

Comprende



versione Ebook
e Software
di simulazione

Brown • Iverson • Anslyn • Foote

Chimica Organica

VI edizione

Accedi all'ebook e ai contenuti digitali

Espandi le tue risorse
un libro che **non pesa**
e si **adatta** alle dimensioni
del **tuoi lettore!**



Utilizza il codice personale contenuto nel riquadro per registrarti al sito **edisesuniversita.it** e attivare la tua **area riservata**. Potrai accedere alla **versione digitale** del testo e a ulteriore **materiale didattico**.

Scopri il tuo **codice personale** grattando delicatamente la superficie

Il volume NON può essere venduto, né restituito, se il codice personale risulta visibile.
L'accesso al materiale didattico sarà consentito **per 18 mesi**.

Per attivare i **servizi riservati**, collegati al sito **edisesuniversita.it** e segui queste semplici istruzioni

Se sei registrato al sito

- clicca su *Accedi al materiale didattico*
- inserisci email e password
- inserisci le ultime 4 cifre del codice ISBN, riportato in basso a destra sul retro di copertina
- inserisci il tuo **codice personale** per essere reindirizzato automaticamente all'area riservata

Se non sei già registrato al sito

- clicca su *Accedi al materiale didattico*
- registrati al sito o autenticati tramite facebook
- attendi l'email di conferma per perfezionare la registrazione
- torna sul sito **edisesuniversita.it** e segui la procedura già descritta per *utenti registrati*



Ulteriori materiali e strumenti didattici sono accessibili dalla propria **area riservata** secondo la procedura indicata nel frontespizio.

Dalla sezione **materiali e servizi** della tua area riservata potrai accedere a:

- **Ebook:** versione digitale del testo in formato epub, standard dinamico che organizza il flusso di testo in base al dispositivo sul quale viene visualizzato. Fruibile mediante l'applicazione gratuita BookShelf, consente una visualizzazione ottimale su lettori e-reader, tablet, smartphone, iphone, desktop, Android, Apple e Kindle Fire.
- **Software di simulazione:** un vastissimo database di quesiti a risposta multipla per effettuare esercitazioni sull'**intero programma** o su **argomenti specifici**.
- **Istruzioni per l'utilizzo del kit di modelli molecolari** allegato gratuitamente al testo, costituito da circa **200 pezzi** comprendenti legami e vari atomi differentemente colorati in modo da rappresentare i diversi elementi. Le istruzioni ti permetteranno di **assemblare le molecole organiche** oggetto di studio, anche di elevata complessità.

Chimica organica

sesta edizione

William H. Brown
Beloit College, Emeritus

Brent L. Iverson
University of Texas, Austin

Eric V. Anslyn
University of Texas, Austin

Christopher S. Foote
University of California, Los Angeles

Il Capitolo 27 è un contributo originale di
Bruce M. Novak
University of Texas, Dallas



Titolo originale:

W.H. Brown, B.L. Iverson, E.V. Anslyn, C.S. Foote
Organic Chemistry, Eighth Edition
Copyright © 2018, 2014 Cengage Learning

Edizione italiana:

Chimica organica – sesta edizione
Copyright © 2019, EdiSES Università S.r.l. – Napoli

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
2023 2022 2021 2020 2019

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

Impaginazione:
Vincenzo Scasserra

Fotoincisione e stampa:
Petruzzi S.r.l.
via Venturelli 7/B – 06012 Città di Castello (PG)

per conto della
EdiSES Università S.r.l. – Piazza Dante, 89 – Napoli

http://www.edisesuniversita.it E-mail: info@edisesuniversita.it

ISBN 9788833190556

Hanno collaborato all'edizione italiana

Lucia Battistini

Università degli Studi di Chieti-Pescara

Maurizio Benaglio

Università degli Studi di Milano

Silvestre Buscemi

Università degli Studi di Palermo

Agostino Casapullo

Università degli Studi di Salerno

Claudio Curti

Università degli Studi di Parma

Claudio Grandi

Università degli Studi di Padova

Susanna Guernelli

Università degli Studi di Bologna

Daniela Lanari

Università degli Studi di Perugia

Marco Lucarini

Università degli Studi di Bologna

Antonio Palumbo Piccionello

Università degli Studi di Palermo

Luigi Panza

Università degli Studi del Piemonte Orientale

Andrea Pappalardo

Università degli Studi di Catania

Mauro Pineschi

Università degli Studi di Pisa

Federico Rastrelli

Università degli Studi di Padova

Giuliana Righi

Università degli Studi di Roma – Sapienza

Roberto Romeo

Università degli Studi di Messina

Alessandro Sacchetti

Università degli Studi di Milano

Silvia Tagliapietra

Università degli Studi di Torino

Graziella Tocco

Università degli Studi di Cagliari

Daniela Tofani

Università degli Studi di Roma 3

Lucio Toma

Università degli Studi di Pavia

Revisione a cura di:

Giancarlo Cravotto

Università degli Studi di Torino

Hanno collaborato alla precedente edizione:

Guido Angelini, Martina Cacciarini,
Giovanni Cerioni, Laura Cipolla, Paolo Crotti,
Massimo Curini, Antonella Fontana, Vincenzo Frenna,
Carla Gasbarri, Renato Noto, Giovanni Piersanti,
Giovanni Romeo, Gaetano Tomaselli

Questa ottava edizione è dedicata alla memoria del nostro caro amico e collega, Christopher Foote. I suoi suggerimenti, il supporto e l'impegno che ha profuso in questo progetto sono stati preziosi e insostituibili. La sua passione per l'insegnamento vive ora in tutti coloro che hanno avuto la fortuna di incontrarlo.

Notizie sugli Autori

William H. Brown è Professore Emerito di Chimica al Beloit College, dove è stato per due volte insignito del titolo di Docente dell'anno. Insegna chimica organica, chimica organica avanzata e argomenti specifici di farmacologia e sintesi di farmaci. Ha ricevuto il Ph.D. presso la Columbia University sotto la direzione di Gilbert Stork e ha svolto la sua attività di post-dottorato presso il California Institute of Technology e presso l'Università dell'Arizona.

Brent L. Iverson si è laureato alla Stanford University e ha conseguito il Ph.D. presso il California Institute of Technology. È Professore Insigne presso l'Università del Texas, Austin, oltre che uno stimato ricercatore. Le sue ricerche riguardano il campo di studi all'interfaccia tra la chimica organica e la biologia molecolare. Il suo gruppo di ricerca ha sviluppato diverse tecnologie brevettate, incluso un efficace trattamento per l'antrace in fase avanzata.

Eric V. Anslyn si è laureato alla California State University, Northridge, e ha conseguito il Ph.D. presso il California Institute of Technology. È Norman Hackerman Professore Insigne presso l'Università del Texas, ad Austin. Le sue ricerche si focalizzano sulla chimica fisica e bio-organica dei recettori naturali e sintetici e sulla catalisi.

Christopher S. Foote si è laureato alla Yale University e ha conseguito il Ph.D. alla Harvard University. È stato insignito dei titoli di Sloan Fellow, Guggenheim Fellow, ACS Baekland Award, ACS Cope Scholar, medaglia Tolman alla Southern California Section ACS, Presidente della American Society for Photobiology e Senior Editor della rivista "Accounts of Chemical Research". È stato Professore di chimica presso la UCLA.

Sommario

Prefazione / XXIV

- 1.** Legame covalente e geometria molecolare / 1

Da sapere (I) Concetti generali dalla meccanica quantistica / 69

- 2.** Alcani e cicloalcani / 72

- 3.** Stereoisomeria e chiralità / 127

- 4.** Acidi e basi / 170

- 5.** Alcheni: legami, nomenclatura e proprietà / 206

Da sapere (II) Nucleofili ed elettrofili / 228

Da sapere (III) Meccanismi di reazione / 232

- 6.** Reazioni degli alcheni / 240

- 7.** Alchini / 297

- 8.** Alogenoalcani, alogenazione e reazioni radicaliche / 330

Da sapere (IV) Gli errori più comuni
negli spostamenti di elettroni / 369

- 9.** Sostituzione nucleofila e β -eliminazione / 374

- 10.** Alcoli / 437

- 11.** Eteri, epossidi e solfuri / 492

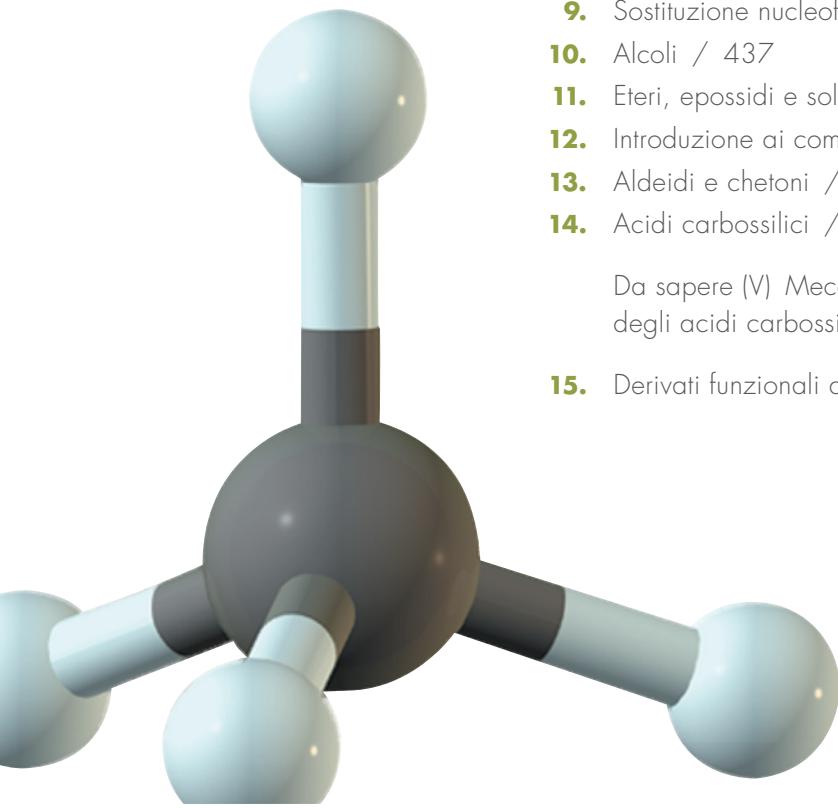
- 12.** Introduzione ai composti organometallici / 536

- 13.** Aldeidi e chetoni / 558

- 14.** Acidi carbossilici / 631

Da sapere (V) Meccanismi di reazione dei derivati
degli acidi carbossilici / 665

- 15.** Derivati funzionali degli acidi carbossilici / 668



- 16.** Anioni enolato ed enammine / 729
- 17.** Dieni, sistemi coniugati e reazioni pericliche / 800
- 18.** Il benzene e il concetto di aromaticità / 844
- 19.** Reazioni del benzene e dei suoi derivati / 901
- 20.** Ammine / 943
- 21.** Composti eterociclici / 1001
(a cura di Silvia Tagliapietra e Giancarlo Cravotto)
- 22.** Formazione catalitica dei legami carbonio-carbonio / 1045
- 23.** Carboidrati / 1084
- 24.** Lipidi / 1120
- 25.** Amminoacidi e proteine / 1149
- 26.** Acidi nucleici / 1188
- 27.** Chimica dei polimeri organici / 1214
- 28.** Spettroscopia infrarossa  (estensioni online)
- 29.** Spettroscopia di risonanza magnetica nucleare  (estensioni online)
- 30.** Spettrometria di massa  (estensioni online)

