

II edizione

# Chimica e Propedeutica Biochimica

F.A. Bettelheim  
W.H. Brown  
M.K. Campbell  
S.O. Farrell  
O.J. Torres





# Chimica e Propedeutica Biochimica

II EDIZIONE

**Frederick A. Bettelheim**

**William H. Brown**

*Beloit College*

**Mary K. Campbell**

*Mount Holyoke College*

**Shawn O. Farrell**

*Olympic Training Center*

**Omar J. Torres**

*College of the Canyons*



*Titolo originale:*

F.A. Bettelheim, W.H. Brown, M.K. Campbell, S.O. Farrell. O.J. Torres  
Introduction to General, Organic, and Biochemistry  
Copyright © 2013, 2010, X Edizione, Brooks/Cole

Chimica e Propedeutica Biochimica - II Ed.  
Copyright © 2014, 2012 EdiSES srl – Napoli

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0  
2018 2017 2016 2015 2014

*Le cifre sulla destra indicano il numero e l'anno dell'ultima ristampa effettuata.*

*A norma di legge è vietata la riproduzione, anche parziale, del presente volume o di parte di esso con qualsiasi mezzo.*

L'Editore

Stampato presso la  
Tipolitografia Petruzzi Corrado & Co. s.n.c.  
Zona Ind. Regnano – Città di Castello (PG)

per conto della  
EdiSES srl – Piazza Dante, 89 - Napoli

<http://www.edises.it> e-mail: [info@edises.it](mailto:info@edises.it)

ISBN 978-88-7959-841-5

# Autori

*Edizione italiana a cura di:*

**Antonino Bono**

Università di Palermo

**Mariarita Bertoldi**

Università di Verona

**Marcella Cammarota**

Seconda Università di Napoli

**Donatella Cimini**

Seconda Università di Napoli

**Massimiliano Coletta**

Università di Roma Tor Vergata

**Antonella D'Agostino**

Seconda Università di Napoli

**Paola D'Arrigo**

Politecnico di Milano

**Gianluca Damonte**

Università di Genova

**Mario De Rosa**

Seconda Università di Napoli

**Francesca Di Gaudio**

Università di Palermo

**Dario Finazzi**

Università di Brescia

**Monica Galliano**

Università di Pavia

**Mariateresa Giuliano**

Seconda Università di Napoli

**Annalisa La Gatta**

Seconda Università di Napoli

**Gianfranco Liut**

Università di Trieste

**Oriano Marin**

Università di Padova

**Stefano Marini**

Università di Roma Tor Vergata

**Flavio Meggio**

Università di Padova

**Lorenzo Minchiotti**

Università di Pavia

**Francesco Peri**

Università di Milano Bicocca

**Odile Francesca Restaino**

Seconda Università di Napoli

**Roberto Santucci**

Università di Roma Tor Vergata

**Stefania Sarno**

Università di Padova

**Chiara Schiraldi**

Seconda Università di Napoli

**Alberto Spisni**

Università di Parma

**Giuseppe Zanotti**

Università di Padova

*Revisione a cura di:*

**Massimiliano Coletta, Stefano Marini, Roberto Santucci** Università di Roma Tor Vergata

**Antonio Dello Russo** Università di Napoli Federico II

**Lorenzo Minchiotti** Università di Pavia

**Giuseppe Zanotti** Università di Padova

# Indice dei contenuti

## Chimica generale

- Capitolo 1** Materia, energia e sistemi di misura 1
- Capitolo 2** Atomi 31
- Capitolo 3** Legami chimici 70
- Capitolo 4** Reazioni chimiche 112
- Capitolo 5** Gas, liquidi e solidi 144
- Capitolo 6** Soluzioni e colloidali 181
- Capitolo 7** Velocità di reazione ed equilibrio chimico 214
- Capitolo 8** Acidi e basi 243
- Capitolo 9** Elettrochimica 283
- Capitolo 10** Chimica nucleare 317

## Chimica organica

- Capitolo 11** Chimica organica 347
- Capitolo 12** Alcani 367
- Capitolo 13** Alcheni e alchini 397
- Capitolo 14** Benzene e composti aromatici 431
- Capitolo 15** Chiralità: molecole come le mani 460
- Capitolo 16** Alogenuri alchilici 483
- Capitolo 17** Alcoli, fenoli, eteri e tioli 507
- Capitolo 18** Ammine 539
- Capitolo 19** Aldeidi e chetoni 559
- Capitolo 20** Acidi carbossilici 585
- Capitolo 21** Alogenuri acilici, anidridi degli acidi carbossilici, esteri e ammidi 610

## Biochimica

**Capitolo 22** Carboidrati 635

**Capitolo 23** Lipidi 665

**Capitolo 24** Proteine 698

**Capitolo 25** Enzimi 745

**Capitolo 26** Segnali chimici: neurotrasmettitori e ormoni 770

**Capitolo 27** Nucleotidi, acidi nucleici ed ereditarietà 799

# Indice generale

## Capitolo 1 Materia, energia e sistemi di misura 1

- 1.1 Perché chiamiamo chimica lo studio della materia? 1
- 1.2 Cos'è il metodo scientifico? 3
- 1.3 In che modo gli scienziati scrivono i numeri? 5
  - Come... Determinare la quantità di cifre significative in un numero 6**
- 1.4 Come si eseguono le misure? 7
- 1.5 Qual è un modo semplice per convertire un'unità in un'altra? 12
  - Come... Convertire unità con il metodo delle equazioni dimensionali 13**
- 1.6 Quali sono gli stati della materia? 17
- 1.7 Cosa sono la densità e il peso specifico? 18
- 1.8 Come possiamo descrivere le varie forme di energia? 20
- 1.9 Come possiamo descrivere il calore e i modi in cui esso è trasferito? 21
  - Sommario 26
  - Problemi 26
  - Collegamenti alla chimica**
    - 1A Il dosaggio dei farmaci e la massa corporea 11
    - 1B Ipotermia e ipertermia 22
    - 1C Impacchi freddi, letti ad acqua e laghi 23

## Capitolo 2 Atomi 31

- 2.1 Da cosa è composta la materia? 31
- 2.2 Come viene classificata la materia? 32
- 2.3 Quali sono i postulati della teoria atomica di Dalton? 35
- 2.4 Da cosa sono composti gli atomi? 38
- 2.5 Cos'è la tavola periodica? 43
- 2.6 Come sono disposti gli elettroni in un atomo? 49
- 2.7 Come sono correlate la configurazione elettronica e la posizione degli elementi nella tavola periodica? 56
- 2.8 Cos'è una proprietà periodica? 57
  - Sommario 62
  - Problemi 63
  - Collegamenti alla chimica**
    - 2A Elementi necessari per la vita 33
    - 2B Abbondanza degli elementi presenti nel corpo umano e sulla crosta terrestre 37
    - 2C Stronzio-90 45
    - 2D L'uso dei metalli come pietre miliari nell'evoluzione della specie umana 47

### Approfondimento

- 2.1 Alle origini della meccanica quantistica. Il dualismo onda-particella 60
- 2.2 I principi della meccanica quantistica. Gli orbitali 61

## Capitolo 3 Legami chimici 70

- 3.1 Cosa dobbiamo sapere prima di cominciare? 70
- 3.2 Cos'è la regola dell'ottetto? 70
- 3.3 Come possiamo assegnare i nomi agli anioni e ai cationi? 73
- 3.4 Quali sono i due tipi principali di legami chimici? 75
- 3.5 Cos'è il legame ionico? 77
- 3.6 Come possiamo assegnare i nomi ai composti ionici? 79
- 3.7 Cos'è il legame covalente? 81
  - Come... Disegnare le strutture di Lewis 84**
- 3.8 Come possiamo assegnare i nomi ai composti covalenti binari? 89
- 3.9 Cos'è la risonanza? 91
  - Come... Disegnare frecce curve e spostare elettroni 92**
- 3.10 Come possiamo predire gli angoli di legame nelle molecole covalenti? 94
- 3.11 Come possiamo determinare se una molecola è polare? 101
  - Sommario 103
  - Problemi 104

### Collegamenti alla chimica

- 3A Chimica del corallo e fratture ossee 75
- 3B Composti ionici in medicina 82
- 3C L'ossido di azoto: inquinante atmosferico e messaggero biologico 90

### Approfondimenti

- 3.1 La teoria del legame di valenza. Orbitali ibridi 99
- 3.2 La teoria dell'orbitale molecolare 100

## Capitolo 4 Reazioni chimiche 112

- 4.1 Cos'è una reazione chimica? 112
- 4.2 Come vengono bilanciate le equazioni chimiche? 113
  - Come... Bilanciare un'equazione chimica 113**
- 4.3 Come possiamo predire se gli ioni reagiscono tra di loro in soluzione acquosa? 117



- 4.4 Cosa sono l'ossidazione e la riduzione? 120
- 4.5 Cosa sono il peso formula e il peso molecolare? 125
- 4.6 Cos'è una mole e come viene usata per calcolare le relazioni di massa? 126
- 4.7 Come si calcolano le relazioni di massa nelle reazioni chimiche? 130
- 4.8 Cos'è il calore di reazione? 136

Sommario 137

Problemi 137

#### Collegamenti alla chimica

- 4A Solubilità e deterioramento dei denti 120
- 4B Celle voltaiche 123
- 4C Pacemaker artificiali e reazioni redox 124

## Capitolo 5 Gas, liquidi e solidi 144

- 5.1 Quali sono i tre stati della materia? 144
- 5.2 Cos'è la pressione di un gas e come si misura? 145
- 5.3 Quali sono le leggi che regolano il comportamento dei gas? 146
- 5.4 Cosa affermano la legge di Avogadro e la legge dei gas ideali? 150
- 5.5 Cosa afferma la legge di Dalton delle pressioni parziali? 152
- 5.6 Cosa afferma la teoria cinetica molecolare? 154
- 5.7 Quali tipi di forze attrattive esistono tra le molecole? 155
- 5.8 Come si descrive il comportamento dei liquidi a livello molecolare? 159
- 5.9 Quali sono le caratteristiche dei vari tipi di solidi? 166
- 5.10 Cos'è un cambiamento di fase e quali energie sono coinvolte? 168

Sommario 173

Problemi 174

#### Collegamenti alla chimica

- 5A Respirazione e legge di Boyle 147
- 5B Medicina iperbarica 153
- 5C Misurazione della pressione sanguigna 161
- 5D Le densità di ghiaccio e acqua 164
- 5E Anidride carbonica supercritica 171

## Capitolo 6 Soluzioni e colloidii 181

- 6.1 Cosa bisogna sapere per cominciare? 181
- 6.2 Quali sono i tipi più comuni di soluzioni? 182
- 6.3 Quali sono le caratteristiche delle soluzioni? 182
- 6.4 Quali fattori influenzano la solubilità? 184
- 6.5 Quali sono le più comuni unità di misura per definire le concentrazioni? 187
- 6.6 Perché l'acqua è così un buon solvente? 194
- 6.7 Cosa sono i colloidii? 198
- 6.8 Cos'è una proprietà colligativa? 200

