



Chimica organica



Dello stesso Editore

- Adamo et al.** – Istologia per le lauree sanitarie
Arienti – Le basi molecolari della nutrizione
Arienti – Un compendio di biochimica
Arienti/Fiorilli – Biochimica dell'attività motoria
Atkinson – Introduzione alla psicologia di Hilgard
Bellini/Manuzio – Fisica per le scienze della vita
Bernabeo/Pontieri/Scarano – Elementi di storia della medicina
Bruni/Nicoletti – Dizionario ragionato di erboristeria e di fitoterapia
Cabras/Martelli – Chimica degli alimenti
Carlson – Fisiologia del comportamento
Carlson – Psicologia: la scienza del comportamento
Catani/Savini/Guerrieri/Avigliano – Appunti di biochimica
Cevenini – Microbiologia clinica
Cevenini/Sambri – Microbiologia e microbiologia clinica per le lauree triennali
Chiarelli – Dalla natura alla cultura
Chiarelli/Bigazzi/Sineo – Lineamenti di antropologia per le scienze motorie
Conner/Hartl – Elementi di genetica ecologica
Cooper/Hausman – La cellula: un approccio molecolare
Cozzani/Dainese – Biochimica degli alimenti e della nutrizione
Daniels/Grendell/Wilkins – Basi dell'assistenza infermieristica
De Felici et al. – Embriologia umana
Del Gobbo – Immunologia per le lauree sanitarie
Eposito et al. – Anatomia umana
Evangelisti/Restani – Prodotti dietetici
Fantoni et al. – Biologia cellulare e genetica
Foye – Chimica farmaceutica
Fumagalli – Atlante fotografico di anatomia umana (3 volumi)
Furlanut – Farmacologia generale e clinica per le lauree triennali
Galli/Corsini/Marinovich – Tossicologia
Galzigna – Elementi di enzimologia
Ganong – Fisiologia medica
Garrett/Grisham – Principi di biochimica
Giannazzo – Lezioni di biofisica e tecnologie biomediche
Gilgiotti/Verga – Biotecnologie alimentari
Gilman/Newman – Neuroanatomia e neurofisiologia
Giudice et al. – Biologia dello sviluppo
Goglia – Anatomia per le lauree triennali
Goglia – Citologia ed istologia generale
Hage/Carr – Chimica analitica ed analisi quantitativa
Janeway – Immunobiologia
Jawetz – Microbiologia medica
Judd et al. – Botanica sistematica
Junqueira – Compendio di istologia
Kamal – 1000 problemi svolti in fisica classica
Kamina – Atlante di anatomia
Katzung – Farmacologia generale e clinica
Katzung/Trevor – Farmacologia: quesiti a scelta multipla e compendio della materia
König/Liebich – Anatomia dei mammiferi domestici
Lewis – Genetica umana
Lynn – Manuale di tecniche e procedure infermieristiche di Taylor
Mader – Biologia: l'essenziale
Mangia/Bevilacqua – Basi biologiche dell'attività psichica
Mariuzzi – Anatomia patologica e correlazioni anatomo-cliniche
Massari – Elementi di biofisica
Masteron/Hurley – Chimica
Mathews – Biochimica
Maugini/Maleci Bini/Mariotti Lippi – Botanica farmaceutica
McKinley/O'Loughlin – Anatomia umana
Mei/Rossi – Eserciziario di biochimica
Merighi – Anatomia applicata e topografia regionale veterinaria
Mezzogiorno et al. – Anatomia dell'uomo
Midrio et al. – Fisiologia umana per le lauree sanitarie
Miessler/Tarr – Chimica inorganica
Minelli/Del Grande – Atlante di anatomia dei vertebrati
Mita/Feroci – Fisica biomedica
Monesi – Istologia (IV edizione)
Pasqua/Abbate/Forni – Botanica generale e diversità vegetale
Pier/Lyczak/Wetzler – Immunologia, Infezione e Immunità
Pipkin/Trent/Hazlett – Geologia ambientale
Pontieri – Patologia generale e Fisiopatologia generale per le lauree triennali
Pontieri/Russo/Frati – Patologia generale e fisiopatologia generale (V edizione, 2 voll.)
Rhoades/Pflanzer – Fisiologia generale umana
Rubini – Elementi di fisiologia umana
Saladin – Anatomia umana
Samaja – Biochimica per le lauree triennali
Santaniello et al. – Principi di chimica generale e organica
Senatore – Biologia e botanica farmaceutica
Siliprandi/Tettamanti – Biochimica medica
Taiz/Zeiger – Elementi di fisiologia vegetale
Vigué/Martin – Atlante a colori di anatomia umana
Wade – Fondamenti di chimica organica
Waxman – Neuroanatomia clinica
Whitten/Davis/Peck/Stanley – Chimica



9^a Edizione

Chimica organica

John McMurry
Cornell University

Traduzione degli aggiornamenti della nona edizione a cura di
VALERIO CAUSIN
Dipartimento di Scienze Chimiche
Università degli Studi di Padova





Titolo originale:
Organic Chemistry, Ninth Edition
by John McMurry
© 2015, Cengage Learning
ISBN 978-1-305-08048-5
www.cengage.com

Opera coperta dal diritto d'autore – tutti i diritti sono riservati.

