà colligative delle soluzioni 437
- Proprietà colligative delle soluzioni di non elettroliti non volatili 438  
Impiego delle proprietà colligative per determinare la massa molare del soluto 444  
Proprietà colligative delle soluzioni di non elettroliti volatili 445  
Proprietà colligative delle soluzioni di elettroliti forti 446
- SCHEDA DI APPROFONDIMENTO**  
**Proprietà colligative nell'industria e in biologia** 448
- 13.7** Struttura e proprietà dei colloidi 451  
**LA CHIMICA NELLE ALTRE SCIENZE**  
**Chimica nell'ingegneria sanitaria** 453

**Uno sguardo d'insieme alle proprietà degli elementi****457**

## Capitolo 14 | Andamenti periodici negli elementi dei gruppi principali: legami, strutture, reattività

468

### 14.1 L'idrogeno, l'atomo più semplice 468

Dove si colloca l'idrogeno nella tavola periodica? 469  
Punti salienti della chimica dell'idrogeno 469

### 14.2 Tendenze attraverso la tavola periodica: gli elementi del Periodo 2 470

Il comportamento anomalo degli elementi del Periodo 2 471

#### RITRATTO DI FAMIGLIA

Gruppo 1A(1): i metalli alcalini 474

### 14.3 Gruppo 1A(1): i metalli alcalini 475

Perché i metalli alcalini sono teneri, bassofondenti e leggeri? 476  
Perché i metalli alcalini sono così reattivi? 476

### 14.4 Gruppo 2A(2): i metalli alcalino-terrosi 477

Un confronto tra le proprietà fisiche dei metalli alcalino-terrosi e quelle dei metalli alcalini 477  
Un confronto tra le proprietà chimiche dei metalli alcalino-terrosi e quelle dei metalli alcalini 477

#### RITRATTO DI FAMIGLIA

Gruppo 2A(2): i metalli alcalino-terrosi 478

Relazioni diagonali: litio e magnesio 479

### 14.5 Gruppo 3A(13): la famiglia del boro 479

#### RITRATTO DI FAMIGLIA

Gruppo 3A(13): la famiglia del boro 480

In che modo gli elementi di transizione influenzano le proprietà del Gruppo 3A(13)? 481

Quali nuove caratteristiche compaiono nelle proprietà chimiche del Gruppo 3A(13)? 482

Punti salienti della chimica del boro 483

Relazioni diagonali: berillio e alluminio 485

### 14.6 Gruppo 4A(14): la famiglia del carbonio 485

In che modo il legame in un elemento influenza le proprietà fisiche? 485  
Come cambia il tipo di legame nei composti degli elementi del Gruppo 4A(14)? 487

Punti salienti della chimica del carbonio 487

#### RITRATTO DI FAMIGLIA

Gruppo 4A(14): la famiglia del carbonio 488

Punti salienti della chimica del silicio 490

#### SCHEMA

#### DI APPROFONDIMENTO

Minerali silicatici e polimeri siliconici 492

Relazioni diagonali: boro e silicio 494

### 14.7 Gruppo 5A(15): la famiglia dell'azoto 494

Che cosa spiega l'ampio spettro di comportamento fisico nel Gruppo 5A(15)? 494

Quali andamenti regolari si osservano nel comportamento chimico degli elementi del Gruppo 5A(15)? 495

#### RITRATTO DI FAMIGLIA

Gruppo 5A(15): la famiglia dell'azoto 496

Punti salienti della chimica dell'azoto 497

Punti salienti della chimica del fosforo: ossidi e ossiacidi 500

### 14.8 Gruppo 6A(16): la famiglia dell'ossigeno 502

Un confronto tra le proprietà fisiche della famiglia dell'ossigeno e della famiglia dell'azoto 502

#### RITRATTO DI FAMIGLIA

Gruppo 6A(16): la famiglia dell'ossigeno 503

Un confronto tra le proprietà chimiche della famiglia dell'ossigeno e della famiglia dell'azoto 504

Punti salienti della chimica dell'ossigeno: lo spettro di proprietà degli ossidi 506

Punti salienti della chimica dello zolfo: ossidi, ossiacidi e solfuri 506

### 14.9 Gruppo 7A(17): gli alogeni 508

Che cosa spiega i cambiamenti regolari nelle proprietà degli alogeni? 508  
Perché gli alogeni sono così reattivi? 508  
Punti salienti della chimica degli alogeni 509