Sommario 207

Problemi 208

#### Collegamenti alla chimica

- 6A Piogge acide 183
- 6B Embolia gassosa (o sindrome da decompressione) 186

- 6C Soluzioni di elettroliti nel corpo e fluidi intravenosi 194
- 6D Idrati e inquinamento atmosferico: il degrado di edifici e monumenti 197
- 6E Emulsioni e agenti emulsionanti 200
- 6F Osmosi inversa e desalinizzazione 205
- 6G Emodialisi 207

## Capitolo 7 Velocità di reazione ed equilibrio chimico 214

- 7.1 Come misuriamo le velocità di reazione? 214
- 7.2 Perché alcune collisioni molecolari danno origine a reazioni e altre no? 217
- 7.3 Qual è la relazione fra energia di attivazione e velocità di reazione? 218
- 7.4 Come possiamo variare la velocità di una reazione chimica? 221
- 7.5 Cosa significa dire che una reazione ha raggiunto l'equilibrio? 225
- 7.6 Cos'è una costante di equilibrio e come la utilizziamo? 228

#### Come.. Interpretare il valore della costante di equilibrio, $K$ 232

- 7.7 Cos'è il principio di Le Châtelier? 233

Sommario 238

Problemi 239

#### Collegamenti alla chimica

- 7A Perché la febbre alta è pericolosa 224
- 7B Effetti di un abbassamento della temperatura corporea 226
- 7C Farmaci a rilascio prolungato 227
- 7D Gli occhiali da sole e il principio di Le Châtelier 236
- 7E Il processo di Haber 237

#### Approfondimento

- 7.1 Velocità di reazione e ordine di reazione 216
- 7.2 L'equazione di Arrhenius e l'energia di attivazione 221
- 7.3 Costante di equilibrio e costanti di velocità 231

## Capitolo 8 Acidi e basi 243

- 8.1 Cosa sono gli acidi e le basi? 243
  - 8.2 Come possiamo definire la forza degli acidi e delle basi? 245
  - 8.3 Cosa sono le coppie acido-base coniugate? 247
- Come... Assegnare il nome agli acidi più comuni 249**
- 8.4 Come possiamo conoscere il punto di equilibrio di una reazione acido-base? 250
  - 8.5 Come vengono utilizzate le costanti di dissociazione acida? 252
  - 8.6 Quali sono le proprietà degli acidi e delle basi? 254
  - 8.7 Quali sono le proprietà acide e basiche dell'acqua pura? 256



**Come... Utilizzare i logaritmi e gli antilogaritmi 258**

- 8.8 Cosa sono il pH e il pOH? 259  
 8.9 Come usiamo le titolazioni per calcolare la concentrazione? 263  
 8.10 Cosa sono i tamponi? 266  
 8.11 Come possiamo calcolare il pH di un tampone? 270  
 8.12 Cosa sono TRIS, HEPES e gli altri tamponi dai nomi strani? 274  
 Sommario 276  
 Problemi 277

**Collegamenti alla chimica**

- 8A Alcuni importanti acidi e basi 246  
 8B Farmaci antiacido 257  
 8C Acidosi respiratoria e metabolica 274  
 8D L'alcalosi e il trucco del velocista 275

**Approfondimento**

- 8.1 Le definizioni di acido e base 245  
 8.2 Formule per il calcolo del pH in alcuni casi semplici 262  
 8.3 Il potere tampone 269  
 8.4 Il grado di dissociazione 272  
 8.5 Qual è l'andamento di una titolazione acido-base? 272

**Capitolo 9 Elettrochimica 283**

- 9.1 Cosa sono gli stati di ossidazione e le reazioni di ossido-riduzione? 283  
 9.2 Come si bilanciano le equazioni di ossido-riduzione? 286  
 9.3 Cosa sono le celle galvaniche o pile? 290  
 9.4 Cos'è la fem di cella in condizioni standard? 294  
 9.5 Cosa rappresenta l'energia libera nelle reazioni redox? 300  
 9.6 Cos'è la fem di cella in condizioni non standard? 304  
 9.7 Cos'è l'elettrolisi? 309  
 Sommario 311  
 Sommario delle reazioni chiave 311  
 Problemi 312

**Collegamenti alla chimica**

- 9A I processi d'elettrodo dal punto di vista molecolare 292  
 9B Il battito cardiaco e l'elettrocardiogramma 307  
 9C Cos'è una batteria 308

**Approfondimento**

- 9.1 Rappresentazione schematica di una cella galvanica 294  
 9.2 L'equazione di Nernst della semicella 308  
 9.3 L'elettrodo a idrogeno e il pHmetro 310

**Capitolo 10 Chimica nucleare 317**

- 10.1 Com'è stata scoperta la radioattività? 317  
 10.2 Cos'è la radioattività? 318  
 10.3 Cosa accade quando un nucleo emette radioattività? 320  
**Come.. Bilanciare un'equazione nucleare 321**  
 10.4 Cos'è l'emivita nucleare? 325  
 10.5 Come si rilevano e si misurano le radiazioni nucleari? 327  
 10.6 Come si relaziona la dosimetria delle radiazioni alla salute dell'uomo? 330

- 10.7 Cos'è la medicina nucleare? 333  
 10.8 Cos'è la fusione nucleare? 337  
 10.9 Cos'è la fissione nucleare e come si relaziona all'energia atomica? 339  
 Sommario 341  
 Sommario delle reazioni chiave 342  
 Problemi 342

**Collegamenti alla chimica**

- 10A Datazione radioattiva 326  
 10B Il problema del radon negli ambienti domestici 333  
 10C Come le radiazioni danneggiano i tessuti: i radicali liberi 334  
 10D Emissione di materiale radioattivo in seguito ad incidenti nucleari 341

**Capitolo 11 Chimica organica 347**

- 11.1 Cos'è la chimica organica? 347  
 11.2 Come otteniamo i composti organici? 349  
 11.3 Come scriviamo le formule di struttura dei composti organici? 351  
 11.4 Cos'è la teoria della formazione di legami covalenti per sovrapposizione di orbitali atomici e cosa sono gli orbitali ibridi? 353  
 11.5 Cos'è un gruppo funzionale? 357  
 Sommario 363  
 Problemi 363

**Collegamenti alla chimica**

- 11A Taxol: una storia di ricerca e scoperta 350

**Capitolo 12 Alcani 367**

- 12.1 Come scriviamo le formule di struttura degli alcani? 367  
 12.2 Cosa sono gli isomeri costituzionali? 370  
 12.3 Come possiamo assegnare il nome agli alcani? 372  
 12.4 Da dove otteniamo gli alcani? 376  
 12.5 Cosa sono i cicloalcani? 377  
 12.6 Che forma hanno gli alcani e i cicloalcani? 378  
**Come... Disegnare le conformazioni a sedia alternative del cicloesano 380**  
 12.7 Cos'è l'isomeria *cis-trans* nei cicloalcani? 382  
 12.8 Quali sono le proprietà fisiche degli alcani? 385  
 12.9 Quali sono le reazioni caratteristiche degli alcani? 387  
 Sommario 389  
 Sommario delle reazioni chiave 390  
 Problemi 391

**Collegamenti alla chimica**

- 12A Il velenoso pesce palla 382  
 12B Numero di ottani: cosa significano i numeri alle pompe di benzina 388



**Capitolo 13 Alcheni e alchini 397**

- 13.1 Cosa sono gli alcheni e gli alchini? 397
- 13.2 Qual è la struttura degli alcheni e degli alchini? 398
- 13.3 Come possiamo assegnare il nome agli alcheni e agli alchini? 401
- 13.4 Quali sono le proprietà fisiche degli alcheni e degli alchini? 407
- 13.5 Cosa sono i terpeni? 407
- 13.6 Quali sono le reazioni caratteristiche degli alcheni? 409
- 13.7 Quali sono le importanti reazioni di polimerizzazione dell'etilene e degli etileni sostituiti? 418

Sommario 423

Sommario delle reazioni chiave 423

Problemi 424

**Collegamenti alla chimica**

- 13A Etilene: un regolatore della crescita delle piante 398
- 13B Doppi legami *cis* negli acidi grassi 399
- 13C Il caso delle varietà Iowa e New York del tarlo del grano europeo (*Pyrausta nubilalis*) 405
- 13D Isomeria *cis-trans* nel processo della visione 408
- 13E Il riciclaggio delle materie plastiche 422

**Capitolo 14 Benzene e composti aromatici 431**

- 14.1 Qual è la struttura del benzene? 431
- 14.2 Cos'è l'aromaticità? 435
- 14.3 Come possiamo assegnare il nome ai composti aromatici? 437
- 14.4 Quali sono le reazioni caratteristiche del benzene e dei composti aromatici e qual è il loro meccanismo? 441
- 14.5 Qual è l'effetto dei sostituenti legati al benzene sulla sostituzione elettrofila aromatica? 448

Sommario 456

Sommario delle reazioni chiave 456

Problemi 457

**Collegamenti alla chimica**

- 14A DDT: una manna e una sciagura 439
- 14B Idrocarburi policiclici aromatici cancerogeni e fumo 440
- 14C Ione ioduro e gozzo 441
- 14D Il gruppo nitro negli esplosivi 442
- 14E FD & C Giallo N. 6 (Giallo Tramonto) 454

**Capitolo 15 Chiralità: molecole come le mani 460**

- 15.1 Cos'è l'enantiomeria? 460  
**Come... Rappresentare gli enantiomeri 464**
- 15.2 Come si indica la configurazione di uno stereocentro? 467
- 15.3 Quanti stereoisomeri sono possibili per una molecola con più di uno stereocentro? 470
- 15.4 Cos'è l'attività ottica e come si determina la chiralità di un composto in laboratorio? 476
- 15.5 Perché è importante la chiralità in biologia? 477

Sommario 479

Problemi 479

**Collegamenti alla chimica**

- 15A Farmaci chirali 474

**Capitolo 16 Alogenuri alchilici 483**

- 16.1 Cosa sono gli alogenuri alchilici (alogenoalcani)? 483
- 16.2 Come possiamo assegnare il nome agli alogenuri alchilici? 484
- 16.3 Quali sono le reazioni caratteristiche degli alogenuri alchilici? 485
- 16.4 Quali sono le principali reazioni di sostituzione nucleofila e qual è il loro meccanismo? 486
- 16.5 Quali sono le principali reazioni di  $\beta$ -eliminazione e qual è il loro meccanismo? 495
- 16.6 Quali sono le conseguenze della competizione tra le reazioni di sostituzione nucleofila e le reazioni di eliminazione? 499

Sommario 502

Sommario delle reazioni chiave 502

Problemi 503

**Collegamenti alla chimica**

- 16A L'impatto ambientale dei clorofluorocarburi 486

**Capitolo 17 Alcoli, fenoli, eteri e tioli 507**

- 17.1 Quali sono le strutture, i nomi e le proprietà fisiche degli alcoli? 508
- 17.2 Quali sono le reazioni caratteristiche degli alcoli? 512
- 17.3 Quali sono le strutture, i nomi e le proprietà dei fenoli? 520
- 17.4 Quali sono le strutture, i nomi e le proprietà degli eteri? 525
- 17.4 Quali sono le strutture, i nomi e le proprietà dei tioli? 528
- 17.5 Quali sono gli alcoli più importanti dal punto di vista commerciale? 530