Appendici

- 1.** Termodinamica e costanti di equilibrio / A-1
- 2.** Principali classi di acidi organici / A-2
- 3.** Entalpie di dissociazione di legame / A-3
- 4.** Chemical shift caratteristici in $^1\text{H-NMR}$ / A-4
- 5.** Chemical shift caratteristici in $^{13}\text{C-NMR}$ / A-5
- 6.** Valori caratteristici delle frequenze di assorbimento nell'infrarosso / A-6
- 7.** Mappe di potenziale elettrostatico / A-7
- 8.** Sommario dei termini stereochimici / A-8
- 9.** Prontuario delle regole di nomenclatura / A-11
- 10.** Mappa delle reazioni in chimica organica / A-18

Glossario  (estensioni online)

Indice analitico / I-1

Indice generale

Prefazione XXIV

1 Legame covalente e geometria molecolare 1

- 1.1 Struttura elettronica degli atomi 2
- 1.2 Modello di legame di Lewis 7
 - COME SI FA Ricavare rapidamente la carica formale* 15
 - COME SI FA Disegnare le strutture di Lewis dalle formule di struttura condensate* 17
- 1.3 Gruppi funzionali 19
- 1.4 Angoli di legame e geometria molecolare 24
- 1.5 Molecole polari e apolari 27
 - ESERCITAZIONE Leggi il brano e rispondi alle domande Fullereni* 27
- 1.6 Meccanica quantistica o ondulatoria 29
- 1.7 Approccio combinato delle teorie dell'orbitale molecolare e del legame di valenza per il legame covalente 32
 - CONNESSIONI CON LA CHIMICA BIOLOGICA Esteri fosforici* 40
 - COME SI FA Riconoscere l'ibridizzazione e la geometria atomica* 45

- 1.8** Risonanza 45
COME SI FA Disegnare le frecce curve e gli spostamenti di elettroni per ottenere le strutture limite 46
- 1.9** Orbitali molecolari nei sistemi delocalizzati 51
ESERCITAZIONE Leggi il brano e rispondi alle domande VSEPR e risonanza 55
- 1.10** Lunghezza e forza di legame in alcani, alcheni e alchini 56
GUIDA ALLO STUDIO 57 • **PROBLEMI** 61

Da sapere (I) Concetti generali dalla meccanica quantistica 69

2 Alcani e cicloalcani 72

- 2.1** Struttura degli alcani 73
- 2.2** Isomeria costituzionale (o di struttura) negli alcani 74
- 2.3** Nomenclatura degli alcani e sistema IUPAC 77
- 2.4** Cicloalcani 82
- 2.5** Conformazioni di alcani e cicloalcani 85
COME SI FA Disegnare le conformazioni a sedia alternative del cicloesano 96
- 2.6** Isomeria *cis,trans* nei cicloalcani e nei bicicloalcani 99
COME SI FA Convertire cicloesani planari in cicloesani a sedia 100
ESERCITAZIONE Leggi il brano e rispondi alle domande La tetrodotossina 105
- 2.7** Proprietà fisiche di alcani e cicloalcani 107
- 2.8** Reazioni degli alcani 110
- 2.9** Fonti e impieghi degli alcani 112
CONNESSIONI CHIMICHE Numero di ottano: cosa significa questo parametro al distributore di benzina? 114
- GUIDA ALLO STUDIO** 115 • **PROBLEMI** 119

3 Stereoisomeria e chiralità 127

- 3.1** Chiralità delle molecole 128
- 3.2** Stereoisomeria 129
COME SI FA Disegnare molecole chirali 130
- 3.3** Nomenclatura dei centri chirali: il sistema *R,S* 134
COME SI FA Assegnare la configurazione R o S a un centro chirale 136
- 3.4** Molecole acicliche con due o più stereocentri 137
COME SI FA Disegnare e riconoscere rapidamente enantiomeri e diastereoisomeri 143
- 3.5** Molecole cicliche con due o più centri chirali 144
- 3.6** Una panoramica sulla terminologia 147
- 3.7** Attività ottica: rilevare la chiralità in laboratorio 149
- 3.8** La chiralità nel mondo biologico 153
CONNESSIONI CON LA CHIMICA BIOLOGICA Farmaci chirali 155
ESERCITAZIONE Leggi il brano e rispondi alle domande Stereochemica degli amminoacidi 155
- 3.9** Separazione degli enantiomeri: risoluzione di miscele racemiche 157
GUIDA ALLO STUDIO 160 • **PROBLEMI** 164

4 Acidi e basi 170

- 4.1** Acidi e basi secondo Arrhenius 170
- 4.2** Acidi e basi secondo Brønsted-Lowry 171
- 4.3** Costanti di dissociazione acida, pK_a e forza relativa di acidi e basi 178
- 4.4** Posizione dell'equilibrio nelle reazioni acido-base 180
 - COME SI FA Calcolare la costante di equilibrio per le reazioni acido-base* 181
 - CONNESSIONI CON LA CHIMICA BIOLOGICA La ionizzazione dei gruppi funzionali a pH fisiologico* 182
- 4.5** Termochimica e meccanismi delle reazioni acido-base 184
- 4.6** Struttura molecolare e acidità 188
 - ESERCITAZIONE Leggi il brano e rispondi alle domande Equilibri acido-base* 193
- 4.7** Acidi e basi secondo Lewis 193
 - GUIDA ALLO STUDIO** 196 • **PROBLEMI** 199

5 Alcheni: legami, nomenclatura e proprietà 206

- 5.1** Struttura degli alcheni 208
 - COME SI FA Calcolare l'indice di insaturazione* 208
- 5.2** Nomenclatura degli alcheni 211
- 5.3** Proprietà fisiche degli alcheni 217
 - CONNESSIONI CHIMICHE Il caso dei ceppi dell'Iowa e di New York della piralide del mais europeo* 217
- 5.4** Alcheni di origine naturale: gli idrocarburi terpenici 218
 - CONNESSIONI CON LA CHIMICA BIOLOGICA L'importanza dei doppi legami cis nei grassi e negli oli* 220
- GUIDA ALLO STUDIO** 222 • **PROBLEMI** 223

Da sapere (II) Nucleofili ed elettrofili 228**Da sapere (III) Meccanismi di reazione 232****6 Reazioni degli alcheni 240**

- 6.1** Reazioni degli alcheni: una panoramica 241
- 6.2** Reazioni organiche con formazione di intermedi reattivi 242
- 6.3** Addizione elettrofila 244
- 6.4** Idroborazione-ossidazione 264
- 6.5** Reazioni di ossidazione 268
 - COME SI FA Scrivere una semireazione bilanciata* 270
- 6.6** Reazioni di riduzione 273
 - CONNESSIONI CON LA CHIMICA BIOLOGICA Acidi grassi trans: cosa sono e come evitarli* 276
- 6.7** Reagenti e prodotti con centri chirali 277
 - GUIDA ALLO STUDIO** 282 • **PROBLEMI** 287

7 Alchini 297

- 7.1 Struttura degli alchini 298
- 7.2 Nomenclatura degli alchini 298
- 7.3 Proprietà fisiche degli alchini 300
- 7.4 Acidità degli alchini 301
- 7.5 Preparazione degli alchini 301
- 7.6 Addizione elettrofila agli alchini 305
- 7.7 Idratazione degli alchini ad aldeidi e chetoni 307
- 7.8 Riduzione degli alchini 312
- 7.9 Sintesi organica 314

GUIDA ALLO STUDIO 318 • PROBLEMI 322

8 Alogenoalcani, alogenazione e reazioni radicaliche 330

- 8.1 Struttura degli alogenoalcani 331
- 8.2 Nomenclatura degli alogenoalcani 331
- 8.3 Proprietà fisiche degli alogenoalcani 332
- 8.4 Preparazione degli alogenoalcani per alogenazione di alcani 336
- 8.5 Meccanismo di alogenazione degli alcani 340
 - CONNESSIONI CHIMICHE I freon 344
- 8.6 Alogenazione allilica 348
- 8.7 Autossidazione radicalica 353
 - ESERCITAZIONE Leggi il brano e rispondi alle domande Gli antiossidanti 354
- 8.8 Addizione di HBr agli alcheni per via radicalica 356

GUIDA ALLO STUDIO 359 • PROBLEMI 363

Da sapere (IV) Gli errori più comuni negli spostamenti di elettroni 369

9 Sostituzione nucleofila e β -eliminazione 374

- 9.1 Sostituzione nucleofila negli alogenuri alchilici 376
- 9.2 Meccanismi della sostituzione nucleofila alifatica 377
- 9.3 Evidenze sperimentali per i meccanismi S_N1 e S_N2 381
- 9.4 Analisi di varie reazioni di sostituzione nucleofila 397
- 9.5 β -eliminazione 400
- 9.6 Meccanismi di β -eliminazione 402
- 9.7 Evidenze sperimentali per i meccanismi E1 ed E2 404
- 9.8 Competizione tra sostituzione ed eliminazione 410
- 9.9 Analisi della competizione tra sostituzione ed eliminazione 415
 - ESERCITAZIONE Leggi il brano e rispondi alle domande Solventi e solvatazione 417
- 9.10 Partecipazione del gruppo vicinale 418
 - CONNESSIONI CON LA CHIMICA BIOLOGICA I gas mostarda nel trattamento del cancro 420

GUIDA ALLO STUDIO 422 • PROBLEMI 427

10 Alcoli 437

- 10.1** Struttura e nomenclatura degli alcoli 438
- 10.2** Proprietà fisiche degli alcoli 441
 - CONNESSIONI CON LA CHIMICA BIOLOGICA L'importanza dei legami a idrogeno nelle interazioni farmaco-recettore 442*
- 10.3** Acidità e basicità degli alcoli 445
- 10.4** Reazioni degli alcoli con metalli attivi 446
- 10.5** Conversione degli alcoli in alogenuri alchilici e solfonati 447
- 10.6** Disidratazione acido-catalizzata degli alcoli 454
- 10.7** Trasposizione pinacolica 459
 - ESERCITAZIONE Leggi il brano e rispondi alle domande Trasposizione pinacolica 462*
- 10.8** Ossidazione degli alcoli 463
 - CONNESSIONI CHIMICHE Determinazione del tasso alcolico nel sangue 466*
 - CONNESSIONI CON LA CHIMICA BIOLOGICA Ossidazione degli alcoli con NAD⁺ 470*
 - ESERCITAZIONE Leggi il brano e rispondi alle domande Ossidazioni degli alcoli 472*
- 10.9** Tioli 473
 - GUIDA ALLO STUDIO** 477 • **PROBLEMI** 483