#### RITRATTO DI FAMIGLIA

Gruppo 7A(17): gli alogeni 510

### 14.10 Gruppo 8A(18): i gas nobili 514

Proprietà fisiche dei gas nobili 514  
In che modo i gas nobili riescono a formare composti? 514

#### RITRATTO DI FAMIGLIA

Gruppo 8A(18): i gas nobili 515

## Capitolo 15 | Composti organici e proprietà atomiche del carbonio

web



## Capitolo 16 | Cinetica chimica: velocità e meccanismi delle reazioni chimiche

518

- 16.1** I fattori che influenzano la velocità di reazione 519
- 16.2** Espressione della velocità di reazione 521  
Velocità media, istantanea e iniziale di una reazione 522  
Espressione della velocità di reazione in funzione delle concentrazioni dei reagenti e dei prodotti 523
- STRUMENTI DI LABORATORIO**  
Misura delle velocità di reazione 526
- 16.3** La legge cinetica di reazione e le sue componenti 526  
Determinazione della velocità iniziale di reazione 528  
Terminologia degli ordini di reazione 528  
Determinazione degli ordini di reazione 530  
Determinazione della costante di velocità 532
- 16.4** Leggi cinetiche integrate: la concentrazione varia nel tempo 534  
Leggi cinetiche integrate per reazioni del primo ordine, del secondo ordine e di ordine zero 534  
Determinazione dell'ordine di reazione in base alla legge cinetica integrata 536  
Tempo di dimezzamento di una reazione 536
- 16.5** L'effetto della temperatura sulla velocità di reazione 539
- 16.6** Spiegazione degli effetti della concentrazione e della temperatura 542  
Teoria delle collisioni: basi della legge cinetica 542  
Teoria dello stato di transizione: natura molecolare dello stato attivato 545
- 16.7** Meccanismi di reazione: stadi nella reazione complessiva 548
- Reazioni elementari e moleolarità 549  
Lo stadio determinante la velocità di un meccanismo di reazione 550  
Correlazione del meccanismo di reazione con la legge cinetica 551
- 16.8** Catalisi: accelerazione di una reazione chimica 554  
Catalisi omogenea 555  
Catalisi eterogenea 556  
Cinetica e azione dei catalizzatori biologici 557
- LA CHIMICA NELLE ALTRE SCIENZE**  
Chimica nella scienza atmosferica 558
- SCHEMA DI APPROFONDIMENTO**  
Derivazione analitica delle leggi cinetiche integrate 560

## Capitolo 17 | L'equilibrio: l'entità delle reazioni chimiche

564

- 17.1** Natura dinamica dello stato di equilibrio 565
- 17.2** Il quoziente di reazione e la costante di equilibrio 567  
Il valore variabile del quoziente di reazione 567  
Scrittura del quoziente di reazione 568  
Variazioni della forma del quoziente di reazione 571
- 17.3** Espressione degli equilibri con termini di pressione: relazione tra  $K_c$  e  $K_p$  574
- 17.4** Direzione di una reazione: confronto di  $Q$  e  $K$  576
- 17.5** Come si risolvono i problemi di equilibrio 577  
Uso delle quantità per determinare la costante di equilibrio 577  
Uso della costante di equilibrio per determinare le grandezze 580
- 17.6** Condizioni di reazione e stato di equilibrio: principio di Le Châtelier 586  
L'effetto di una variazione della concentrazione 587
- L'effetto di una variazione della pressione (del volume) 590  
L'effetto di una variazione della temperatura 591  
L'assenza di effetto di un catalizzatore 593
- LA CHIMICA NELLE ALTRE SCIENZE**  
Chimica nella produzione industriale 594
- LA CHIMICA NELLE ALTRE SCIENZE**  
Chimica nelle scienze biologiche 596