Sommario 532

Sommario delle reazioni chiave 532

Problemi 533

**Collegamenti alla chimica**

- 17A Nitroglicerina: un esplosivo e un farmaco 511
- 17B Etilometro: controllo e misurazione dell'alcol nell'aria espirata 519
- 17C Capsaicina, per quelli a cui piace il piccante 521
- 17D Ossido di etilene: uno sterilizzante chimico 527
- 17E Eteri e anestesia 528

**Capitolo 18 Ammine 539**

- 18.1 Cosa sono le ammine? 539
- 18.2 Come possiamo assegnare il nome delle ammine? 542
- 18.3 Quali sono le proprietà fisiche delle ammine? 544
- 18.4 Come si può descrivere la basicità delle ammine? 545
- 18.5 Quali sono le reazioni caratteristiche delle ammine? 548



Sommario 553  
 Sommario delle reazioni chiave 553  
 Problemi 554

### Collegamenti alla chimica

18A Anfetamine 540  
 18B Alcaloidi 541  
 18C Tranquillanti 544  
 18D Solubilità dei farmaci nei liquidi corporei 549  
 18E Epinefrina: un prototipo per lo sviluppo di nuovi broncodilatatori 550

## Capitolo 19 Aldeidi e chetoni 559

- 19.1 Cosa sono le aldeidi e i chetoni 559  
 19.2 Come possiamo assegnare il nome alle aldeidi e ai chetoni? 560  
 19.3 Quali sono le proprietà fisiche delle aldeidi e dei chetoni? 564  
 19.4 Quali sono le reazioni caratteristiche delle aldeidi e dei chetoni? 565

Sommario 578  
 Sommario delle reazioni chiave 578  
 Problemi 579

### Collegamenti alla chimica

19A Alcune aldeidi e chetoni presenti in natura 563  
 19B Dal trifoglio amuffito a un anticoagulante del sangue 563

## Capitolo 20 Acidi carbossilici 585

- 20.1 Cosa sono gli acidi carbossilici? 585  
 20.2 Come possiamo assegnare il nome agli acidi carbossilici? 585  
 20.3 Quali sono le proprietà fisiche degli acidi carbossilici? 588  
 20.4 Cosa sono gli acidi grassi, i saponi e i detergenti sintetici? 589



- 20.5 Quali sono le reazioni caratteristiche degli acidi carbossilici? 595

Sommario 604  
 Sommario delle reazioni chiave 605  
 Problemi 606

### Collegamenti alla chimica

20A Gli acidi grassi *trans*: cosa sono e come evitarli? 591  
 20B Gli esteri come agenti aromatizzanti 601  
 20C Corpi chetonici e diabete 604

## Capitolo 21 Alogenuri acilici, anidridi degli acidi carbossilici, esteri e ammidi 610

- 21.1 Cosa sono gli alogenuri acilici, le anidridi degli acidi carbossilici, gli esteri e le ammidi? 610  
 21.2 Come si preparano gli esteri? 613  
 21.3 Come si preparano le ammidi? 613

- 21.4 Quali sono le reazioni caratteristiche degli alogenuri acilici, delle anidridi, degli esteri e delle ammidi? 615

- 21.5 Cosa sono le anidridi e gli esteri dell'acido fosforico? 624

- 21.6 Cos'è la polimerizzazione a stadi? 625

Sommario 628  
 Sommario delle reazioni chiave 629  
 Problemi 630

### Collegamenti alla chimica

21A Le piretrine: insetticidi naturali di origine vegetale 612  
 21B Le penicilline e le cefalosporine: antibiotici  $\beta$ -lattamici 614  
 21C Dalla corteccia del salice all'aspirina ed oltre 616  
 21D Filtri solari e creme solari a protezione totale contro le radiazioni ultraviolette 620  
 21E I barbiturici 622  
 20F Punti di sutura riassorbibili 627

## Capitolo 22 Carboidrati 635

- 22.1 Carboidrati: cosa sono i monosaccaridi? 635  
 22.2 Quali sono le strutture cicliche dei monosaccaridi? 640  
 22.3 Quali sono le reazioni caratteristiche dei monosaccaridi? 645  
 22.4 Cosa sono i disaccaridi e gli oligosaccaridi? 650  
 22.5 Cosa sono i polisaccaridi? 654  
 22.6 Cosa sono i polisaccaridi acidi? 657

Sommario 658  
 Sommario delle reazioni chiave 659  
 Problemi 660

### Collegamenti alla chimica

22A Galattosemia 640  
 22B Acido L-ascorbico (vitamina C) 644  
 22C Dosaggio del glucosio 648  
 22D Gruppi sanguigni A, B, AB e O 651  
 22E Esiste una connessione tra carboidrati e obesità? 656

## Capitolo 23 Lipidi 665

- 23.1 Cosa sono i lipidi? 665  
 23.2 Quali sono le strutture dei trigliceridi? 666  
 23.3 Quali sono le proprietà dei trigliceridi? 667  
 23.4 Quali sono le strutture dei lipidi complessi? 669  
 23.5 Quale ruolo giocano i lipidi nella struttura delle membrane? 670  
 23.6 Cosa sono i glicerofosfolipidi? 671  
 23.7 Cosa sono gli sfingolipidi? 674  
 23.8 Cosa sono i glicolipidi? 674  
 23.9 Cosa sono gli steroidi? 676  
 23.10 Quali sono alcuni dei ruoli fisiologici degli ormoni steroidei? 683

- 23.11 Cosa sono i sali biliari? 688  
 23.12 Cosa sono le prostaglandine, i trombossani e i leucotrieni? 689

Sommario 693  
 Problemi 694

**Collegamenti alla chimica**

- 23A Cere 669
- 23B Trasporto attraverso la membrana cellulare 672
- 23C Ceramidi, ossigeno, cancro e ictus 676
- 23D Malattie da accumulo lipidico 677
- 23E Steroidi anabolizzanti 685
- 23F Contraccettivi orali 688
- 23G Azione dei farmaci antinfiammatori 691
- 23H Perché dovremmo mangiare più salmone? 692

**Capitolo 24 Proteine 698**

- 24.1 Quali sono le numerose funzioni delle proteine? 698
- 24.2 Cosa sono gli amminoacidi? 699
- 24.3 Quali sono le proprietà acido-base degli amminoacidi e cos'è il loro punto isoelettrico? 703
- 24.4 Cosa determina le caratteristiche degli amminoacidi? 708
- 24.5 Quali sono gli amminoacidi non comuni? 710
- 24.6 Come si combinano gli amminoacidi per formare le proteine? 711
- 24.7 Qual è la geometria del legame peptidico e quali sono le proprietà delle proteine? 714
- 24.8 Cos'è la struttura primaria di una proteina e come si determina? 717
- 24.9 Cos'è la struttura secondaria di una proteina? 722
- 24.10 Una parentesi: in che modo la presenza di metalli di transizione influenza la struttura delle proteine? 724
- 24.11 Cos'è la struttura terziaria di una proteina? 728
- 24.12 Cos'è la struttura quaternaria di una proteina? 732
- 24.13 Come sono denaturate le proteine? 736

Sommario 739

Problemi 740

**Collegamenti alla chimica**

- 24A L'aspartame, il peptide dolce 713
- 24B AGE e invecchiamento 715
- 24C L'uso di insulina umana 721
- 24D Anemia falciforme 722
- 24E Malattie dipendenti dalla conformazione delle proteine o dei peptidi 731
- 24F La proteomica 735
- 24G Struttura quaternaria e proteine allosteriche 736
- 24H Chirurgia laser e denaturazione delle proteine 738

**Capitolo 25 Enzimi 745**

- 25.1 Cosa sono gli enzimi? 745
- 25.2 Come sono denominati e classificati gli enzimi? 747
- 25.3 Qual è la terminologia usata con gli enzimi? 749
- 25.4 Quali fattori influenzano l'attività enzimatica? 749
- 25.5 Quali sono i meccanismi di azione degli enzimi? 750
- 25.6 Come sono regolati gli enzimi? 756
- 25.7 Come sono utilizzati gli enzimi in medicina? 760
- 25.8 Cosa sono gli analoghi dello stato di transizione e gli enzimi "progettati"? 761

Sommario 765

Problemi 765

**Collegamenti alla chimica**

- 25A Miorilassanti e specificità degli enzimi 747
- 25B Enzimi e memoria 752
- 25C Siti attivi 753
- 25D Applicazioni mediche degli inibitori 755
- 25E Glicogeno fosforilasi: un modello di regolazione enzimatica 761
- 25F Gli enzimi sono ottimi chimici organici 763
- 25G Anticorpi catalitici contro la cocaina 764

**Capitolo 26 Segnali chimici: neurotrasmettitori e ormoni 770**

- 26.1 Quali molecole sono coinvolte nella comunicazione chimica? 770
- 26.2 Come sono classificati i messaggeri chimici? 772
- 26.3 Come agisce l'acetilcolina in qualità di messaggero? 774
- 26.4 Quali amminoacidi agiscono come neurotrasmettitori? 781
- 26.5 Cosa sono i messaggeri adrenergici? 782
- 26.6 Qual è il ruolo dei peptidi nella comunicazione chimica? 788
- 26.7 Come agiscono gli ormoni steroidei in qualità di messaggeri? 790

Sommario 794

Problemi 795

**Collegamenti alla chimica**

- 26A Pesce zebra, sinapsi e sonno 776
- 26B Botulismo e rilascio di acetilcolina 777
- 26C Morbo di Alzheimer e comunicazione chimica 778
- 26D Morbo di Parkinson: deplezione della dopamina 786
- 26E Ossido di azoto come secondo messaggero 787
- 26F Diabete 792
- 26G Ormoni e inquinanti biologici 794

**Capitolo 27 Nucleotidi, acidi nucleici ed ereditarietà 799**

- 27.1 Quali sono le molecole dell'ereditarietà? 799
- 27.2 Da cosa sono costituiti gli acidi nucleici? 800
- 27.3 Qual è la struttura del DNA e dell'RNA? 805
- 27.4 Quali sono le differenti classi di RNA? 811
- 27.5 Cosa sono i geni? 814
- 27.6 Come si replica il DNA? 814
- 27.7 Come viene riparato il DNA? 822
- 27.8 Come si può amplificare il DNA? 822

Sommario 829

Problemi 829



**Collegamenti alla chimica**

- 27A Chi possiede i tuoi geni 804  
27B Telomeri, telomerasi e immortalità 816  
27C L'impronta del DNA 818  
27D Il "Progetto Genoma Umano": un tesoro oppure il vaso  
di Pandora? 820  
27E Creazione di un genoma sintetico 824  
27F I Neandertal si estinsero? 826

**Appendice I** Notazione esponenziale **A2**

**Appendice II** Cifre significative **A6**

**Risposte R1**

**Glossario G1**

**Indice analitico I1**

# Prefazione

Comprendere l'ordine del mondo è una necessità umana incontrollabile. Il nostro scopo principale è descrivere le correlazioni tra diversi eventi e presentare delle prove scientifiche ottenute nel corso di secoli. In tale processo ci stupiamo dell'unità delle leggi che governano ogni cosa: dai fotoni ai protoni, dall'idrogeno all'acqua, dal carbonio al DNA, dal genoma all'intelligenza, dal nostro pianeta alla galassia e all'universo. Uniformità nella diversità.