11 Eteri, epossidi e solfuri 492

- 11.1** Struttura degli eteri 493
- 11.2** Nomenclatura degli eteri 493
- 11.3** Proprietà fisiche degli eteri 494
- 11.4** Preparazione degli eteri 496
- 11.5** Reazioni degli eteri 500
- 11.6** Silil eteri come gruppi protettori 503
- 11.7** Epossidi: struttura e nomenclatura 505
- 11.8** Sintesi degli epossidi 505
- 11.9** Reazioni degli epossidi 510
 - ESERCITAZIONE Leggi il brano e rispondi alle domande Benzo[a]pirene 513*
- 11.10** Ossido di etilene ed epicloridrina: mattoni per la sintesi organica 515
- 11.11** Eteri corona 517
- 11.12** Solfuri 518
 - GUIDA ALLO STUDIO** 520 • **PROBLEMI** 526

12 Introduzione ai composti organometallici 536

- 12.1** Composti organometallici del magnesio e del litio 537
- 12.2** Litio diorganocuprati (reattivi di Gilman) 542
- 12.3** Carbeni e carbenoidi 545
 - ESERCITAZIONE Leggi il brano e rispondi alle domande Composti di coordinazione inorganici 549*
- GUIDA ALLO STUDIO** 550 • **PROBLEMI** 553

13 Aldeidi e chetoni 558

- 13.1 Struttura e legami 559
- 13.2 Nomenclatura 559
- 13.3 Proprietà fisiche di aldeidi e chetoni 563
- 13.4 Reazioni di aldeidi e chetoni 564
- 13.5 Addizione di nucleofili al carbonio 565
- 13.6 Reazione di Wittig 572
- 13.7 Addizione di nucleofili all'ossigeno 576
- 13.8 Addizione di nucleofili all'azoto 584
 - ESERCITAZIONE Leggi il brano e rispondi alle domande La piridossina (vitamina B_6), un trasportatore di gruppi amminici 588*
- 13.9 Tautomeria cheto-enolica 590
- 13.10 Ossidazione 594
- 13.11 Riduzione 597
 - CONNESSIONI CON LA CHIMICA BIOLOGICA NADH, l'equivalente biologico di un idruro riduttore 600*
 - COME SI FA Analisi retrosintetica di un'ammina ottenuta per amminazione riduttiva 601*
- 13.12 Reazioni al carbonio α 605
 - GUIDA ALLO STUDIO** 607 • **PROBLEMI** 616

14 Acidi carbossilici 631

- 14.1 Struttura degli acidi carbossilici 631
- 14.2 Nomenclatura degli acidi carbossilici 632
- 14.3 Proprietà fisiche 635
 - CONNESSIONI CHIMICHE Dalla corteccia del salice all'aspirina e oltre 636*
- 14.4 Acidità 638
- 14.5 Preparazione degli acidi carbossilici 642
- 14.6 Riduzione 642
 - CONNESSIONI CHIMICHE Sintesi industriale dell'acido acetico: catalisi con metalli di transizione 643*
- 14.7 Esterificazione 644
- 14.8 Conversione in cloruri acilici 646
 - CONNESSIONI CHIMICHE Esteri come agenti aromatizzanti 647*
 - ESERCITAZIONE Leggi il brano e rispondi alle domande Permetrina e bifentrina 648*
- 14.9 Decarbossilazione 649
 - CONNESSIONI CON LA CHIMICA BIOLOGICA Corpi chetonici e diabete mellito 651*
 - GUIDA ALLO STUDIO** 652 • **PROBLEMI** 656

**Da sapere (V) Meccanismi di reazione
dei derivati degli acidi carbossilici 665**

15 Derivati funzionali degli acidi carbossilici 668

- 15.1** Struttura e nomenclatura 669
CONNESSIONI CHIMICHE *Dalla cocaina alla procaina e oltre* 671
CONNESSIONI CHIMICHE *Dal trifoglio ammuffito a un anticoagulante del sangue* 672
- 15.2** Acidità di ammidi, immidi e solfonammidi 674
CONNESSIONI CON LA CHIMICA BIOLOGICA *La particolare struttura dei legami ammidici* 675
- 15.3** Reazioni caratteristiche 676
- 15.4** Reazione con l'acqua: idrolisi 680
CONNESSIONI CHIMICHE *Mecanismi alternativi per l'idrolisi degli esteri: S_N2 e S_N1* 685
- 15.5** Reazione con gli alcoli 692
- 15.6** Reazioni con ammoniaca e ammine 694
- 15.7** Reazione dei cloruri acilici con i sali degli acidi carbossilici 696
- 15.8** Interconversione dei derivati funzionali 696
ESERCITAZIONE *Leggi il brano e rispondi alle domande Antibiotici β-lattamici* 697
- 15.9** Reazioni con i composti organometallici 699
- 15.10** Riduzione 702

GUIDA ALLO STUDIO 707 • **PROBLEMI** 714

16 Anioni enolato ed enammine 729

- 16.1** Formazione e reazioni degli anioni enolato: una panoramica 729
- 16.2** Reazione aldolica 731
- 16.3** Condensazioni di Claisen e di Dieckmann 738
- 16.4** Condensazione di Claisen e condensazione aldolica in biochimica 744
CONNESSIONI CHIMICHE *Farmaci che abbassano i livelli plasmatici di colesterolo* 745
- 16.5** Enammine 747
- 16.6** Sintesi con l'estere acetoacetico (sintesi acetoacetica) 751
- 16.7** Sintesi con l'estere malonico (sintesi malonica) 755
- 16.8** Addizione coniugata a composti carbonilici α,β-insaturi 757
- 16.9** Reazioni incrociate degli enolati con l'impiego di LDA 766
ESERCITAZIONE *Leggi il brano e rispondi alle domande Ibuprofene: evoluzione di una sintesi industriale* 770

GUIDA ALLO STUDIO 772 • **PROBLEMI** 780

17 Dieni, sistemi coniugati e reazioni pericicliche 800

- 17.1** Stabilità dei dieni coniugati 800
- 17.2** Addizione elettrofila ai dieni coniugati 804
- 17.3** Spettroscopia UV-visibile 810
- 17.4** Un modello per le reazioni pericicliche 815

CONNESSIONI CHIMICHE *Curry e cancro* 815

- 17.5** La reazione di Diels-Alder 817
17.6 Trasposizioni sigmatropiche 826
GUIDA ALLO STUDIO 831 • PROBLEMI 836

18 Il benzene e il concetto di aromaticità 844

- 18.1** Struttura del benzene 845
18.2 Il concetto di aromaticità 849
COME SI FA *Riconoscere i composti aromatici: criteri e precisazioni* 859
18.3 Nomenclatura 860
18.4 Fenoli 863
ESERCITAZIONE *Leggi il brano e rispondi alle domande Capsaicina, "a qualcuno piace caldo"* 867
18.5 Reazioni in posizione benzilica 872
GUIDA ALLO STUDIO 876 • PROBLEMI 882

19 Reazioni del benzene e dei suoi derivati 901

- 19.1** Sostituzione elettrofila aromatica 902
19.2 Disostituzione e polisostituzione 912
19.3 Sostituzione nucleofila aromatica 919
GUIDA ALLO STUDIO 923 • PROBLEMI 928

20 Ammine 943

- 20.1** Struttura e classificazione 943
20.2 Nomenclatura delle ammine 945
20.3 Chiralità delle ammine e degli ioni ammonio quaternari 948
20.4 Proprietà fisiche 949
CONNESSIONI CHIMICHE *Le rane delle frecce avvelenate del Sud America* 949
20.5 Basicità 951
ESERCITAZIONE *Leggi il brano e rispondi alle domande La planarità dei gruppi —NH₂ sugli anelli eterociclici* 955
20.6 Reazioni con gli acidi 959
20.7 Preparazione 962
20.8 Reazione con l'acido nitroso 964
20.9 Eliminazione di Hofmann 973
20.10 Eliminazione di Cope 975
GUIDA ALLO STUDIO 977 • PROBLEMI 984

21 Composti eterociclici 1001

- 21.1** Nomenclatura 1002
21.2 Composti eterociclici ricchi di elettroni 1003
21.3 Composti eterociclici poveri di elettroni 1014

21.4 Basicità dei composti eterociclici azotati 1028*CONNESSIONI CHIMICHE I principali composti eterociclici 1030***GUIDA ALLO STUDIO 1033 • PROBLEMI 1039****22 Formazione catalitica dei legami carbonio-carbonio 1045****22.1 Reazioni di formazione di legami carbonio-carbonio illustrate nei capitoli precedenti 1046****22.2 Composti organometallici e catalisi 1047****22.3 La reazione di Heck 1048****22.4 Alchilazione allilica catalitica 1054****22.5 Reazioni di accoppiamento catalizzate dal palladio 1057****22.6 Metatesi di alcheni 1062****GUIDA ALLO STUDIO 1065 • PROBLEMI 1069****23 Carboidrati 1084****23.1 Monosaccaridi 1085****23.2 Struttura ciclica dei monosaccaridi 1089***CONNESSIONI CHIMICHE L'acido L-ascorbico (vitamina C) 1091***23.3 Reazioni dei monosaccaridi 1093***CONNESSIONI CHIMICHE Dosaggio del glucosio 1098**ESERCITAZIONE Leggi il brano e rispondi alle domande Fucosio 1100***23.4 Disaccaridi e oligosaccaridi 1101***CONNESSIONI CHIMICHE Determinanti dei gruppi sanguigni A, B, AB e O 1103***23.5 Polisaccaridi 1104***CONNESSIONI CHIMICHE Sciroppo di mais ad alto contenuto di fruttosio 1105***23.6 Glucosamminoglicani 1106****GUIDA ALLO STUDIO 1108 • PROBLEMI 1113****24 Lipidi 1120****24.1 Trigliceridi 1121****24.2 Saponi e detergenti 1124***CONNESSIONI CON LA CHIMICA BIOLOGICA FAD/FADH₂, agenti per il trasferimento elettronico nelle ossidoriduzioni: ossidazione degli acidi grassi 1126***24.3 Prostaglandine 1128****24.4 Steroidi 1130****24.5 Fosfolipidi 1135***CONNESSIONI CHIMICHE Le fosfolipasi nel veleno dei serpenti 1136***24.6 Vitamine liposolubili 1137***ESERCITAZIONE Leggi il brano e rispondi alle domande Vitamina K, coagulazione del sangue e basicità 1140***GUIDA ALLO STUDIO 1141 • PROBLEMI 1144**

25 Amminoacidi e proteine 1149

- 25.1** Amminoacidi 1149
- 25.2** Proprietà acido-base degli amminoacidi 1153
- 25.3** Polipeptidi e proteine 1158
- 25.4** Struttura primaria di polipeptidi e proteine 1159
- 25.5** Sintesi dei polipeptidi 1166
- 25.6** Struttura tridimensionale di polipeptidi e proteine 1171