## Capitolo 18 | Equilibri acido-base

598

- 18.1 Acidi e basi in acqua 599**  
 Rilascio di protone o di ione idrossido e definizione di Arrhenius di acidi e basi 600  
 Variazione della forza degli acidi: la costante di dissociazione acida ( $K_a$ ) 600  
 Classificazione delle forze relative degli acidi e delle basi 604
- 18.2 Trasferimento protonico e definizione di acidi e basi secondo Brønsted-Lowry 604**  
 La coppia coniugata acido-base 606  
 Forza relativa di acidi e basi e direzione netta di reazione 607
- 18.3 Autoionizzazione dell'acqua e scala del pH 609**  
 Il carattere di equilibrio dell'autoionizzazione: il prodotto ionico dell'acqua ( $K_w$ ) 609  
 Espressione della concentrazione dello ione idronio: la scala del pH 611
- 18.4 Calcolo del pH di soluzioni di acidi e basi forti 614**
- 18.5 Risoluzione di problemi che implicano equilibri coinvolgenti acidi deboli 615**  
 Determinazione di  $K_a$  date le concentrazioni 616  
 Determinazione delle concentrazioni data  $K_a$  617  
 L'effetto della concentrazione sull'entità della dissociazione di un acido 618  
 Il comportamento degli acidi poliprotici 620
- 18.6 Le basi deboli e la loro relazione con gli acidi deboli 623**  
 Molecole come basi deboli: ammoniaca e ammine 623  
 Anioni di acidi deboli come basi deboli 626  
 La relazione tra  $K_a$  e  $K_b$  di una coppia coniugata acido-base 627
- 18.7 Proprietà molecolari e forza di un acido 629**  
 Tendenze della forza acida degli idruri non metallici 629
- Tendenze della forza acida negli ossiacidi 629  
 Acidità degli ioni metallici idrati 630
- 18.8 Proprietà acido-base delle soluzioni saline 631**  
 Sali che producono soluzioni neutre 632  
 Sali che producono soluzioni acide 632  
 Sali che producono soluzioni basiche 633  
 Sali di cationi debolmente acidi e di anioni debolmente basici 634
- 18.9 Generalizzazione del concetto di Brønsted-Lowry: l'effetto di livellamento 635**
- 18.10 Donazione di coppie di elettroni e definizione di acidi e basi secondo Lewis 636**  
 Molecole come acidi di Lewis 637  
 Cationi metallici come acidi di Lewis 638  
 Uno sguardo d'insieme alle definizioni di acidi e basi 639

## Capitolo 19 | Equilibri ionici in soluzione acquosa

641

- 19.1 Equilibri dei sistemi tampone acido-base 641**  
 Come funziona un tampone: l'effetto ione a comune 642  
 L'equazione di Henderson-Hasselbalch 647  
 Potere tamponante e campo di tamponamento 648  
 Preparazione di un tampone 649
- 19.2 Curve di titolazione acido-base 651**  
 Monitorare il pH con indicatori acido-base 651  
 Curve di titolazione acido forte-base forte 652  
 Curve di titolazione acido debole-base forte 654  
 Curve di titolazione base debole-acido forte 658
- Curve di titolazione per acidi poliprotici 658  
 Amminoacidi come acidi poliprotici biologici 659
- 19.3 Equilibri di composti ionici poco solubili 660**  
 L'espressione del prodotto ionico ( $Q_{ps}$ ) e la costante prodotto di solubilità ( $K_{ps}$ ) 661  
 Calcoli riguardanti la costante prodotto di solubilità 662  
 L'effetto di uno ione a comune sulla solubilità 665  
 L'effetto del pH sulla solubilità 666  
 Predire la formazione di un precipitato:  $Q_{ps}$  e  $K_{ps}$  667
- Separazione di ioni attraverso precipitazione selettiva ed equilibri simultanei 668
- 19.4 Equilibri degli ioni complessi 670**  
 Formazione degli ioni complessi 670  
 Ioni complessi e solubilità 672  
 Ioni complessi di idrossidi anfoteri 674
- LA CHIMICA NELLE ALTRE SCIENZE**  
 Chimica nelle scienze ambientali 676  
**LA CHIMICA NELLE ALTRE SCIENZE**  
 Chimica in geologia 678

## Capitolo 20 | Termodinamica: entropia, energia libera e direzione delle reazioni chimiche

682

- 20.1 Seconda legge della termodinamica: prevedere una trasformazione spontanea** 683  
 Limitazioni della prima legge della termodinamica 683  
 Il segno di  $\Delta H$  non permette di prevedere una trasformazione spontanea 684  
 Libertà di moto delle particelle e dispersione della loro energia 685  
 Entropia e numero di microstati 686  
 Entropia e seconda legge della termodinamica 690  
 Entropie molari standard e terza legge della termodinamica 690  
 Previsione dei valori relativi di  $S^\circ$  di un sistema 691

- 20.2 Calcolo della variazione di entropia di una reazione** 694  
 Variazioni di entropia nel sistema: l'entropia standard di una reazione ( $\Delta S_r^\circ$ ) 694  
 Variazioni di entropia dell'ambiente: l'altra parte del totale 696  
 La variazione di entropia e lo stato di equilibrio 698  
 Reazioni spontanee esotermiche ed endotermiche: un riepilogo 698