Negli ultimi 30 anni sono avvenuti diversi cambiamenti. Dallo slogan degli anni '70 del secolo scorso: "Vivere meglio grazie alla chimica" a quello attuale "Vivere con la chimica" è evidente il cambiamento dello scopo principale di questa scienza. La chimica fornisce le basi per una vita migliore, ma è anche fonte di problemi per la vita stessa. Il testo è destinato principalmente all'educazione di futuri operatori del settore sanitario e ha lo scopo sia di fornire le basi di questa materia sia di evidenziare i limiti della chimica.

Il testo è facile e scorrevole, ma allo stesso tempo dà ampio spazio a nuovi e rilevanti concetti ed esempi di questa disciplina in continua evoluzione, specialmente nei capitoli di biochimica. Si è cercato di dare una visione d'insieme della chimica. Per una maggiore comprensione della parte di chimica generale sono stati introdotti i composti organici e le sostanze biochimiche per illustrarne i principi. Il progresso è l'evoluzione dal semplice al complesso. Sugeriamo ai docenti di procedere con i capitoli di biochimica il prima possibile, poiché riguardano molti argomenti di particolare interesse nelle professioni future degli studenti.

Essendo il campo della chimica estremamente vasto, la selezione del materiale, per ottenere un testo maneggevole e allo stesso tempo completo, ha richiesto un grande lavoro. Il nostro obiettivo era quello di fornire ai docenti abbastanza materiale da cui poi selezionare gli argomenti da essi ritenuti più importanti. A tale scopo il testo è stato organizzato in modo che determinati argomenti possano essere affrontati indipendentemente da altri.

## Destinatari

Questo testo è stato ideato per gli studenti dei Corsi di Laurea in Medicina e Chirurgia, Odontoiatria e Protesi Dentaria, Professioni Sanitarie.

Riteniamo che gli studenti che useranno questo testo abbiano una minima o scarsa conoscenza della materia. Quindi, inizialmente saranno introdotti i concetti fondamentali e poi pian piano quelli più complessi. Si passerà dai principi fondamentali di chimica generale a quelli di chimica organica e, infine, alla biochimica. Abbiamo cercato di integrare le tre parti per dare una visione d'insieme della chimica. Non consideriamo la parte di chimica generale una sezione esclusiva dei composti inorganici, per questo spesso usiamo sostanze organiche e biologiche per illustrare i principi generali.

Illustrando la chimica del corpo umano come ultimo punto, cerchiamo di dimostrare che ciascuna sottosezione di chimica è importante ed è necessaria per l'apprendimento degli argomenti seguenti.

## Collegamenti alla chimica

I box Collegamenti alla chimica contengono applicazioni dei principi discussi nel testo. Per esempio, nel Capitolo 1 gli studenti possono osservare come gli impacchi freddi sono messi in relazione ai letti ad acqua e alla temperatura dei laghi (Collegamenti alla chimica 1C). Altri vari argomenti sono trattati nel testo, come l'impiego di farmaci antinfiammatori quali Vioxx e Celebrex (Collegamenti alla chimica 23G), la correlazione tra acidi grassi omega-3 e le cardiopatie (Collegamenti alla chimica 23H) e il Progetto Genoma Umano (Collegamenti alla chimica 27D).

La presenza dei Collegamenti alla chimica consente una certa flessibilità. Se un docente desidera trattare solo gli argomenti principali, i Collegamenti alla chimica non interrompono la continuità del testo. Tuttavia, poiché i Collegamenti alla chimica ampliano le conoscenze degli studenti, molti docenti li includono nelle loro lezioni scegliendo quelli più adatti all'argomento trattato. Gli studenti possono poi verificare quanto appreso svolgendo i problemi dei Collegamenti alla chimica presenti alla fine di ciascun capitolo.

## Caratteristiche del testo

- **Strategie per risolvere i problemi** Negli esempi riportati nel testo è inclusa una spiegazione per arrivare alla soluzione. Tali strategie hanno il compito di suggerire agli studenti come utilizzare i dati forniti per risolvere il problema.
- **Impatto visivo** Nel testo sono presenti immagini di notevole impatto pedagogico. Esse includono, tra l'altro, figure che mostrano aspetti microscopici e macroscopici dell'argomento discusso, come la Figura 6.4 (legge di Henry) e la Figura 6.11 (conduttanza di un elettrolita). I Collegamenti alla chimica sono arricchiti con foto e illustrazioni.
- **Domande chiave** Sono state inserite per enfatizzare i concetti chiave e forniscono una guida per gli studenti, essendo riportate sotto forma di elenco all'inizio di ciascun capitolo.
- **Collegamenti alla chimica** Questi inserti descrivono le applicazioni dei concetti chimici, collegando la chimica alla realtà. Sono presenti diversi box riguardanti differenti argomenti come le soluzioni di elettroliti nel corpo e i fluidi intravenosi (Capitolo 6), l'utilizzo di DDT (Capitolo 14), la connessione tra carboidrati e l'obesità (Capitolo 22).
- **Sommario delle reazioni chiave** Nella maggior parte dei capitoli di chimica organica (11-21) è presente un sommario delle reazioni trattate nel capitolo, con l'indicazione della sezione in cui sono spiegate e un esempio di ciascuna reazione.
- **Sommario** Il sommario, presente al termine di ciascun capitolo, ripropone le domande chiave seguite da una breve descrizione dei concetti ad esse associati.
- **I problemi "Guardando avanti"** Al termine della maggior parte dei capitoli sono presenti problemi che mostrano come applicare i principi introdotti nel capitolo agli argomenti trattati nei capitoli seguenti.
- **Ricapitolando e Problemi impegnativi** Al termine della maggior parte dei capitoli sono presenti problemi di ricapitolazione e problemi di verifica su quanto appreso.
- **Box Come** Nel testo sono presenti dei box allo scopo di enfatizzare le abilità necessarie per padroneggiare gli argomenti trattati. Essi includono argomenti quali "Come determinare la quantità di cifre signifi-

cative in un numero” (Capitolo 1) e “Come interpretare il valore della costante di equilibrio,  $K$ ” (Capitolo 7).

- **Modelli molecolari** Modelli a sfere e bastoncini, modelli a spazio pieno e mappe della densità elettronica sono utilizzati nel testo per facilitare la comprensione delle proprietà molecolari e delle interazioni.
- **Definizioni a margine** A margine del testo sono riportate le definizioni di molti termini per facilitare l'apprendimento della terminologia.
- **Note a margine** Informazioni supplementari, come note storiche, promemoria, ecc. sono inserite al lato del testo.
- **Risposte ad alcuni problemi presenti nel testo e ai problemi di numero dispari** Le risposte a problemi selezionati sono fornite in appendice alla fine del testo.
- **Glossario** Il glossario fornisce la definizione dei principali termini utilizzati nel testo.

## Organizzazione

### Chimica generale (Capitoli 1-10)

- **Capitolo 1, Materia, energia e sistemi di misura**, è l'introduzione generale al libro. In esso è presente il box “Come... *Determinare la quantità di cifre significative in un numero*”.
- **Capitolo 2, Atomi**, introduce alcuni modi per rappresentare le molecole: formula molecolare, formula di struttura, modello a sfere e bastoncini e modello a spazio pieno. Sono stati inseriti due nuovi box Approfondimento, riguardanti il dualismo onda-particella e gli orbitali.
- **Capitolo 3, Legami chimici**, inizia con una discussione sui composti ionici e prosegue con una discussione sui composti molecolari. Sono stati inseriti due nuovi box Approfondimento riguardanti la teoria del legame di valenza e la teoria dell'orbitale molecolare.
- **Capitolo 4, Reazioni chimiche**, è stato riorganizzato e illustra come scrivere e bilanciare le reazioni chimiche, i tipi di reazioni, le relazioni di massa nelle reazioni e le variazioni di energia che accompagnano una reazione. Include il box “Come... *Bilanciare un'equazione chimica*”, che illustra, stadio per stadio, il metodo per bilanciare un'equazione.
- **Capitolo 5, Gas, liquidi e solidi**, illustra le forze di attrazione intermolecolare in ordine di energia crescente: le forze di London, le interazioni dipolo-dipolo e i legami idrogeno. La Sezione 5.9 è stata ampliata e include una descrizione più approfondita dei vari tipi di solidi cristallini e degli allotropi del carbonio.
- **Capitolo 6, Soluzioni e colloidali**, si apre con un elenco dei più comuni tipi di soluzioni, seguito da una discussione riguardante i fattori che influenzano la solubilità, le unità di concentrazione e le proprietà colligative. È stato inoltre inserito un nuovo box Collegamenti alla chimica riguardante gli elettroliti.
- **Capitolo 7, Velocità di reazione ed equilibrio chimico**, mostra come questi due importanti argomenti sono correlati tra loro. È presente il box “Come... *Interpretare il valore della costante di equilibrio,  $K$* ”. Sono stati inseriti nuovi box Approfondimento riguardanti la velocità e l'ordine di reazione, l'equazione di Arrhenius e l'energia di attivazione, la costante di equilibrio e le costanti di velocità.
- **Capitolo 8, Acidi e basi**, introduce l'utilizzo delle frecce curve per mostrare il flusso degli elettroni nelle reazioni. In particolar modo, le frecce curve sono utilizzate per mostrare il flusso di elettroni nelle reazioni di trasferimento

protonico. I principali argomenti del capitolo sono i tamponi acido-base e l'equazione di Henderson-Hasselbalch. Sono stati inseriti nuovi box Approfondimento riguardanti le definizioni di acido e base, le formule per il calcolo del pH, il potere tampone, il grado di dissociazione e l'andamento di una titolazione acido-base.

- **Capitolo 9, Elettrochimica**, fornisce una spiegazione delle reazioni di ossidazione, delle batterie e dell'elettrolisi. Sono stati inseriti dei nuovi box Approfondimento riguardanti argomenti quali la rappresentazione schematica di una cella galvanica, l'equazione di Nernst della semicella, l'elettrodo a idrogeno e il pHmetro.
- **Capitolo 10, Chimica nucleare**, in cui è dato ampio risalto alla medicina nucleare.