CONNESSIONI CHIMICHE La seta dei ragni 1175

GUIDA ALLO STUDIO 1177 • **PROBLEMI** 1182

26 Acidi nucleici 1188

- 26.1** Nucleosidi e nucleotidi 1189
- 26.2** Struttura del DNA 1191

CONNESSIONI CHIMICHE La ricerca di farmaci antivirali 1194

- 26.3** Acidi ribonucleici 1198

CONNESSIONI CHIMICHE La fontana della giovinezza 1199

- 26.4** Il codice genetico 1201
- 26.5** Determinazione della sequenza degli acidi nucleici 1203

CONNESSIONI CHIMICHE L'impronta genetica 1207

GUIDA ALLO STUDIO 1209 • **PROBLEMI** 1211

27 Chimica dei polimeri organici 1214

- 27.1** Architettura dei polimeri 1215
- 27.2** Rappresentazione e nomenclatura dei polimeri 1215
- 27.3** Pesi molecolari dei polimeri 1217
- 27.4** Morfologia dei polimeri: materiali cristallini e materiali amorfi 1217
- 27.5** Polimerizzazioni a stadi 1218

CONNESSIONI CHIMICHE Suture assorbibili 1224

- 27.6** Polimerizzazioni a catena 1225

CONNESSIONI CHIMICHE Polimeri organici che conducono l'elettricità 1229

ESERCITAZIONE Leggi il brano e rispondi alle domande La chimica della super-colla 1236

CONNESSIONI CHIMICHE Il riciclo delle materie plastiche 1241

GUIDA ALLO STUDIO 1243 • **PROBLEMI** 1246

28 Spettroscopia infrarossa (estensioni online)

- 28.1** Radiazione elettromagnetica
- 28.2** Spettroscopia molecolare
- 28.3** Spettroscopia infrarossa
- 28.4** Interpretazione di spettri infrarossi
- 28.5** Soluzione di problemi di spettroscopia infrarossa

GUIDA ALLO STUDIO • **PROBLEMI**

29 Spettroscopia di risonanza magnetica nucleare (estensioni online)

- 29.1** Stati nucleari di spin
- 29.2** Orientazione degli spin nucleari in un campo magnetico esterno
- 29.3** "Risonanza" magnetica nucleare
- 29.4** Lo spettrometro NMR
- 29.5** Idrogeni equivalenti
- 29.6** Area dei segnali
- 29.7** Chemical shift
- 29.8** La suddivisione del segnale e la regola ($n + 1$)
- 29.9** Origini della suddivisione del segnale
- 29.10** Stereochemica e topologia

CONNESSIONI CHIMICHE Risonanza magnetica per immagini

- 29.11** Spettroscopia ^{13}C -NMR
- 29.12** Interpretazione degli spettri NMR

COME SI FA Risolvere i problemi sugli spettri NMR

GUIDA ALLO STUDIO • PROBLEMI

30 Spettrometria di massa (estensioni online)

- 30.1** Uno spettrometro di massa
 - 30.2** Caratteristiche di uno spettro di massa
 - 30.3** Interpretazione degli spettri di massa
- CONNESSIONI CON LA CHIMICA BIOLOGICA La spettrometria di massa di macromolecole biologiche*
- 30.4** Spettrometria di massa nel laboratorio di sintesi organica ed in altre applicazioni

GUIDA ALLO STUDIO • PROBLEMI

Appendici

1. Termodinamica e costanti di equilibrio A-1
2. Principali classi di acidi organici A-2
3. Entalpie di dissociazione di legame A-3
4. Chemical shift caratteristici in ^1H -NMR A-4
5. Chemical shift caratteristici in ^{13}C -NMR A-5
6. Valori caratteristici delle frequenze di assorbimento nell'infrarosso A-6
7. Mappe di potenziale eletrostatico A-7
8. Sommario dei termini stereochimici A-8
9. Prontuario delle regole di nomenclatura A-11
10. Mappa delle reazioni in chimica organica A-18

Glossario (estensioni online)

Indice analitico I-1

Elenco dei meccanismi

Capitolo 6 Reazioni degli alcheni

- 6.1 Addizione eletrofila di HBr al 2-butene (**Paragrafo 6.3A**)
- 6.2 Idratazione del propene catalizzata da acidi (**Paragrafo 6.3B**)
- 6.3 Trasposizione carbocationica nell'addizione di HCl a un alchene (**Paragrafo 6.3C**)
- 6.4 Addizione di bromo con stereoselettività *anti* (**Paragrafo 6.3D**)
- 6.5 Formazione di aloidrine con stereoselettività *anti* (**Paragrafo 6.3E**)
- 6.6 Ossimercuriazione-riduzione di un alchene (**Paragrafo 6.3F**)
- 6.7 Idroborazione (**Paragrafo 6.4**)
- 6.8 Ossidazione di un trialchilborano con perossido di idrogeno in ambiente basico (**Paragrafo 6.4**)
- 6.9 Formazione di un ozonide (**Paragrafo 6.5B**)

Capitolo 7 Alchini

- 7.1 Addizione di HBr a un alchino (**Paragrafo 7.6B**)
- 7.2 Idratazione di un alchino catalizzata da $\text{HgSO}_4/\text{H}_2\text{SO}_4$ (**Paragrafo 7.7B**)
- 7.3 Riduzione di un alchino con sodio in ammoniaca liquida (**Paragrafo 7.8C**)

Capitolo 8 Alogenoalcani, alogenazione e reazioni radicaliche

- 8.1 Clorurazione radicalica dell'etano (**Paragrafo 8.5B**)
- 8.2 Bromurazione allilica del propene mediante NBS (**Paragrafo 8.6A**)
- 8.3 Addizione non-Markovnikov di HBr agli alcheni promossa da radicali (**Paragrafo 8.8**)

Capitolo 9 Sostituzione nucleofila e β -eliminazione

- 9.1 Reazione $\text{S}_{\text{N}}2$ (**Paragrafo 9.2A**)
- 9.2 Reazione $\text{S}_{\text{N}}1$ (**Paragrafo 9.2B**)
- 9.3 Trasposizione del 2-cloro-3-fenilbutano durante la solvolisi (**Paragrafo 9.3F**)
- 9.4 Reazione E1 del 2-bromo-2-metilpropano (**Paragrafo 9.6A**)
- 9.5 Reazione E2 del 2-bromobutano (**Paragrafo 9.6B**)

- 9.6 Reazione E2 del meso-1,2-dibromo-1,2-difeniletano (**Paragrafo 9.7C**)
- 9.7 Reazione E2 degli enantiomeri dell'1,2-dibromo-1,2-difeniletano (**Paragrafo 9.7C**)
- 9.8 Reazione E2 del *cis*-1-cloro-2-isopropilcicloesano (**Paragrafo 9.7C**)
- 9.9 Idrolisi di una mostarda solforata: partecipazione di un gruppo vicinale (**Paragrafo 9.10**)

Capitolo 10 Alcoli

- 10.1 Reazione S_N1 di un alcol terziario con HBr (**Paragrafo 10.5A**)
- 10.2 Reazione S_N2 di un alcol primario con HBr (**Paragrafo 10.5A**)
- 10.3 Processo di trasposizione nella reazione tra alcol neopentilico e HCl (**Paragrafo 10.5A**)
- 10.4 Reazione di un alcol primario con PBr_3 (**Paragrafo 10.5B**)
- 10.5 Disidratazione acido-catalizzata del 2-butanol: una reazione E1 (**Paragrafo 10.6**)
- 10.6 Disidratazione acido-catalizzata di un alcol primario non ramificato (**Paragrafo 10.6**)
- 10.7 Trasposizione pinacolica del 2,3-dimetil-2,3-butandiolo (pinacolo) (**Paragrafo 10.7**)
- 10.8 Ossidazione di un alcol con acido cromico (**Paragrafo 10.8A**)
- 10.9 Ossidazione di Swern a partire dallo stadio che coinvolge lo ione clorosolfonio (**Paragrafo 10.8C**)
- 10.10 Ossidazione di Dess-Martin (**Paragrafo 10.8D**)
- 10.11 Ossidazione di un glicole con acido periodico (**Paragrafo 10.8E**)
- 10.12 Ossidazione di un alcol con NAD^+ (**Paragrafo 10.8E**)

Capitolo 11 Eteri, epossidi e sulfuri

- 11.1 Disidratazione intermolecolare catalizzata dagli acidi di un alcol primario (**Paragrafo 11.4B**)
- 11.2 Addizione acido-catalizzata di un alcol a un alchene (**Paragrafo 11.4C**)
- 11.3 Scissione acido-catalizzata di un dialchil etere (**Paragrafo 11.5A**)
- 11.4 Epossidazione di un alchene mediante RCO_3H (**Paragrafo 11.8C**)
- 11.5 Idrolisi acido-catalizzata di un epossido (**Paragrafo 11.9A**)
- 11.6 Apertura nucleofila di un anello epossidico (**Paragrafo 11.9B**)

Capitolo 12 Introduzione ai composti organometallici

- 12.1 Formazione del diclorocarbene e reazione con il ciclosesene (**Paragrafo 12.3B**)
- 12.2 Reazione di Simmons-Smith con un alchene (**Paragrafo 12.3C**)

Capitolo 13 Aldeidi e chetoni

- 13.1 Reazione di un reattivo di Grignard con la formaldeide (**Paragrafo 13.5A**)
- 13.2 Reazione di un reattivo di organolitio con un chetone (**Paragrafo 13.5B**)
- 13.3 Reazione di un anione acetiluro con un chetone (**Paragrafo 13.5C**)
- 13.4 Formazione di una cianidrina (**Paragrafo 13.5D**)
- 13.5 Reazione di Wittig (**Paragrafo 13.6**)
- 13.6 Formazione di un emiacetale catalizzata da basi (**Paragrafo 13.7B**)
- 13.7 Formazione di un emiacetale catalizzata da acidi (**Paragrafo 13.7B**)
- 13.8 Formazione di un acetale catalizzata da acidi (**Paragrafo 13.7B**)
- 13.9 Formazione di un'immina da un'aldeide o da un chetone (**Paragrafo 13.8A**)
- 13.10 Equilibrio base-catalizzato tra la forma chetonica ed enolica (**Paragrafo 13.9A**)
- 13.11 Equilibrio acido-catalizzato tra la forma chetonica ed enolica (**Paragrafo 13.9A**)

- 13.12 Ossidazione di Pinnick (**Paragrafo 13.10A**)
- 13.13 Riduzione di un'aldeide o di un chetone con sodio boroidruro (**Paragrafo 13.11A**)
- 13.14 Riduzione di Wolff-Kishner (**Paragrafo 13.11E**)
- 13.15 α -Alogenazione acido-catalizzata di un chetone (**Paragrafo 13.12C**)
- 13.16 α -Alogenazione di un chetone promossa da una base (**Paragrafo 13.12C**)