### LA CHIMICA NELLE ALTRE SCIENZE

Chimica in biologia 699

- 20.3 Entropia, energia libera e lavoro** 701  
 Variazione di energia libera e spontaneità di una reazione 701

Calcolare le variazioni di energia libera standard 702  
 $\Delta G$  e lavoro che un sistema può compiere 704  
 L'effetto della temperatura sulla spontaneità di una reazione 705  
 Accoppiamento di reazioni per favorire una trasformazione non spontanea 708

- 20.4 Energia libera, equilibrio e direzione di una reazione** 708

### LA CHIMICA NELLE ALTRE SCIENZE

Chimica e scienze biologiche 710

**SCHEDE DI APPROFONDIMENTO**  
 Termodinamica ed equilibri 711

## Capitolo 21 | Elettrochimica: variazioni chimiche e lavoro elettrico

716

- 21.1 Reazioni redox e celle elettrochimiche** 717  
 Riepilogo dei concetti sulle ossidoriduzioni 717  
 Bilanciamento delle reazioni redox con il metodo delle semireazioni 718  
 Celle elettrochimiche 722
- 21.2 Celle voltaiche: utilizzare reazioni spontanee per produrre energia elettrica** 723  
 Costruzione e funzionamento di una cella voltaica 723  
 Rappresentazione di una cella voltaica 726  
 Perché funziona una cella voltaica? 727
- 21.3 Potenziale di cella: l'"output" di una cella voltaica** 728  
 Potenziali standard di cella 729

Forza relativa di agenti ossidanti e riducenti 731

- 21.4 Energia libera e lavoro elettrico** 737  
 Potenziale standard di cella e costante di equilibrio 737  
 L'effetto della concentrazione sul potenziale di cella 739  
 Potenziale di cella e relazione tra  $Q$  e  $K$  741  
 Celle a concentrazione 742

- 21.5 Celle elettrolitiche: utilizzare energia elettrica per far avvenire una reazione non spontanea** 745  
 Costruzione e funzionamento di una cella elettrolitica 745  
 Previsione dei prodotti di elettrolisi 747

La stechiometria dell'elettrolisi: relazione tra quantità di carica e prodotto 751

- 21.6 Processi elettrochimici nelle batterie** 753  
 Batterie primarie (non ricaricabili) 753  
 Batterie secondarie (ricaricabili) 755  
 Celle a combustibile 756
- LA CHIMICA NELLE ALTRE SCIENZE**  
 Chimica e scienze biologiche 758

- 21.7 Corrosione: un caso di elettrochimica ambientale** 760  
 La corrosione del ferro 760  
 Protezione del ferro dalla corrosione 761

**Capitolo 22 | Gli elementi in natura e nell'industria****764****22.1 Gli elementi in natura 765**

La struttura della Terra  
e l'abbondanza naturale  
degli elementi 765  
Fonti degli elementi 769

**22.2 I cicli degli elementi nell'ambiente 770**

Il ciclo del carbonio 770  
Il ciclo dell'azoto 772  
Il ciclo del fosforo 773

**22.3 Metallurgia: estrarre un metallo dal suo minerale 776**

Pretrattare il minerale 776  
Convertire il minerale  
nell'elemento 777  
Raffinazione e formazione  
di leghe 780

**22.4 Trivellando la crosta: isolamento e uso di alcuni elementi 782**

Produzione dei metalli alcalini:  
sodio e potassio 782

Gli indispensabili tre: ferro,  
rame e alluminio 784  
Estrarre il magnesio  
dal mare 790  
Fonti e usi dell'idrogeno 791

**22.5 L'industria chimica: due casi studio 794**

L'acido solforico,  
il composto chimico più  
importante 794  
Il processo cloro-soda 796

**Capitolo 23 | Reazioni nucleari e loro applicazioni****web****Appendice A | Operazioni matematiche di uso comune in chimica****801****Appendice B | Valori termodinamici standard per sostanze selezionate a 298 K****806****Appendice C | Costanti di equilibrio a 298 K****809****Appendice D | Potenziali elettrodi (di semicella) standard a 298 K****812****Appendice E | Dati e informazioni utili****813****Appendice F | Tavola periodica degli elementi****814****Appendice G | Gli elementi****815****Indice analitico 817****Eserciziario E1**