### Chimica organica (Capitoli 11-21)

- **Capitolo 11, Chimica organica**, introduce le caratteristiche dei composti organici e dei principali gruppi funzionali.
- **Capitolo 12, Alcani**, introduce il concetto della formula a linee e angoli, che sarà utilizzata nei Capitoli 12-21. Tali strutture sono più facili da rappresentare e da visualizzare rispetto alle tipiche formule di struttura condensate.
- **Capitolo 13, Alcheni e alchini**, introduce il concetto di meccanismo di reazione mediante l'idroalogenazione e l'idratazione catalizzata da acidi degli alcheni. Inoltre, illustra un meccanismo per l'idrogenazione catalitica degli alcheni. Il fine di tale introduzione ai meccanismi di reazione è dimostrare agli studenti che i chimici non solo sono interessati a cosa avviene nelle reazioni chimiche, ma anche a come avvengono le reazioni.
- **Capitolo 14, Benzene e i suoi composti aromatici**, tratta la chimica di un'altra classe di idrocarburi, i composti aromatici.
- **Capitolo 15, Chiralità: molecole come le mani**, introduce i concetti di stereocentro ed enantiomeria usando il 2-butanolo come prototipo. In seguito vengono considerate le molecole con due o più stereocentri ed è illustrato come predire il numero di stereoisomeri possibili per una particolare molecola. È inoltre spiegata la convenzione *R,S* per assegnare la configurazione assoluta agli stereocentri tetraedrici.
- **Capitolo 16, Alogenuri alchilici**, tratta due delle reazioni caratteristiche di questi composti: sostituzione nucleofila e  $\beta$ -eliminazione.
- **Capitolo 17, Alcoli, fenoli, eteri e tioli**, riguarda la struttura, i nomi e le proprietà dei principali alcoli, fenoli, eteri e tioli.
- **Capitolo 18, Ammine**, descrive la scoperta di nuovi broncodilatatori derivanti dall'epinefrina e dall'albuterolo (Proventil).
- **Capitolo 19, Aldeidi e chetoni**, presenta una discussione sul sodio boridruro,  $\text{NaBH}_4$ , come agente riducente. Viene poi fatto un confronto con l'agente riducente naturale delle aldeidi e dei chetoni nei sistemi biologici, il NADH.

La chimica degli acidi carbossilici e dei loro derivati è divisa in due capitoli.

- **Capitolo 20, Acidi carbossilici**, si focalizza sulle proprietà fisiche e chimiche degli acidi carbossilici. Segue una breve discussione sugli acidi grassi *trans* e sugli acidi grassi omega-3 e sulla loro importanza nella nostra dieta.
- **Capitolo 21, Alogenuri acilici, anidridi degli acidi carbossilici, esteri e ammidi**, descrive la chimica di questi importanti gruppi funzionali con enfasi sulla idrolisi e sulle reazioni con ammine e alcoli.

## Biochimica (Capitoli 22-27)

- **Capitolo 22, Carboidrati**, inizia con la descrizione della struttura e della nomenclatura dei monosaccaridi, la loro ossidazione e riduzione e la formazione di glicosidi, terminando con una discussione sulla struttura di disaccaridi, polisaccaridi e polisaccaridi acidi. È inoltre presente un nuovo Collegamento alla chimica: *“Esiste una connessione tra carboidrati e obesità?”*.
- **Capitolo 23, Lipidi**, descrive le principali caratteristiche dei lipidi biochimici, la struttura delle membrane e la struttura e le funzioni degli steroidi. Sono presenti due nuovi box Collegamenti alla chimica: *“Ceramidi, ossigeno, cancro e ictus”* e *“Perché dovremmo mangiare più salmone?”*.
- **Capitolo 24, Proteine**, riguarda i diversi aspetti della struttura e della funzione delle proteine. Fornisce una panoramica su come sono organizzate le proteine, a partire dai singoli amminoacidi, e descrive come dalla loro organizzazione dipende la loro funzione, fornendo le basi necessarie per studiare le sezioni sugli enzimi. È presente un interessante box Collegamenti alla chimica: *“L’aspartame, il peptide dolce”*.
- **Capitolo 25, Enzimi**, tratta la catalisi e la regolazione enzimatica. Di notevole interesse sono le discussioni sulle applicazioni mediche dell’inibizione enzimatica e sugli analoghi degli stati di transizione e il loro uso come potenti inibitori. È presente l’interessante box Collegamenti alla chimica: *“Enzimi e memoria”*.
- **Capitolo 26, Segnali chimici, neurotrasmettitori e ormoni**, illustra la biochimica degli ormoni e dei neurotrasmettitori. Il principale argomento del capitolo è rappresentato dalla modalità di azione di queste sostanze nel corpo umano. Inoltre, sono spiegate le possibili cause del morbo di Alzheimer. È presente un nuovo box Collegamenti alla chimica: *“Pesce zebra, sinapsi e sonno”*.
- **Capitolo 27, Nucleotidi, acidi nucleici ed ereditarietà**, introduce il DNA e i processi che riguardano la sua replicazione e riparazione. Particolare enfasi è data al legame tra i nucleotidi e al flusso dell’informazione genetica. Le sezioni sui tipi di RNA sono piuttosto ampie e forniscono nuove informazioni riguardo a questi importanti acidi nucleici. L’unicità del DNA è descritta nel box Collegamenti alla chimica che introduce l’impronta del DNA e il suo utilizzo nelle indagini forensi. Sono stati inseriti, inoltre, tre nuovi box: *“Chi possiede i tuoi geni”*, *“Creazione di un genoma sintetico”* e *“I Neandertal si estinsero?”*

## Supporti didattici per i docenti

- I docenti che utilizzano il testo a scopo didattico possono scaricare dal sito [www.edises.it](http://www.edises.it), previa registrazione all’area docenti, le immagini del libro in formato PowerPoint.

# 3

## Legami chimici

### Domande chiave

- 3.1 Cosa dobbiamo sapere prima di cominciare?
- 3.2 Cos'è la regola dell'ottetto?
- 3.3 Come possiamo assegnare i nomi agli anioni e ai cationi?
- 3.4 Quali sono i due tipi principali di legami chimici?
- 3.5 Cos'è il legame ionico?
- 3.6 Come possiamo assegnare i nomi ai composti ionici?
- 3.7 Cos'è il legame covalente?  
**Come** . . . Disegnare le strutture di Lewis
- 3.8 Come possiamo assegnare i nomi ai composti covalenti binari?
- 3.9 Cos'è la risonanza?  
**Come** . . . Disegnare frecce curve e spostare elettroni
- 3.10 Come possiamo predire gli angoli di legame nelle molecole covalenti?
- 3.11 Come possiamo determinare se una molecola è polare?



Charles D. Winters

Cristallo di cloruro di sodio.

### 3.1 Cosa dobbiamo sapere prima di cominciare?

Nel Capitolo 2 abbiamo affermato che i composti sono gruppi di atomi strettamente legati. In questo capitolo, vedremo che gli atomi nei composti sono tenuti insieme da potenti forze di attrazione chiamate legami chimici. Ci sono due tipi principali di legame: il legame ionico e il legame covalente. Iniziamo con l'esaminare i legami ionici. Per parlare di legame ionico, però, dobbiamo prima capire perché gli atomi si trasformano in ioni.

### 3.2 Cos'è la regola dell'ottetto?

Nel 1916, Gilbert N. Lewis (Sezione 2.6) mise a punto un modello semplice che unificava molte delle osservazioni sul legame chimico e le reazioni chimiche fatte sino ad allora. Secondo questo modello, la mancanza di reattivi

vità chimica dei gas nobili (Gruppo 8A) indica un alto grado di stabilità della loro configurazione elettronica: l'elio con un guscio di valenza riempito da due elettroni ( $1s^2$ ), il neon con un guscio di valenza completo con otto elettroni ( $2s^2 2p^6$ ), l'argon con un guscio di valenza con otto elettroni ( $3s^2 3p^6$ ), e così via.

La tendenza degli atomi a reagire in modo da avere un guscio esterno con otto elettroni di valenza è particolarmente diffusa tra gli elementi dei Gruppi 1A-7A e a questa tendenza viene dato il nome speciale di **regola dell'ottetto**. Un atomo con quasi otto elettroni di valenza tende a guadagnare gli elettroni necessari per avere otto elettroni nel suo guscio di valenza e una configurazione elettronica come quella del gas nobile più vicino ad esso per numero atomico. Guadagnando elettroni, l'atomo diventa uno ione carico negativamente chiamato **anione**. Un atomo con solo uno o due elettroni di valenza tende a perdere elettroni in modo da assumere la configurazione elettronica del gas nobile più vicino per numero atomico. Perdendo elettroni, l'atomo diventa uno ione carico positivamente chiamato **catione**. Quando si forma uno ione, il numero di protoni e neutroni nel nucleo dell'atomo rimane invariato, cambia solo il numero di elettroni nel guscio di valenza.

Gas nobili	Configurazione elettronica
He	$1s^2$
Ne	$[\text{He}]2s^2 2p^6$
Ar	$[\text{Ne}]3s^2 3p^6$
Kr	$[\text{Ar}]4s^2 4p^6 3d^{10}$
Xe	$[\text{Kr}]5s^2 5p^6 4d^{10}$

**Regola dell'ottetto** Quando gli elementi dei Gruppi 1A-7A partecipano a reazioni chimiche, essi tendono a guadagnare, perdere o condividere elettroni in numero sufficiente da raggiungere una configurazione elettronica con otto elettroni di valenza.

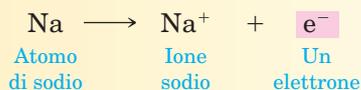
**Anione** Uno ione con carica elettrica negativa.

**Catione** Uno ione con carica elettrica positiva.

### Esempio 3.1 Regola dell'ottetto

Dire come le seguenti modifiche chimiche obbediscono alla regola dell'ottetto:

(a) Un atomo di sodio perde un elettrone per formare uno ione sodio,  $\text{Na}^+$ .



(b) Un atomo di cloro guadagna un elettrone per formare uno ione cloruro,  $\text{Cl}^-$ .

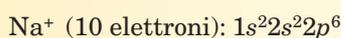
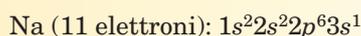


### Strategia

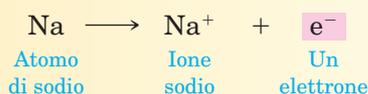
Per vedere come ogni cambiamento chimico segua la regola dell'ottetto, in primo luogo si deve scrivere la configurazione elettronica condensata allo stato fondamentale (Sezione 2.6C) dell'atomo coinvolto nel cambiamento chimico e quella del suo ione e poi confrontarle.

### Soluzione

(a) Le configurazioni elettroniche condensate allo stato fondamentale per Na e  $\text{Na}^+$  sono:



Un atomo di Na ha un elettrone ( $3s^1$ ) nel suo guscio di valenza. La perdita di questo elettrone di valenza cambia l'atomo Na in uno ione sodio,  $\text{Na}^+$ , che ha completato l'ottetto di elettroni nel suo guscio di valenza ( $2s^2 2p^6$ ) e ha la stessa configurazione elettronica del Ne, il gas nobile più vicino ad esso per numero atomico. Possiamo scrivere questa modifica chimica utilizzando la struttura di Lewis (Sezione 2.6F):





(a) Cloruro di sodio

Charles D. Winters



(b) Sodio

Charles D. Winters

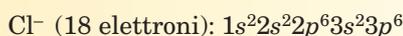
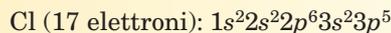


(c) Cloro

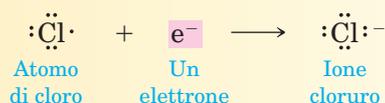
Charles D. Winters

(a) Il composto chimico cloruro di sodio (sale da cucina) è composto dagli elementi sodio (b) e cloro (c) in combinazione chimica. Il sale è molto diverso dagli elementi che lo costituiscono.