Capitolo 14 Acidi carbossilici

- 14.1 Formazione di un estere metilico utilizzando il diazometano (**Paragrafo 14.7B**)
- 14.2 Decarbossilazione di un acido β -chetocarbossilico (**Paragrafo 14.9A**)
- 14.3 Decarbossilazione di un acido β -dicarbossilico (**Paragrafo 14.9B**)

Capitolo 15 Derivati funzionali degli acidi carbossilici

- 15.1 Idrolisi di un cloruro acilico (**Paragrafo 15.4A**)
- 15.2 Idrolisi degli esteri catalizzata dagli acidi (**Paragrafo 15.4C**)
- 15.3 Idrolisi di un estere in una base acquosa (saponificazione) (**Paragrafo 15.4C**)
- 15.4 Idrolisi di un'ammide in un acido acquoso (**Paragrafo 15.4D**)
- 15.5 Idrolisi di un'ammide in una base acquosa (**Paragrafo 15.4D**)
- 15.6 Idrolisi di un gruppo ciano ad ammide in una base acquosa (**Paragrafo 15.4E**)
- 15.7 Reazione di un cloruro acilico con ammoniaca (**Paragrafo 15.6A**)
- 15.8 Reazione di un estere con un reattivo di Grignard (**Paragrafo 15.9A**)
- 15.9 Riduzione di un estere con litio alluminio idruro (**Paragrafo 15.10A**)
- 15.10 Riduzione di un'ammide con litio alluminio idruro (**Paragrafo 15.10B**)

Capitolo 16 Anioni enolato ed enammine

- 16.1 Reazione aldolica catalizzata da basi (**Paragrafo 16.2A**)
- 16.2 Reazione aldolica catalizzata da acidi (**Paragrafo 16.2A**)
- 16.3 Disidratazione acido-catalizzata di un prodotto aldolico (**Paragrafo 16.2A**)
- 16.4 Condensazione di Claisen (**Paragrafo 16.3A**)
- 16.5 Alchilazione di un'enammina (**Paragrafo 16.5A**)
- 16.6 Reazione di Michael: addizione coniugata di anioni enolato (**Paragrafo 16.8A**)

Capitolo 17 Dieni, sistemi coniugati e reazioni pericicliche

- 17.1 Addizione 1,2 e 1,4 a un diene coniugato (**Paragrafo 17.2A**)
- 17.2 Trasposizione di Claisen (**Paragrafo 17.6A**)
- 17.3 Trasposizione di Cope (**Paragrafo 17.6B**)

Capitolo 18 Il benzene e il concetto di aromaticità

- 18.1 Carbossilazione di Kolbe del fenolo (**Paragrafo 18.4E**)

Capitolo 19 Reazioni del benzene e dei suoi derivati

- 19.1 Sostituzione elettrofila aromatica: clorurazione (**Paragrafo 19.1A**)
- 19.2 Formazione dello ione nitronio (**Paragrafo 19.1B**)
- 19.3 Alchilazione di Friedel-Crafts (**Paragrafo 19.1C**)

- 19.4 Acilazione di Friedel-Crafts: formazione di uno ione acilio (**Paragrafo 19.1C**)
- 19.5 Sostituzione nucleofila aromatica attraverso un intermedio benzinico (**Paragrafo 19.3A**)
- 19.6 Sostituzione nucleofila aromatica mediante addizione-eliminazione (**Paragrafo 19.3B**)

Capitolo 20 Ammine

- 20.1 Formazione del catione nitrosile (**Paragrafo 20.8**)
- 20.2 Reazione di un'ammina secondaria con il catione nitrosile con formazione di una *N*-nitrosammina (**Paragrafo 20.8C**)
- 20.3 Reazione di un'ammina primaria con l'acido nitroso (**Paragrafo 20.8D**)
- 20.4 Reazione di Tiffeneau-Demjanov (**Paragrafo 20.8D**)
- 20.5 Eliminazione di Hofmann (**Paragrafo 20.9**)
- 20.6 Eliminazione di Cope (**Paragrafo 20.10**)

Capitolo 21 Composti eterociclici

- 21.1 Sintesi del 2-metilindolo dal fenildrazone dell'acetone (**Paragrafo 21.2B**)

Capitolo 22 Formazione catalitica dei legami carbonio-carbonio

- 22.1 Reazione di Heck (**Paragrafo 22.3B**)
- 22.2 Ciclo catalitico dell'alchilazione allilica (**Paragrafo 22.4A**)
- 22.3 Ciclo catalitico della reazione di accoppiamento (**Paragrafo 22.5A**)

Capitolo 24 Lipidi

- 24.1 Ossidazione di $\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$ a —CH=CH— in un acido grasso a opera del FAD (**Paragrafo 24.2C**)

Capitolo 25 Amminoacidi e proteine

- 25.1 Scissione mediante bromuro di cianogeno di un legame peptidico della metionina (**Paragrafo 25.4B**)
- 25.2 Degradazione di Edman: scissione di un amminoacido *N*terminale (**Paragrafo 25.4B**)

Capitolo 27 Chimica dei polimeri organici

- 27.1 Polimerizzazione radicalica di un etilene sostituito (**Paragrafo 27.6A**)
- 27.2 Catalisi Ziegler-Natta della polimerizzazione dell'etilene (**Paragrafo 27.6B**)
- 27.3 Catalisi omogenea per la polimerizzazione per coordinazione Ziegler-Natta (**Paragrafo 27.6B**)
- 27.4 Inizio della polimerizzazione anionica degli alcheni (**Paragrafo 27.6D**)
- 27.5 Inizio della polimerizzazione anionica del butadiene (**Paragrafo 27.6D**)
- 27.6 Inizio della polimerizzazione cationica di un alchene a opera di $\text{HF}\cdot\text{BF}_3$ (**Paragrafo 27.6D**)
- 27.7 Inizio della polimerizzazione cationica di un alchene a opera di un acido di Lewis (**Paragrafo 27.6D**)

Capitolo 30 Spettrometria di massa (estensioni online)

- 30.1 Trasposizione di McLafferty di un chetone (**Paragrafo 30.3B**)
- 30.2 Trasposizione di McLafferty di un acido carbossilico (**Paragrafo 30.3F**)

Prefazione

Comprendere per imparare

Il miglior modo per affrontare lo studio della chimica organica consiste nello sviluppare la comprensione dei principi di base e poi nell'applicare tali principi a situazioni nuove e più complesse.

Imparare la chimica organica è un po' come costruire un puzzle complesso, tessera dopo tessera. Possiamo immaginare due possibili approcci, per arrivare alla soluzione del puzzle. Il primo consiste nel memorizzare ogni nuovo tassello, decontestualizzandolo e cercando poi a tentoni di collocarlo nel quadro complessivo. Questo, purtroppo, è l'approccio comunemente seguito dagli studenti dei corsi di chimica organica. Per costruire il puzzle (e imparare la chimica organica), però, è sicuramente più efficace avere in mente il quadro complessivo che emerge nel corso della costruzione del puzzle e cercare di inserirvi i tasselli che via via si presentano. Questo corso è progettato per assecondare questo secondo modo di apprendere: all'inizio dedica ampio spazio ai principi di base e poi, nel presentare i gruppi funzionali, fa costante riferimento alla comprensione del quadro complessivo (*big picture*). Per aiutare gli studenti a perseguire questo tipo di comprensione, profonda e contestualizzata, questa nuova edizione (l'ottava americana e la sesta italiana) introduce due nuovi strumenti per apprendere ciò che sta al cuore di ogni corso di chimica organica, ovvero i meccanismi e le sintesi.

- **Meccanismi** Il corso offre un metodo innovativo per apprendere i meccanismi di reazione. Nella sezione “Da sapere (III)”, prima del Capitolo 6, vengono presentati pochi elementi meccanicistici che, variamente combinati tra loro, danno origine ai meccanismi di reazione completi; la sezione suggerisce anche in quali casi è opportuno utilizzare tali elementi. Per la precisione, questi elementi di base sono: *formazione di un nuovo legame tra un nucleofilo e un elettrofilo; rottura di un legame con formazione di molecole o ioni stabili; addizione di un protone; rimozione di un protone*. I meccanismi di reazione presentati nei capitoli di questo volume sono descritti passo passo, come logica combinazione di questi semplici elementi meccanicistici. Questo ne facilita l'apprendimento e stimola gli studenti a cogliere somiglianze e differenze tra reazioni correlate. Inoltre, li aiuta a *prevedere* i meccanismi delle reazioni con un processo razionale di scelta fra pochi elementi di base.
- **Sintesi** Il corso offre anche un altro strumento innovativo: la mappa (*roadmap*) delle reazioni in chimica organica. Si tratta di una rappresentazione grafica delle reazioni organiche presentate in ciascun capitolo con riferimento ai principali

gruppi funzionali. I gruppi funzionali corrispondono alle città su una carta stradale, le reazioni corrispondono alle strade che collegano le città fra loro. Per rappresentare percorsi noti tra i gruppi funzionali sono utilizzate delle frecce, su cui sono indicati i reagenti necessari. I problemi relativi alle sintesi multistadio risultano spesso molto ardui per gli studenti di chimica organica, anche se la sintesi rappresenta il cuore della disciplina. Le mappe proposte in questo volume sono uno strumento potente, che aiuta gli studenti a individuare le reazioni chiave utili per interconvertire i gruppi funzionali nei problemi di sintesi multistadio. A partire dal Capitolo 6, in fondo a ogni capitolo sono introdotti la costruzione e l'utilizzo delle mappe. Inoltre, l'Appendice 10 raccoglie alcune mappe, riferite ai principali gruppi funzionali, che gli studenti possono utilizzare come vademecum per la risoluzione dei problemi di sintesi organica.

Le novità di questa edizione

Per guidare gli studenti nel percorso di studio sono stati introdotte le sezioni **Da sapere** e si è posta particolare cura nel ridisegnare la **Guida allo studio** in fondo a ogni capitolo. Le **idee ricorrenti della chimica organica** sono riportate al margine della pagina, incise su un fondo di colore viola.

- **Sezioni “Da sapere”** All'inizio del corso, dopo alcuni capitoli che pongono le basi per la comprensione e lo studio della chimica organica, queste brevi sezioni offrono lo spunto per fermarsi a riflettere su quanto appena appreso nella prospettiva di utilizzarlo per gli argomenti che seguiranno. In queste pagine di transizione abbiamo estratto e messo in luce argomenti che occorre padroneggiare per poter affrontare con successo i capitoli successivi. Leggere e approfondire questi argomenti attiva la comprensione della chimica organica.
 - Per esempio, “Da sapere (I). Concetti generali della meccanica quantistica” (dopo il Capitolo 1) riassume i principi della meccanica quantistica e altre informazioni che gli studenti devono conoscere per comprendere le strutture molecolari e le loro proprietà, le reazioni e i rispettivi meccanismi. Concetti come la stabilizzazione dovuta alla distribuzione su una superficie più ampia della carica elettrica o della densità degli elettroni π discendono dalla meccanica quantistica, che gli studenti studieranno in modo approfondito in altri corsi, ma con cui devono necessariamente familiarizzare studiando la chimica organica.
 - “Da sapere (II). Nucleofili ed elettrofili” (dopo il Capitolo 5) introduce alcuni termini di uso comune e spiega come utilizzarli a seconda del contesto.
 - “Da sapere (V). Meccanismi di reazione dei derivati degli acidi carbossilici” (dopo il Capitolo 14) riassume i più comuni tipi di reazione che saranno descritti nei tre capitoli successivi.
- **Idee ricorrenti della chimica organica** Al margine della pagina, quando opportuno, vengono ricordati i principi guida che discendono dalla meccanica quantistica, che consentono di spiegare le strutture molecolari con le loro proprietà e reattività.
- **Guida allo studio** La sezione di fine capitolo è stata ridisegnata per condurre lo studente attraverso gli argomenti svolti, punto per punto, con una particolare enfasi sulle reazioni chiave per ciascun gruppo funzionale. Per ogni paragrafo vengono elencati i Problemi di fine capitolo che riguardano quello specifico argomento. Questi riassunti di fine capitolo sono pensati come appunti che gli studenti potranno usare nello studio, per prepararsi agli esami e per risolvere i problemi. Altre utili risorse di riferimento sono le Appendici “Sommario dei termini stereochimici” e “Prontuario delle regole di nomenclatura”, che raccolgono in poche pagine la terminologia necessaria per districarsi nelle reazioni organiche.

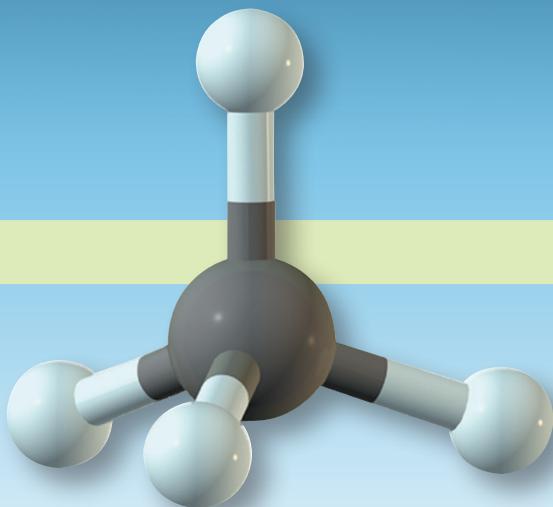
Altri elementi del corso

Il corso mantiene alcuni elementi distintivi, particolarmente utili come supporto allo studio e alla comprensione.

- **La cassetta degli attrezzi** Affrontare con successo la chimica organica richiede lo sviluppo di alcune abilità indispensabili, descritte nei quindici box COME SI FA.
- **Esercitazioni di lettura e analisi** Negli Stati Uniti, molti test standardizzati (MCAT, DAT, PCAT) prevedono la conoscenza della chimica organica. In Italia, d'altra parte, gli studenti si trovano sempre più spesso ad affrontare test del tipo a scelta multipla. Le ESERCITAZIONI presenti in molti capitoli di questo volume propongono la lettura di un brano, cui seguono delle domande a scelta multipla. Queste attività rappresentano un momento di arricchimento, in quanto presentano alcune applicazioni della chimica organica e le sue implicazioni in biologia, oltre che uno strumento per sviluppare le capacità di lettura e di analisi.
- **Una sequenza funzionale all'apprendimento/insegnamento** La chimica dei composti carbonilici (Capitoli 13-16) viene anticipata rispetto alla maggior parte dei testi di organica, cosicché i docenti hanno tempo per presentarla anche agli studenti degli indirizzi biologici e sanitari. Il testo sottolinea la centralità della chimica del gruppo carbonilico nei sistemi viventi e anticipa alcuni aspetti della chimica dei carboidrati, quando opportuno.
- **La sintesi organica** La chimica organica consente di preparare molecole utili in svariati campi applicativi, tra cui quello farmacologico, come illustrano i Problemi più impegnativi proposti in fondo ai capitoli. Il testo mostra l'uso delle reazioni studiate per sintetizzare molecole come il diazepam (*valium*), la fluoxetina (*Prozac*), la meperidina (*Demerol*), l'albuterolo (*Ventolin*), il tamoxifene e il sildefanil (*Viagra*). I Problemi sulle sintesi multistadio richiedono agli studenti di progettare dei percorsi per convertire molecole relativamente semplici in molecole target più complesse. In questo sono supportati dalle mappe, dall'analisi retrosintetica, descritta in vari capitoli del testo, e da suggerimenti sull'impiego di certe reazioni, come per esempio quelle che coinvolgono gli enolati, per la costruzione di molecole complesse.
- **Le connessioni con la biologia** L'applicazione della chimica organica ad alcune importanti molecole biologiche è integrata nei vari capitoli con l'obiettivo di creare un ponte con i corsi di biochimica. In particolare, le schede "Connessioni con la chimica biologica" illustrano alcuni aspetti della chimica organica che sono fondamentali per comprendere la chimica dei sistemi viventi. La chimica degli amminoacidi, per esempio, viene richiamata sin dal Paragrafo 3.8, così come l'importanza della geometria degli acheni per quanto riguarda sia la fluidità delle membrane sia la nutrizione; i legami a idrogeno coinvolti nelle interazioni farmaco-recettore sono discussi nel Paragrafo 10.2. Riteniamo sia utile anticipare questi argomenti, piuttosto che affrontarli soltanto nei capitoli finali del volume.
- **L'impatto della chimica** Le schede "Connessioni chimiche" presentano alcune applicazioni che discendono dalla teoria appena studiata, come le proprietà delle penicilline e delle cefalosporine (Paragrafo 15.8), gli antiossidanti e altri integratori alimentari (Paragrafo 8.7) o la scienza dei materiali applicata alla tela dei ragni (Paragrafo 25.6).

2

Alcani e cicloalcani



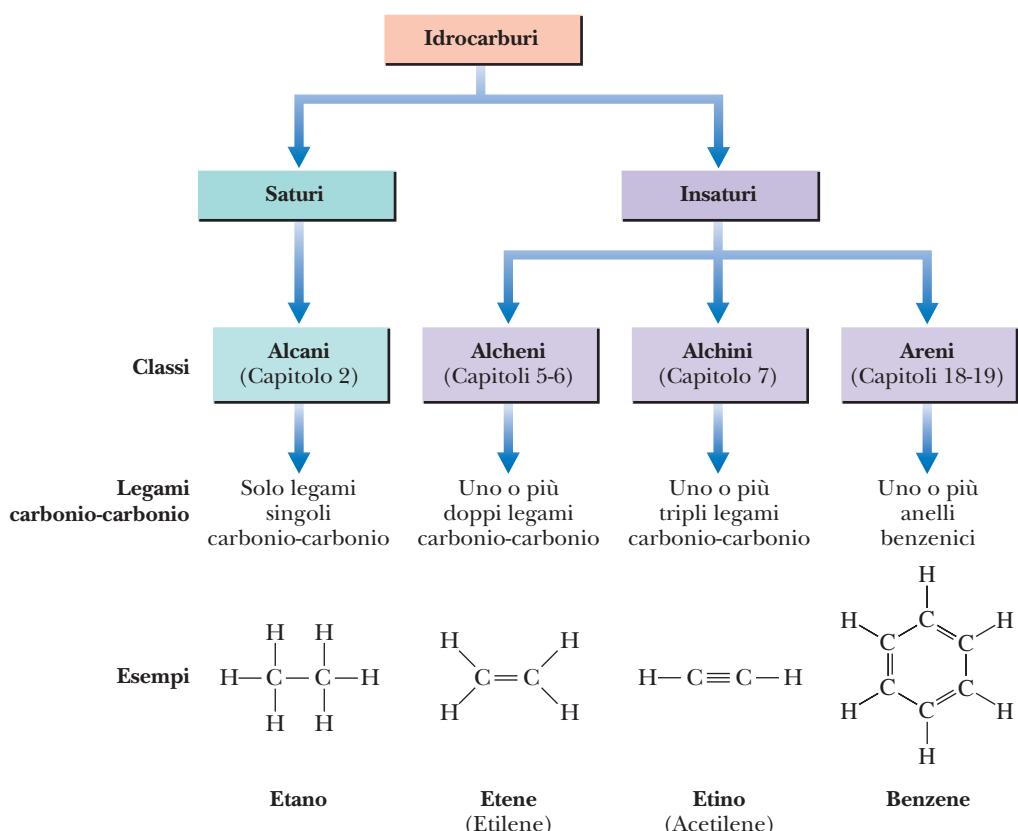
Sommario

- 2.1** Struttura degli alcani
- 2.2** Isomeria costituzionale (o di struttura) negli alcani
- 2.3** Nomenclatura degli alcani e sistema IUPAC
- 2.4** Cicloalcani
- 2.5** Conformazioni di alcani e cicloalcani
 - COME SI FA** *Disegnare le conformazioni a sedia alternative del cicloesano*
- 2.6** Isomeria cis,trans nei cicloalcani e nei bicicloalcani
 - COME SI FA** *Convertire cicloesani planari in cicloesani a sedia*
- 2.7** Proprietà fisiche di alcani e cicloalcani
- 2.8** Reazioni degli alcani
- 2.9** Fonti e impieghi degli alcani

Nel bunsen brucia gas naturale, costituito essenzialmente da metano con piccole quantità di etano, propano e butano (Paragrafo 2.9A). **Insetto:** modello molecolare del metano, il componente principale del gas naturale.
(© Cengage Learning/Charles D. Winters)

In questo capitolo cominciamo a esaminare i composti del carbonio analizzando le proprietà fisiche e chimiche degli alcani, i composti organici più semplici dell'ampia famiglia degli idrocarburi. Per definizione un **idrocarburo** è un composto costituito soltanto da carbonio e idrogeno. La Figura 2.1 mostra le quattro classi di idrocarburi suddivise in base al tipo di legami tra gli atomi di carbonio che caratterizza ciascuna di esse.

Gli **alcani** sono **idrocarburi saturi**, che contengono solo legami semplici tra gli atomi di carbonio. *Saturo*, in questo contesto, significa che ciascun atomo di carbonio dell'idrocarburo è legato al massimo numero possibile di atomi di idrogeno. Gli alcani privi di anelli sono comunemente chiamati **idrocarburi alifatici**, in quanto le loro proprietà fisiche assomigliano in genere a quelle delle molecole con una lunga catena di atomi di carbonio che si trovano nei grassi animali e vegetali (dal greco *aleiphar*, grasso, olio).

**FIGURA 2.1** Le quattro classi di idrocarburi.

Un idrocarburo che contenga uno o più doppi o tripli legami carbonio-carbonio oppure anelli benzenici viene classificato come **idrocarburo insaturo**. In questo capitolo studieremo gli alcani (idrocarburi saturi), mentre nei Capitoli 5, 6 e 7 parleremo degli alcheni e degli alchini (idrocarburi insaturi) e nei Capitoli 18 e 19 studieremo gli areni (anch'essi idrocarburi insaturi).