- (b) Le configurazioni elettroniche condensate allo stato fondamentale per Cl e Cl<sup>-</sup> sono:



Un atomo di cloro ha sette elettroni nel suo guscio di valenza ( $3s^2 3p^5$ ). Il guadagno di un elettrone cambia l'atomo di Cl in uno ione cloro, Cl<sup>-</sup>, che ha otto elettroni nel suo guscio di valenza ( $3s^2 3p^6$ ) e la stessa configurazione elettronica dell'Ar, il gas nobile più vicino ad esso per numero atomico. Si può scrivere questa modifica chimica utilizzando la struttura di Lewis:



### Problema 3.1

Come le seguenti modifiche chimiche obbediscono alla regola dell'ottetto:

- (a) Un atomo di magnesio forma uno ione magnesio, Mg<sup>2+</sup>.  
 (b) Un atomo di zolfo forma uno ione solfuro, S<sup>2-</sup>.

La regola dell'ottetto ci dà quindi un buon criterio per capire perché gli elementi dei Gruppi 1A-7A formano ioni, ma non è perfetta per due motivi:

1. Ioni degli elementi dei periodi 1A e 2A con cariche superiori a +2 sono instabili. Il boro, per esempio, ha tre elettroni di valenza. Se perdesse questi tre elettroni, diventerebbe B<sup>3+</sup> con un guscio esterno completo come quello dell'elio. Sembra, tuttavia, che questa carica sia troppo grande per uno ione di un elemento del secondo periodo e, di conseguenza, esso non si trova in composti ionici stabili. Con lo stesso ragionamento, il carbonio non perde i suoi quattro elettroni di valenza per diventare C<sup>4+</sup>, né guadagna quattro elettroni di valenza per diventare C<sup>4-</sup>. Entrambi questi cambiamenti genererebbero una carica troppo grande per un elemento del secondo periodo.
2. La regola dell'ottetto non è applicabile agli elementi dei Gruppi 1B-7B (gli elementi di transizione), molti dei quali formano ioni con due o più cariche positive. Il rame, per esempio, può perdere un elettrone di valenza per formare Cu<sup>+</sup>, oppure, in alternativa, può perdere due elettroni di valenza per formare Cu<sup>2+</sup>.

È importante capire che ci sono differenze enormi tra le proprietà di un atomo e quelle dei suoi ioni. Gli atomi e i loro ioni sono specie chimiche completamente diverse e hanno proprietà fisiche e chimiche completamente differenti. Consideriamo, per esempio, il sodio e il cloro. Gli atomi di sodio formano un metallo morbido e reagiscono violentemente con l'acqua. Gli atomi di cloro sono molto instabili e anche più reattivi degli atomi di sodio. Sia il sodio sia il cloro sono tossici. NaCl, il sale da cucina, è costituito da ioni sodio e ioni cloruro. Questi due ioni sono piuttosto stabili e non reattivi. Né gli ioni sodio, né gli ioni cloruro reagiscono con l'acqua.

Poiché gli atomi e i loro ioni sono specie chimiche diverse, dobbiamo stare attenti a distinguere l'uno dall'altro. Si consideri il farmaco comunemente noto come "litio", che è usato per curare il disturbo bipolare (conosciuto anche

come psicosi maniaco-depressiva). L'elemento litio, come il sodio, è un metallo morbido che reagisce violentemente con l'acqua. Il farmaco usato per il trattamento del disturbo bipolare non è composto da atomi di litio, Li, ma, piuttosto, da ioni litio,  $\text{Li}^+$ , di solito sotto forma di carbonato di litio,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ . Un altro esempio deriva dalla fluorizzazione dell'acqua potabile, dei dentifrici e dei gel dentali. Il fluoro elementare,  $\text{F}_2$ , è un gas tossico ed estremamente corrosivo: non viene, quindi, usato fluoro per la fluorizzazione, ma ioni fluoruro,  $\text{F}^-$ , sotto forma di fluoruro di sodio,  $\text{NaF}$ , un composto atossico e non reattivo nelle concentrazioni utilizzate.

### 3.3 Come possiamo assegnare i nomi agli anioni e ai cationi?

I nomi degli anioni e dei cationi sono definiti secondo un sistema sviluppato dall'International Union of Pure and Applied Chemistry. Si farà riferimento a questi nomi come nomi "sistematici". D'altra parte, molti ioni hanno nomi "comuni" che erano in uso prima dell'introduzione della nuova nomenclatura. In questo e nei capitoli che seguono cercheremo sempre di utilizzare i nomi sistematici, ma nei casi in cui il nome comune rimane in uso, sarà indicato anche quello.

#### A. Nomenclatura dei cationi monoatomici

Un catione monoatomico (che contiene un solo atomo) si forma quando un metallo perde uno o più elettroni di valenza. Elementi dei Gruppi 1A, 2A e 3A formano un unico tipo di catione. Per gli ioni di questi metalli, il nome del catione è il nome del metallo preceduto dalla parola "ione" (Tabella 3.1). Non c'è bisogno di specificare la carica di questi cationi, perché è possibile soltanto una carica. Per esempio,  $\text{Na}^+$  è lo ione sodio e  $\text{Ca}^{2+}$  è lo ione calcio.

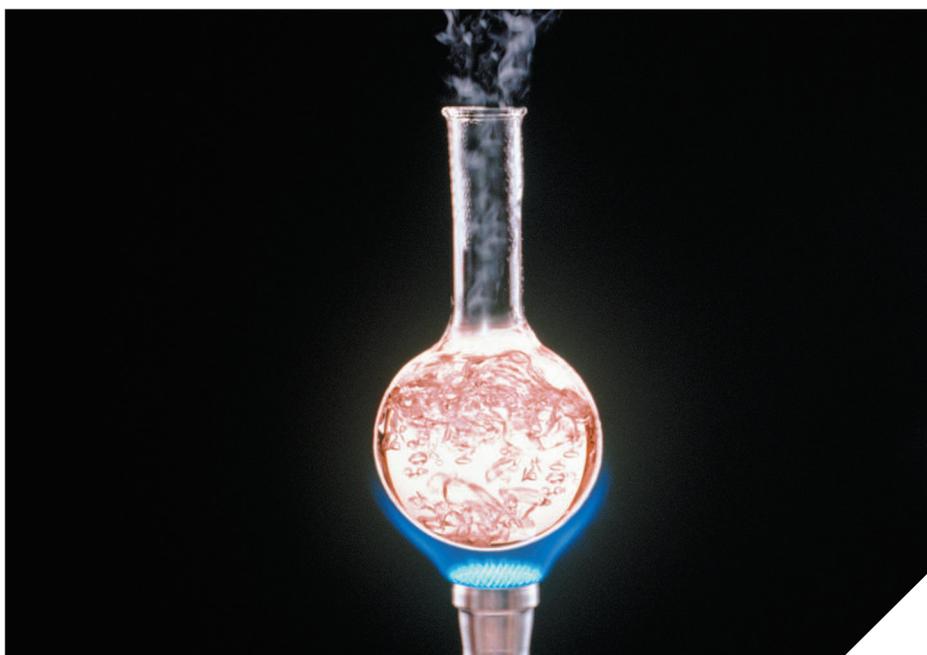
**Tabella 3.1** Nomi dei cationi di alcuni metalli che formano solo uno ione positivo

Gruppo 1A		Gruppo 2A		Gruppo 3A	
Ione	Nome	Ione	Nome	Ione	Nome
$\text{H}^+$	Ione idrogeno	$\text{Mg}^{2+}$	Ione magnesio	$\text{Al}^{3+}$	Ione alluminio
$\text{Li}^+$	Ione litio	$\text{Ca}^{2+}$	Ione calcio		
$\text{Na}^+$	Ione sodio	$\text{Sr}^{2+}$	Ione stronzio		
$\text{K}^+$	Ione potassio	$\text{Ba}^{2+}$	Ione bario		

La maggior parte degli elementi di transizione e di transizione interna forma più di un tipo di catione e, quindi, il nome del catione deve indicare la sua carica. Per indicare la carica in un nome sistematico, scriviamo il numero romano immediatamente dopo (senza spazi) il nome del metallo (Tabella 3.2). Per esempio,  $\text{Cu}^+$  è lo ione rame(I) e  $\text{Cu}^{2+}$  è lo ione rame(II). Si noti che, anche se l'argento è un metallo di transizione, forma solo  $\text{Ag}^+$ , pertanto, non vi è alcuna necessità di utilizzare un numero romano per mostrare la carica di questo ione.

Nella nomenclatura tradizionale, i nomi dei cationi metallici che presentano due cariche diverse usano il suffisso *-oso* per indicare la carica più piccola e *-ico* per indicare la carica più grande (Tabella 3.2). Questi suffissi vengono spesso aggiunti alla radice del nome latino dell'elemento.





© L. Leikowitz/Taxi/Getty

I becchi Bunsen bruciano gas naturale, che è costituito principalmente da metano e da piccole quantità di etano, propano e butano.

### Domande chiave

- 12.1 Come scriviamo le formule di struttura degli alcani?
- 12.2 Cosa sono gli isomeri costituzionali?
- 12.3 Come possiamo assegnare il nome agli alcani?
- 12.4 Da dove otteniamo gli alcani?
- 12.5 Cosa sono i cicloalcani?
- 12.6 Che forma hanno gli alcani e i cicloalcani?  
**Come** . . . Disegnare le conformazioni a sedia alternative del cicloesano
- 12.7 Cos'è l'isomeria *cis-trans* nei cicloalcani?
- 12.8 Quali sono le proprietà fisiche degli alcani?
- 12.9 Quali sono le reazioni caratteristiche degli alcani?

## 12.1 Come scriviamo le formule di struttura degli alcani?

In questo capitolo si esamineranno le proprietà chimiche e fisiche del più semplice tipo di composti organici, gli **alcani**. Gli alcani fanno parte di una classe più ampia di composti organici chiamati idrocarburi. Un **idrocarburo** è un composto costituito esclusivamente da atomi di carbonio e idrogeno. La **Figura 12.1** mostra le quattro classi di idrocarburi e il tipo di legame tra atomi di carbonio che caratterizza ciascuna classe. Gli alcani sono **idrocarburi saturi**: essi contengono soltanto legami singoli, definiti anche legami “semplici”, carbonio-carbonio. In questo contesto, “saturato” significa che ogni atomo di carbonio dell'idrocarburo lega il massimo numero di atomi di idrogeno. Un **idrocarburo insaturo**, invece, è caratterizzato dalla presenza di uno o più doppi o tripli legami carbonio-carbonio oppure

**Alcano** Un idrocarburo saturo i cui atomi di carbonio fanno parte di una catena aperta.

**Idrocarburo** Un composto costituito esclusivamente da atomi di carbonio e idrogeno.

**Idrocarburo saturo** Un idrocarburo che contiene soltanto legami singoli carbonio-carbonio.

**FIGURA 12.1** Le quattro classi di idrocarburi.

Idrocarburi				
Classe	Alcani (Capitolo 12)	Alcheni (Capitolo 13)	Alchini (Capitolo 13)	Areni (Capitolo 14)
<b>Legami carbonio-carbonio</b>	Solo legami singoli carbonio-carbonio	Uno o più doppi legami carbonio-carbonio	Uno o più tripli legami carbonio-carbonio	Uno o più anelli di tipo benzenico
<b>Esempio</b>				
<b>Nome</b>	Etano	Etene	Etino	Benzene

di un anello benzenico. Studieremo gli alcani (idrocarburi saturi) in questo capitolo e alcheni, alchini ed areni (idrocarburi insaturi) nei Capitoli 13 e 14.

**Idrocarburo alifatico** Un alcano.

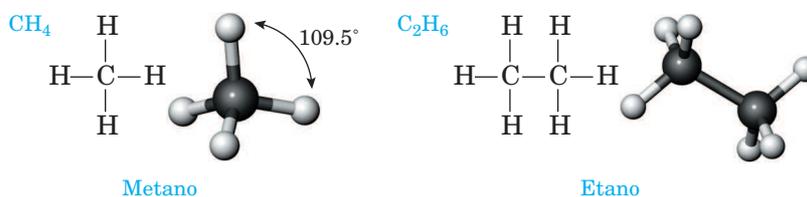
Spesso si indicano gli alcani come **idrocarburi alifatici**, in quanto le proprietà fisiche dei membri superiori di questa classe di composti ricordano quelle delle molecole a lunga catena carboniosa che si trovano nei grassi animali e negli oli vegetali (dal Greco: *aleiphar*, grasso o olio).

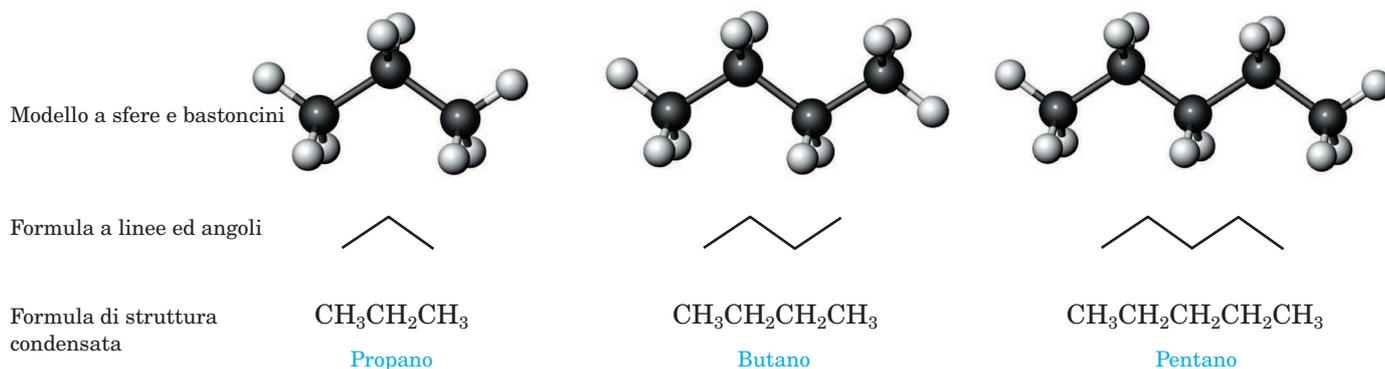
Il metano,  $\text{CH}_4$ , e l'etano,  $\text{C}_2\text{H}_6$ , sono i primi due membri della famiglia degli alcani. La [Figura 12.2](#) mostra la formula di Lewis ed il modello a sfere e bastoncini per queste due molecole. La geometria del metano è tetraedrica, con tutti gli angoli di legame  $\text{H}-\text{C}-\text{H}$  di circa  $109.5^\circ$ . Anche nell'etano ogni atomo di carbonio è tetraedrico, così come gli angoli di legame sono approssimativamente di  $109.5^\circ$ . Nonostante le strutture tridimensionali degli alcani a catena più lunga siano più complesse di quelle del metano e dell'etano, i quattro legami intorno ad ogni atomo di carbonio hanno comunque una disposizione tetraedrica con tutti gli angoli legami di circa  $109.5^\circ$ .

I membri successivi della famiglia degli alcani sono il propano, il butano e il pentano. Questi idrocarburi sono rappresentati nella figura alla pagina seguente nella formula di struttura condensata, che mostra tutti gli atomi di carbonio e di idrogeno. Essi possono anche essere descritti in una forma ancor più abbreviata chiamata **formula a linee ed angoli**. In questo tipo di formula ogni linea rappresenta un legame singolo carbonio-carbonio, ogni vertice un atomo di carbonio e l'estremità di una linea un gruppo  $-\text{CH}_3$ . Per contare gli atomi di idrogeno in una formula a linee ed angoli occorre semplicemente aggiungere mentalmente ad ogni atomo di carbonio un numero di atomi di idrogeno tale da consentirgli di formare quattro legami. I chimici usano le formule a linee ed angoli perché sono più facili e veloci da scrivere rispetto alle formule di struttura condensate.

**Formula a linee ed angoli** Un modo abbreviato per scrivere formule di struttura; in tale formula ogni vertice rappresenta un atomo di carbonio ed ogni linea rappresenta un legame carbonio-carbonio.

**FIGURA 12.2** Metano ed etano.





Le formule di struttura per gli alcani possono essere scritte in un'altra forma condensata ancora più abbreviata. Ad esempio, la formula di struttura del pentano contiene tre gruppi  $\text{CH}_2$  (**metilene**) nel mezzo della catena. È possibile raggrupparli e scrivere la formula di struttura  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$ . La Tabella 12.1 mostra i nomi e le formule molecolari dei primi dieci alcani a catena non ramificata. Si può osservare che i nomi di tutti questi alcani hanno la desinenza “-ano”. Si spiegherà meglio la nomenclatura degli alcani nella Sezione 12.3.

Gli alcani hanno la formula generale  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . Così, dato il numero di atomi di carbonio in un alcano, è facile determinare il numero di atomi di idrogeno nella molecola e anche la sua formula molecolare. Per esempio, il decano, con 10 atomi di carbonio, deve avere  $(2 \times 10) + 2 = 22$  atomi di idrogeno e formula molecolare  $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ .

### Esempio 12.1 Scrivere le formule a linee ed angoli

La Tabella 12.1 mostra la formula di struttura condensata dell'esano. Si scriva la formula a linee ed angoli per questo alcano e si numerino gli atomi di carbonio della catena cominciando da un'estremità e procedendo verso l'altra.

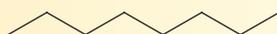
#### Strategia e soluzione

L'esano è costituito da sei atomi di carbonio disposti in una catena non ramificata. La sua formula a linee ed angoli è:



#### Problema 12.1

Di seguito è riportata la formula a linee ed angoli di un alcano. Come si chiama e qual è la sua formula molecolare?



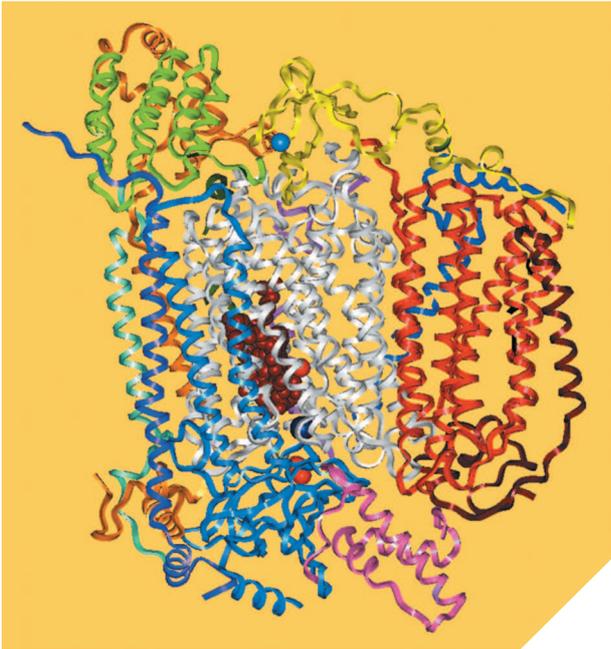
Charles D. Winters

Il butano,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ , è il combustibile in questo accendino. All'interno dell'accendino, le molecole di butano sono presenti sia allo stato liquido che allo stato gassoso.

TABELLA 12.1 I primi dieci alcani a catena non ramificata

Nome	Formula molecolare	Formula di struttura condensata	Nome	Formula molecolare	Formula di struttura condensata
Metano	$\text{CH}_4$	$\text{CH}_4$	Esano	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$
Etano	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{CH}_3\text{CH}_3$	Eptano	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$
Propano	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	Ottano	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$
Butano	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$	Nonano	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$
Pentano	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	Decano	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$





Rappresentazione a nastro della citocromo *c* ossidasi, l'enzima che utilizza direttamente l'ossigeno durante la respirazione.

### Domande chiave

- 25.1 Cosa sono gli enzimi?
- 25.2 Come sono denominati e classificati gli enzimi?
- 25.3 Qual è la terminologia usata con gli enzimi?
- 25.4 Quali fattori influenzano l'attività enzimatica?
- 25.5 Quali sono i meccanismi di azione degli enzimi?
- 25.6 Come sono regolati gli enzimi?
- 25.7 Come sono utilizzati gli enzimi in medicina?
- 25.8 Cosa sono gli analoghi dello stato di transizione e gli enzimi "progettati"?

## 25.1 Cosa sono gli enzimi?

Le cellule nel nostro corpo sono fabbriche chimiche. Soltanto alcuni delle migliaia di composti necessari per il funzionamento dell'organismo umano si ottengono attraverso la dieta. La maggior parte di queste sostanze è, invece, sintetizzata nelle cellule, il che significa che nelle nostre cellule, in ogni secondo, avvengono centinaia di reazioni chimiche.

Quasi tutte le reazioni sono catalizzate da **enzimi**, grandi molecole che aumentano la velocità delle reazioni chimiche senza subire alcun cambiamento. Senza gli enzimi, che agiscono da catalizzatori, la vita come la conosciamo non sarebbe possibile.

La stragrande maggioranza degli enzimi conosciuti sono proteine globulari. Tuttavia, le proteine non sono gli unici catalizzatori utilizzati dalle cellule. I **ribozimi** sono enzimi costituiti da acidi ribonucleici. Essi catalizzano il proprio autosplicing e sono implicati nella reazione che genera il legame peptidico (Capitolo 24). Molti biochimici ritengono che durante l'evoluzione i catalizzatori a RNA siano comparsi per primi, mentre gli enzimi proteici si sarebbero sviluppati in un secondo momento. (I catalizzatori a RNA verranno discussi più in dettaglio nella Sezione 27.4).