2.1 Struttura degli alcani

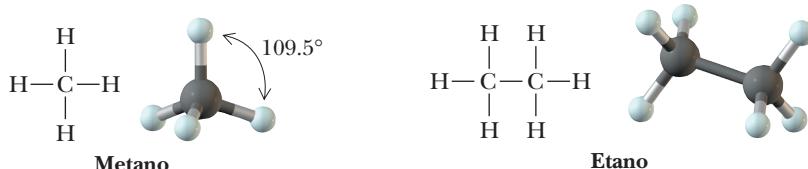
Il metano (CH_4) e l'etano (C_2H_6) sono i primi due membri della famiglia degli alcani. Nella Figura 2.2 sono riportate le strutture di Lewis e i modelli molecolari (rappresentazioni nello spazio) di queste molecole. La forma del metano è tetraedrica e tutti gli angoli di legame $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ sono di 109.5° . Anche nell'etano ogni atomo di carbonio è tetraedrico e tutti gli angoli di legame sono approssimativamente di 109.5° .

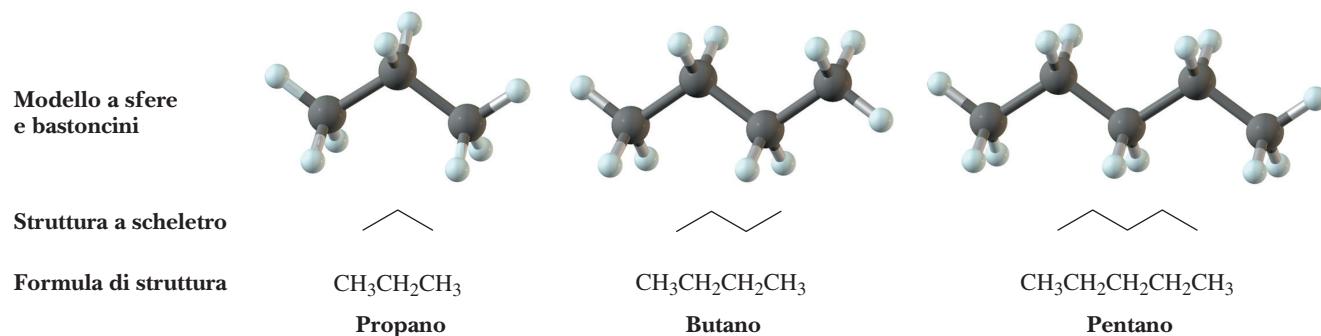
Nonostante le forme tridimensionali degli alcani superiori siano più complesse di quelle del metano e dell'etano, ogni atomo di carbonio è sempre tetraedrico e tutti gli angoli di legame sono approssimativamente di 109.5° .

Gli omologhi successivi (aggiungendo progressivamente un atomo di carbonio) della famiglia degli alcani sono il propano, il butano e il pentano. Nelle rappresentazioni che seguono questi idrocarburi sono rappresentati utilizzando sia le formule di struttura condensate, che mostrano tutti gli atomi di carbonio e di idrogeno presenti nella molecola, sia le **strutture a scheletro**. In una struttura a scheletro ciascun vertice e ciascuna estremità di una linea rappresentano un atomo di carbonio. Nonostante in tali strutture non compaiano gli atomi di idrogeno, è sottinteso che siano presenti in numero sufficiente a fornire quattro legami per ciascun atomo di carbonio.

Struttura a scheletro

Un modo abbreviato di disegnare le formule di struttura, in cui i vertici e le estremità delle linee rappresentano atomi di carbonio.

**FIGURA 2.2** Metano ed etano. Strutture di Lewis e modelli a sfere e bastoncini.



Le formule di struttura degli alcani possono essere scritte in un’ulteriore forma abbreviata. Per esempio, la formula di struttura del pentano contiene tre gruppi CH_2 (metilene) all’interno della catena. Questi possono essere raggruppati e la formula di struttura può essere scritta come $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$. I nomi e le formule di struttura dei primi 20 alcani sono riportati nella Tabella 2.1. Si noti che i nomi di tutti questi alcani terminano con il suffisso *-ano*. Nel Paragrafo 2.3 vedremo come attribuire i nomi agli alcani.

Tabella 2.1 Nomi, formule molecolari e formule di struttura condensate dei primi 20 alcani non ramificati

Nome	Formula molecolare	Formula di struttura condensata	Nome	Formula molecolare	Formula di struttura condensata
Metano	CH_4	CH_4	Undecano	$\text{C}_{11}\text{H}_{24}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}_3$
Etano	C_2H_6	CH_3CH_3	Dodecano	$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_3$
Propano	C_3H_8	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	Tridecano	$\text{C}_{13}\text{H}_{28}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{CH}_3$
Butano	C_4H_{10}	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$	Tetradecano	$\text{C}_{14}\text{H}_{30}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{CH}_3$
Pentano	C_5H_{12}	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	Pentadecano	$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}\text{CH}_3$
Esano	C_6H_{14}	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	Esadecano	$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_3$
Eptano	C_7H_{16}	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$	Eptadecano	$\text{C}_{17}\text{H}_{36}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{CH}_3$
Ottano	C_8H_{18}	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$	Ottadecano	$\text{C}_{18}\text{H}_{38}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_3$
Nonano	C_9H_{20}	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$	Nonadecano	$\text{C}_{19}\text{H}_{40}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{17}\text{CH}_3$
Decano	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$	Eicosano	$\text{C}_{20}\text{H}_{42}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{CH}_3$

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

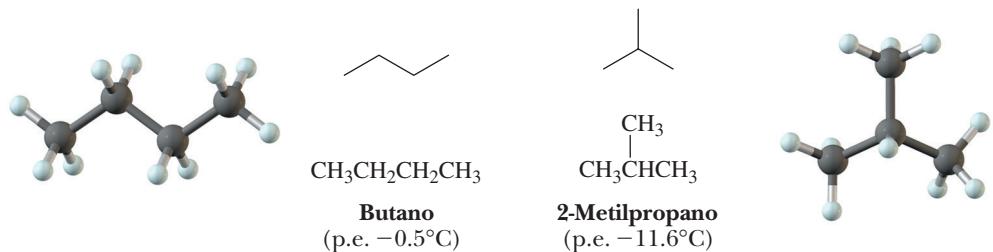
2.2 Isomeria costituzionale (o di struttura) negli alcani

Isomeri costituzionali (o di struttura)

Composti con la stessa formula molecolare, ma con differente connettività degli atomi.

Compesi aventi la stessa formula molecolare, ma diversa formula di struttura, sono chiamati **isomeri costituzionali (o di struttura)**. Per composti con “diversa formula di struttura” si intendono quei composti che differiscono per il tipo di legami presenti (singolo, doppio o triplo) e/o per il modo in cui gli atomi sono collegati.

Nel caso delle formule molecolari CH_4 , C_2H_6 e C_3H_8 , è possibile connettere gli atomi in un solo modo, ma per la formula molecolare C_4H_{10} ne esistono due. In uno di essi, i quattro atomi di carbonio formano una catena lineare; nell'altro, il 2-metilpropano, tre atomi di carbonio formano lo scheletro lineare e il quarto atomo funge da ramificazione della catena.



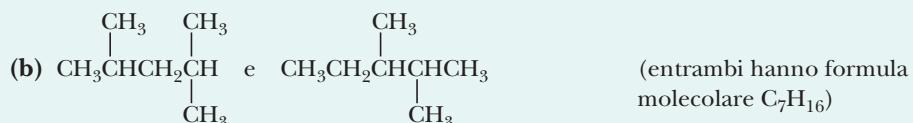
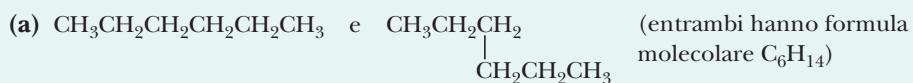
Il butano e il 2-metilpropano sono isomeri costituzionali o di struttura, sono cioè composti differenti con proprietà fisiche e chimiche diverse. Per esempio, i loro punti di ebollizione differiscono di circa 11°C .

Nel Paragrafo 1.3 abbiamo incontrato molti esempi di isomeri di struttura. Per esempio, abbiamo visto che ci sono due alcoli di formula molecolare $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$, due aldeidi di formula molecolare $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ e due acidi carbossilici di formula molecolare $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$.

Per determinare se due o più formule di struttura rappresentino isomeri strutturali (cioè composti diversi con la stessa formula molecolare), si scrivono le formule molecolari possibili per ognuna e si confrontano. Tutti i composti che risultano avere la stessa formula molecolare, ma differente formula di struttura (diversa connettività atomica), sono isomeri di struttura.

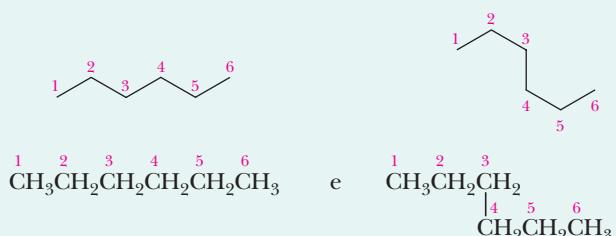
Esempio 2.1 Isomeri costituzionali

Le formule condensate di ciascuna coppia di composti rappresentano lo stesso composto o si tratta di isomeri di struttura?



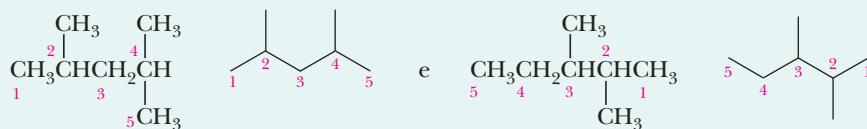
Soluzione

- (a) Le molecole vengono disegnate di seguito sia come formule di struttura condensate, sia come strutture a scheletro. Entrambe hanno una catena lineare di sei atomi di carbonio. Le due formule sono identiche e individuano lo stesso composto.



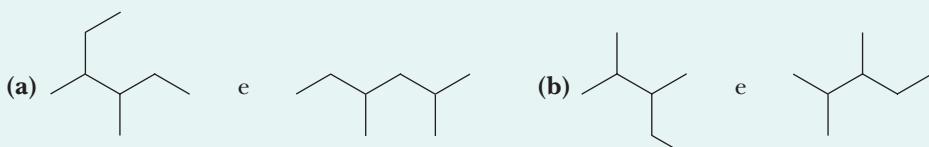
(Continua)

(b) Entrambe le formule hanno una catena di cinque atomi di carbonio con due sostituenti metilici ($-\text{CH}_3$). Nonostante le ramificazioni siano identiche, esse sono collocate in posizioni differenti della catena di cinque atomi di carbonio. Queste formule individuano degli isomeri di struttura.



Problema 2.1

Le strutture a scheletro di ciascuna coppia di composti rappresentano lo stesso composto o isomeri di struttura?

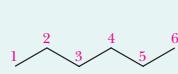


Esempio 2.2 Strutture a scheletro

Scrivere le strutture a scheletro per i cinque isomeri di struttura con formula molecolare C_6H_{14} .

Soluzione

Nel risolvere problemi di questo tipo, è bene individuare una strategia e metterla in atto. Una delle possibili strategie prevede, anzitutto, di rappresentare la struttura a scheletro dell'isomero di struttura con tutti e sei gli atomi di carbonio disposti in una catena lineare. Poi si rappresentano tutte le strutture a scheletro di tutti gli isomeri di struttura con cinque atomi di carbonio in una catena lineare e un atomo di carbonio come ramificazione. Infine, si rappresentano le strutture a scheletro di tutti gli isomeri di struttura con quattro atomi di carbonio in una catena lineare e due carboni come ramificazioni.



Sei carboni nella catena lineare



Cinque carboni in una catena e un carbonio come ramificazione



Quattro carboni in una catena e due carboni come ramificazioni



Non esistono isomeri di struttura con solo tre atomi di carbonio nella catena più lunga.

Problema 2.2

Disegnare le strutture a scheletro dei tre isomeri di struttura con formula molecolare C_5H_{12} .

Atomi di carbonio	Isomeri di struttura
1	0
5	3
10	75
15	4347
25	36 797 588

La capacità degli atomi di carbonio di formare legami forti e stabili con altri atomi di carbonio determina l'esistenza di un sorprendente numero di isomeri di struttura. Come si può osservare nella tabella a fianco, vi sono 3 isomeri strutturali con formula molecolare C_5H_{12} , 75 isomeri strutturali con formula $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ e quasi 37 milioni con formula $\text{C}_{25}\text{H}_{52}$.

Dunque, anche per un numero esiguo di atomi di carbonio e di idrogeno, può esistere un gran numero di isomeri di struttura. Poiché gli isomeri di struttura hanno differenti proprietà chimiche, si possono osservare composti che, pur avendo la stessa formula molecolare, sono molto diversi tra loro.

2.3 Nomenclatura degli alcani e sistema IUPAC

A. Sistema IUPAC

Idealemente ogni composto organico dovrebbe avere un nome dal quale sia possibile ricavare la corrispondente formula di struttura. Per questo motivo, i chimici hanno adottato una serie di regole stabilite dalla IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*).

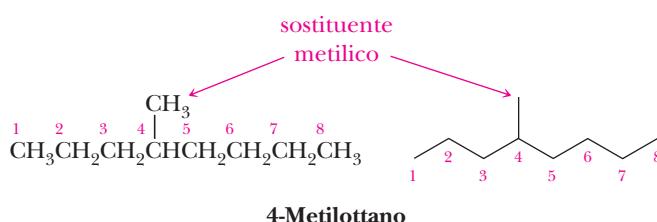
Il nome IUPAC di un alcano formato da una catena lineare di atomi di carbonio si compone di due parti: (1) una radice, che indica il numero di atomi di carbonio nella catena, e (2) il suffisso *-ano*, che identifica il composto come idrocarburo saturo. In Tabella 2.2 sono riportate le radici usate per attribuire il nome IUPAC ai composti costituiti da 1 a 20 atomi di carbonio.

Le prime quattro radici elencate nella Tabella 2.2 sono state scelte dalla IUPAC perché facevano già parte del linguaggio della chimica organica. Infatti, esse erano già ben conosciute addirittura prima che si accennasse al concetto di struttura per i composti organici. Per esempio, la radice *but-* compare nel nome *acido butirrico*, un composto a quattro atomi di carbonio formato per ossidazione del burro all'aria (dal latino *butyrum*, burro). Le radici che indicano strutture a cinque o più atomi di carbonio derivano dal greco o dal latino. I nomi, le formule molecolari e le formule di struttura condensate dei primi 20 alcani a catena lineare sono riportati nella Tabella 2.2.

Tabella 2.2 Radici usate nel sistema IUPAC per definire catene non ramificate che contengono da 1 a 20 atomi di carbonio

Radice	Numero di atomi di carbonio	Radice	Numero di atomi di carbonio
met-	1	undec-	11
et-	2	dodec-	12
prop-	3	tridec-	13
but-	4	tetradec-	14
pent-	5	pentadec-	15
es-	6	esadec-	16
ept-	7	eptadec-	17
ott-	8	ottadec-	18
non-	9	nonadec-	19
dec-	10	eicos-	20

Il nome IUPAC di un alcano a catena ramificata è formato dal nome della catena più lunga di atomi di carbonio individuabile nel composto e dai nomi dei sostituenti, che indicano i gruppi legati alla catena principale.



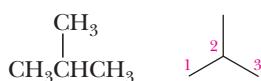
Gruppo alchilico

Gruppo derivato dalla rimozione di un idrogeno da un alcano; il simbolo è R—.

Un gruppo sostituente derivato da un alcano per rimozione di un atomo di idrogeno è chiamato **gruppo alchilico** ed è comunemente indicato con il simbolo R—. Il nome dei gruppi alchilici si ottiene togliendo il suffisso *-ano* dal nome dell'alcano da cui deriva e sostituendolo con il suffisso *-ile*. Per esempio, il sostituente derivato dal metano, il gruppo alchilico CH₃—, è chiamato metile; quello derivato dall'etano, il gruppo CH₃CH₂—, è chiamato etile; e così via.

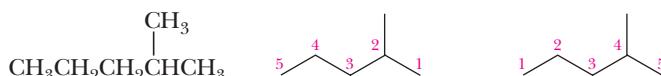
Le regole del sistema IUPAC per attribuire i nomi agli alcani sono le seguenti.

- Per un alcano con una catena di atomi di carbonio non ramificata, attribuire il nome anteponendo al suffisso *-ano* la radice che indica il numero di atomi di carbonio presenti nella catena.
- Per gli alcani ramificati, prendere come catena principale (o catena radice) la catena più lunga di atomi di carbonio presente nel composto.
- Assegnare a ogni sostituente della catena principale un nome e un numero. Il numero indica l'atomo di carbonio della catena principale al quale il sostituente è legato. Utilizzare un trattino per collegare il numero al nome.



2-Metilpropano

- Se c'è un sostituente, numerare la catena principale a partire dall'estremità che consente di attribuire al sostituente il numero più basso.



2-Metilpentano (non 4-Metilpentano)

- Se lo stesso sostituente compare più di una volta in un composto, numerare la catena principale a partire dall'estremità più vicina a un sostituente. Il numero di volte che il gruppo sostituente si ripete è indicato da un prefisso numerale (*di-*, *tri-*, *tetra-*, *penta-*, *esa-* ecc.). Separare i numeri che indicano le posizioni dei sostituenti mediante una virgola.



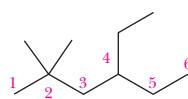
2,4-Dimetilesano (non 3,5-Dimetilesano)

- Se ci sono due o più sostituenti diversi tra loro, elencarli in ordine alfabetico e numerare la catena principale a partire dall'estremità più vicina a un sostituente. Se sono presenti sostituenti diversi in posizioni equivalenti rispetto alle estremità della catena principale, il numero più basso va attribuito al sostituente che viene prima in ordine alfabetico.



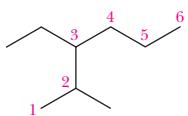
3-Etil-5-metileptano (non 3-Metil-5-etileptano)

- I prefissi *di-*, *tri-*, *tetra-* ecc. non vengono considerati ai fini dell'ordine alfabetico. I nomi dei sostituenti sono posti in ordine alfabetico e poi vengono inseriti i prefissi moltiplicativi. Nell'esempio che segue bisogna porre in ordine alfabetico etile e metile, non etile e dimetile.

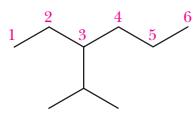


4-Etil-2,2-dimetilesano
(non 2,2-Dimetil-4-etilesano)

8. Quando ci sono due o più catene di uguale lunghezza, scegliere come catena principale quella con il maggior numero di sostituenti.



3-Etil-2-metilesano



(non 3-Isopropilesano)

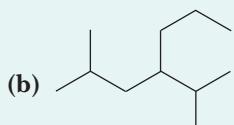
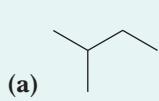
I nomi dei sostituenti vengono attribuiti nello stesso modo. Il nome di quelli a catena non ramificata si ottiene eliminando il suffisso *-ano* dell'alcane corrispondente e sostituendolo con *-ile*. Perciò i sostituenti alchilici non ramificati vengono chiamati *metile*, *etile*, *propile*, *butile*, *pentile*, e così via. Ai sostituenti a catena ramificata vengono attribuiti i nomi seguendo le regole 2 e 3. I nomi IUPAC e le formule di struttura per i gruppi alchilici, ramificati e non, contenenti da uno a cinque atomi di carbonio sono riportati nella Tabella 2.3. In parentesi vengono riportati anche i nomi comuni di questi sostituenti. L'uso di questi nomi è così profondamente radicato nella chimica organica che il sistema di nomenclatura ufficiale IUPAC accetta per i sostituenti alchilici riportati in Tabella 2.3 sia il nome formale IUPAC (per esempio, 1-metiletil) sia il nome comune (per lo stesso esempio, isopropile).

Tabella 2.3 **Nomi dei gruppi alchilici contenenti da 1 a 5 atomi di carbonio.**
I nomi comuni e le loro abbreviazioni sono indicati tra parentesi

Nome	Formula di struttura condensata	Nome	Formula di struttura condensata
Metil (Me)	—CH ₃	1,1-Dimetiletil <i>(terz-butil, t-Bu)</i>	CH ₃ —CCH ₃ CH ₃
Etil (Et)	—CH ₂ CH ₃		
Propil (Pr)	—CH ₂ CH ₂ CH ₃	Pentil	—CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃
1-Metiletil (isopropil, iPr)	—CHCH ₃ CH ₃	3-Metilbutil <i>(isopentil)</i>	—CH ₂ CH ₂ CHCH ₃ CH ₃
Butil (Bu)	—CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	2-Metilbutil	—CH ₂ CHCH ₂ CH ₃ CH ₃
2-Metilpropil (isobutil, iBu)	—CH ₂ CHCH ₃ CH ₃		
1-Metilpropil (sec-butyl, s-Bu)	—CHCH ₂ CH ₃ CH ₃	2,2-Dimetilpropil <i>(neopentil)</i>	—CH ₂ CCH ₃ CH ₃

Esempio 2.3 Nomenclatura IUPAC

Scrivere i nomi IUPAC e i nomi comuni dei seguenti alcani.



(Continua)

Brown • Iverson • Anslyn • Foote

Chimica Organica

Accedi all'ebook e ai contenuti digitali ➤ Espandi le tue risorse ➤ con un libro che **non pesa** e si **adatta** alle dimensioni del tuo **lettore**



All'interno del volume il **codice personale** e le istruzioni per accedere alla versione **ebook** del testo e agli ulteriori servizi. L'accesso alle risorse digitali è **gratuito** ma limitato a **18 mesi dalla attivazione del servizio**.