Come tutti i catalizzatori, gli enzimi non modificano la posizione dell'equilibrio di una reazione reversibile; essi non possono fare avvenire una reazione che non si verificherebbe senza la loro presenza. Gli enzimi, invece, aumentano la velocità delle reazioni riducendo l'energia di attivazione (questo parametro è stato discusso nel Capitolo 7). Come catalizzatori, gli enzimi hanno due caratteristiche salienti:

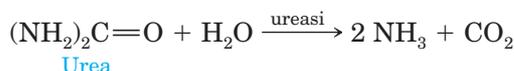
1. sono estremamente efficaci, aumentando le velocità di reazione anche di  $10^{20}$  volte;
2. sono estremamente **specifici**.

#### Specificità di substrato

La limitazione di un enzima di catalizzare reazioni specifiche con substrati specifici.

Come esempio della loro efficacia, si consideri l'ossidazione del glucosio. Un granello di glucosio o anche una soluzione di glucosio esposta all'ossigeno in condizioni sterili non mostra alcun cambiamento apprezzabile per mesi. Nel corpo umano, tuttavia, lo stesso glucosio viene ossidato in pochi secondi.

Ogni organismo ha molti enzimi, molti più di 3000 in una singola cellula. La maggior parte degli enzimi è molto specifica, tanto che ognuno di essi può accelerare solo una particolare reazione o classe di reazioni. Ad esempio, l'ureasi catalizza soltanto l'idrolisi di urea e non quella di altre ammidi, anche se molto simili.

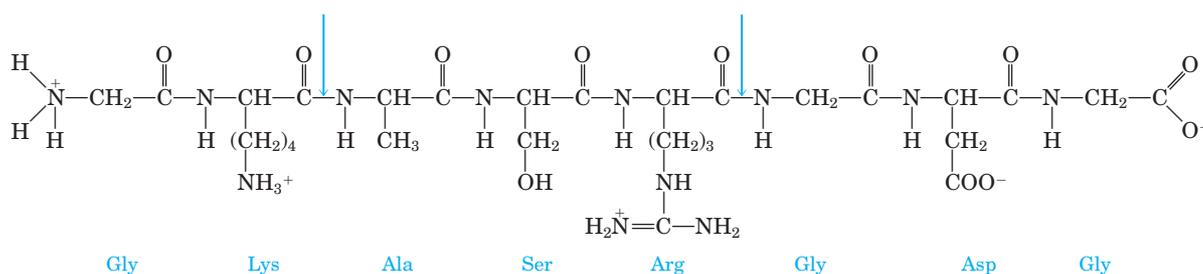


Un altro tipo di specificità può essere osservato con la tripsina, un enzima che scinde i legami peptidici delle proteine, ma non ogni tipo di legame peptidico, bensì solo quelli posizionati sul lato carbossilico dei residui di lisina e arginina (Figura 25.1).

L'enzima carbossipeptidasi catalizza l'idrolisi solo dell'ultimo amminoacido in una catena polipeptidica, quello all'estremità C-terminale. Le lipasi sono meno specifiche: catalizzano l'idrolisi dei trigliceridi, ma non agiscono su carboidrati o proteine.

La specificità degli enzimi si estende anche alla stereospecificità. L'enzima arginasi idrolizza l'amminoacido L-arginina (la forma comunemente presente in natura) ad un composto chiamato L-ornitina e urea, ma non ha effetto sulla sua immagine speculare, la D-arginina.

Gli enzimi sono distribuiti a seconda delle necessità del corpo di catalizzare reazioni specifiche. Numerosi enzimi proteolitici sono presenti nel sangue, pronti per promuovere la coagulazione. Gli enzimi digestivi che catalizzano l'idrolisi delle proteine si trovano nelle secrezioni dello stomaco e del pancreas. Anche all'interno delle stesse cellule, alcuni enzimi sono localizzati a seconda delle necessità di catalizzare specifiche reazioni. Per esempio, gli enzimi che catalizzano l'ossidazione dei composti del ciclo dell'acido citrico si trovano nei mitocondri, mentre organelli speciali come i lisosomi contengono un enzima (il lisozima) che catalizza la degradazione della parete cellulare batterica.



**FIGURA 25.1** Una sequenza tipica di amminoacidi. L'enzima tripsina catalizza l'idrolisi di questa catena solo nei punti indicati dalle frecce (il lato carbossilico dei residui di lisina e arginina).

## Collegamenti alla chimica 25A

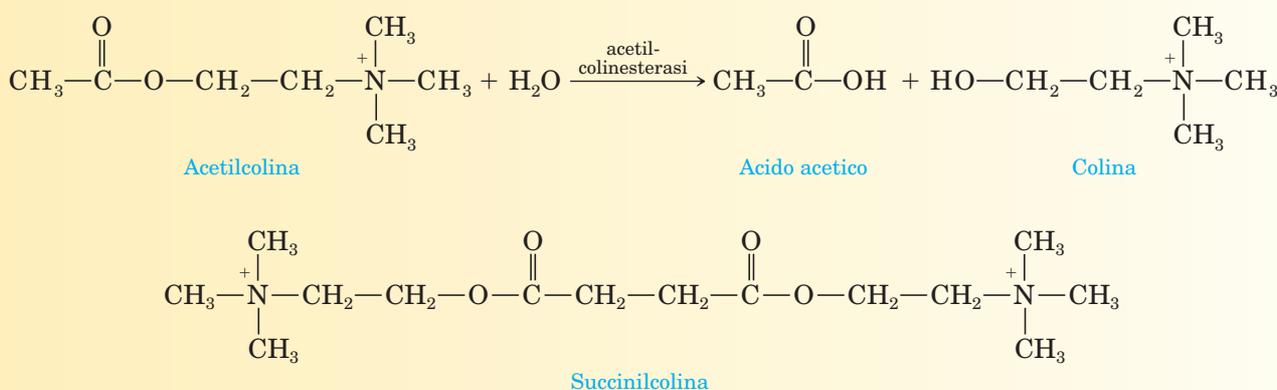
### Miorilassanti e specificità degli enzimi

Nel corpo, i nervi trasmettono segnali ai muscoli. L'acetilcolina è un neurotrasmettitore (Sezione 26.1) che opera tra le terminazioni nervose ed i muscoli. L'acetilcolina si lega ad un recettore specifico della placca neuromuscolare ed in seguito a questo legame viene trasmesso un segnale al muscolo per la contrazione; successivamente il muscolo si rilassa. Un enzima specifico, l'acetilcolinesterasi, catalizza poi l'idrolisi dell'acetilcolina, rimuovendola dal sito del recettore e lasciando libero il sito per il successivo segnale di trasmissione, cioè la contrazione successiva.

La succinilcolina è abbastanza simile all'acetilcolina, così che anch'essa si lega al recettore della placca neuro-

muscolare. Tuttavia, l'acetilcolinesterasi idrolizza la succinilcolina molto lentamente. Mentre questa rimane legata al recettore, nessun nuovo segnale può raggiungere il muscolo per permettere una nuova contrazione; ne consegue che il muscolo rimane rilasciato per un lungo tempo.

Questa caratteristica rende la succinilcolina un buon rilassante muscolare durante piccoli interventi chirurgici, soprattutto quando si effettua una broncoscopia. Dopo somministrazione endovenosa di 50 mg di succinilcolina, si hanno paralisi e arresto respiratorio entro 30 secondi; mentre la respirazione è sostenuta artificialmente, la broncoscopia può essere eseguita in pochi minuti.



Verifica il tuo apprendimento con i Problemi 25.51 e 25.52.

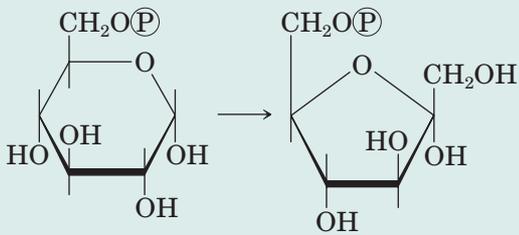
## 25.2 Come sono denominati e classificati gli enzimi?

I nomi degli enzimi sono comunemente derivati dalla reazione che catalizzano e/o dal composto o tipo di composto su cui agiscono. Per esempio, la lattato deidrogenasi accelera la rimozione di idrogeno dal lattato (una reazione di ossidazione); la fosfatasi acida catalizza l'idrolisi del legame fosfodiesterico in condizioni acide. Come si può notare da questi esempi, i nomi della maggior parte degli enzimi terminano in "-asi". Alcuni enzimi, tuttavia, hanno nomi che sono stati assegnati prima che la loro azione fosse ben compresa. Tra questi ci sono la pepsina, la tripsina e la chimotripsina – tutti enzimi del tratto digerente.

Gli enzimi possono essere classificati in sei grandi gruppi a seconda del tipo di reazione che catalizzano (Tabella 25.1):

- 1. Ossidoreduttasi** – catalizzano ossidazioni e riduzioni.
- 2. Transferasi** – catalizzano il trasferimento di un gruppo di atomi, ad esempio da una molecola ad un'altra.
- 3. Idrolasi** – catalizzano le reazioni di idrolisi.
- 4. Liasi** – catalizzano l'aggiunta di gruppi ad un doppio legame o la rimozione di gruppi da atomi adiacenti per creare un doppio legame.
- 5. Isomerasi** – catalizzano le reazioni di isomerizzazione.
- 6. Ligasi o sintetasi** – catalizzano l'unione di due molecole.

Tabella 25.1 Classificazione degli enzimi

Classe	Esempio tipico	Reazione catalizzata
1. Ossidoreduttasi	Lattato deidrogenasi	$\text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{COO}^- \longrightarrow \text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\text{C}}-\text{COO}^-$ <p style="text-align: center;">L-(+)-Lattato                      Piruvato</p>
2. Transferasi	Aspartato aminotransferasi o aspartato transaminasi	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}-\text{NH}_3^+ \\   \\ \text{COO}^- \end{array} + \begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{C}=\text{O} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COO}^- \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}=\text{O} \\   \\ \text{COO}^- \end{array} + \begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{CH}-\text{NH}_3^+ \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COO}^- \end{array}$ <p style="text-align: center;">Aspartato      α-Chetoglutarato      Ossalacetato      Glutammato</p>
3. Idrolasi	Acetilcolinesterasi	$\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3 + \text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">Acetilcolina</p> $\longrightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$ <p style="text-align: center;">Acido acetico                      Colina</p>
4. Liasi	Aconitasi	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}-\text{COO}^- \\    \\ \text{CH} \\   \\ \text{COO}^- \end{array} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}-\text{COO}^- \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{COO}^- \end{array}$ <p style="text-align: center;"><i>cis</i>-Aconitato                      Isocitrato</p>
5. Isomerasi	Fosfoesoso isomerasi	 <p style="text-align: center;">Glucosio 6-fosfato                      Fruttosio 6-fosfato</p>
6. Ligasi	Tirosina-tRNA sintetasi	$\text{ATP} + \text{L-tirosina} + \text{tRNA} \longrightarrow \text{L-tirosil-tRNA} + \text{AMP} + \text{PP}_i$





F.A. BETTELHEIM • W.H. BROWN • M.K. CAMPBELL • S.O. FARRELL • O.J. TORRES

# Chimica e Propedeutica Biochimica



[www.edises.it](http://www.edises.it)

ISBN 978-88-7959-841-5



9 788879 598415