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

ISBN 978-88-299-2815-6

Stampato in Italia

© 2017, by Piccin Nuova Libreria S.p.A., Padova
www.piccin.it



Sommario

- 1 Struttura e legame 1
- 2 Legami covalenti polari; acidi e basi 34
- 3 I composti organici: gli alcani e la loro stereochimica 76
- 4 I composti organici: i cicloalcani e la loro stereochimica 110
- 5 Stereochimica 144
- 6 Una panoramica sulle reazioni organiche 186
Applicare l'analisi ed il ragionamento scientifico I - Il farmaco chirale talidomide 227
- 7 Gli alcheni: struttura e reattività 230
- 8 Gli alcheni: reazioni e sintesi 272
- 9 Gli alchini: un'introduzione alla sintesi organica 326
- 10 Gli organoalogenuri 360
- 11 Reazioni degli alogenuri alchilici: sostituzioni nucleofile ed eliminazioni 390
Applicare l'analisi ed il ragionamento scientifico II - Dall'iprite ai farmaci anticancro 445
- 12 Determinazione della struttura: spettrometria di massa e spettroscopia infrarossa 448
- 13 Determinazione della struttura: spettroscopia di risonanza magnetica nucleare 488
- 14 Composti coniugati e spettroscopia ultravioletta 536
Applicare l'analisi ed il ragionamento scientifico III - La terapia fotodinamica 573
- 15 Benzene e aromaticità 576
- 16 La chimica del benzene: sostituzione elettrofila aromatica 612
- 17 Alcoli e fenoli 668
- 18 Eteri ed epossidi; tioli e solfuri 726
Introduzione ai composti carbonilici 766
- 19 Aldeidi e chetoni: reazioni di addizione nucleofila 776
Applicare l'analisi ed il ragionamento scientifico IV - Gli inibitori selettivi della ricaptazione della serotonina 838
- 20 Acidi carbossilici e nitrili 842
- 21 Derivati degli acidi carbossilici: reazioni di sostituzione nucleofila acilica 880
- 22 Reazioni di alfa-sostituzione al gruppo carbonilico 942
- 23 Reazioni di condensazione dei composti carbonilici 978

v

Applicare l'analisi ed il ragionamento scientifico V - La timina nel DNA 1021

24 Ammine ed eterocicli 1024

25 Biomolecole: i carboidrati 1082

26 Biomolecole: amminoacidi, peptidi e proteine 1126

27 Biomolecole: i lipidi 1170

Applicare l'analisi ed il ragionamento scientifico VI - Melatonina e serotonina 1209

28 Biomolecole: gli acidi nucleici 1212

29 La chimica organica delle vie metaboliche 1238

30 Orbitali e chimica organica: reazioni pericicliche 1298

Applicare l'analisi ed il ragionamento scientifico VII - Le potenti caratteristiche antibiotiche dell'acido endriadico C 1325

31 Polimeri sintetici 1328

APPENDICE A: Nomenclatura dei composti organici polifunzionali A-1

APPENDICE B: Costanti di acidità di alcuni composti organici A-8

APPENDICE C: Glossario A-10

APPENDICE D: Risposte ai problemi nel testo A-30

INDICE ANALITICO I-1



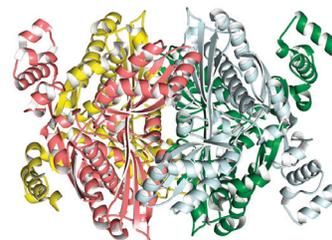
Indice generale

- 1.1 Struttura atomica: il nucleo 2
- 1.2 Struttura atomica: orbitali 3
- 1.3 Struttura atomica: configurazioni elettroniche 5
- 1.4 Sviluppo della teoria del legame chimico 6
- 1.5 Descrizione dei legami chimici: la teoria del legame di valenza 9
- 1.6 Gli orbitali ibridi sp^3 e la struttura del metano 11
- 1.7 Gli orbitali ibridi sp^3 e la struttura dell'etano 12
- 1.8 Gli orbitali ibridi sp^2 e la struttura dell'etilene 13
- 1.9 Gli orbitali ibridi sp e la struttura dell'acetilene 16
- 1.10 Ibridizzazione di azoto, ossigeno, fosforo e zolfo 17
- 1.11 Descrizione dei legami chimici: la teoria degli orbitali molecolari 19
- 1.12 Disegnare le strutture chimiche 21
 - APPROFONDIAMO:** Cibi biologici: rischi e benefici 24
 - Sommario 25
 - Parole chiave 25
 - Risolvere i problemi 26
 - Esercizi 26

- 2.1 Legami covalenti polari: elettronegatività 34
- 2.2 Legami covalenti polari: momenti dipolari 37
- 2.3 Cariche formali 39
- 2.4 Risonanza 42
- 2.5 Regole per scrivere le forme di risonanza 43
- 2.6 Disegnare le forme di risonanza 45
- 2.7 Acidi e basi: la definizione di Brønsted–Lowry 48
- 2.8 Forza degli acidi e delle basi 50
- 2.9 Prevedere l'andamento delle reazioni acido–base usando i valori di pK_a 52
- 2.10 Acidi organici e basi organiche 54
- 2.11 Acidi e basi: la definizione di Lewis 56
- 2.12 Interazioni non covalenti tra molecole 60
 - APPROFONDIAMO:** Alcaloidi: dalla cocaina agli anestetici dentali 63
 - Sommario 64
 - Parole chiave 64
 - Esercizi 65

1

Struttura e legame 1



2

Legami covalenti polari; acidi e basi 34





3

I composti organici: gli alcani e la loro stereochemica 76



- 3.1 Gruppi funzionali 76
 - 3.2 Alcani e isomeri degli alcani 82
 - 3.3 Gruppi alchilici 86
 - 3.4 Nomenclatura 89
 - 3.5 Proprietà degli alcani 94
 - 3.6 Conformazioni dell'etano 96
 - 3.7 Conformazioni di altri alcani 98
- APPROFONDIAMO:** La benzina 102
- Sommario 103
Parole chiave 103
Esercizi 104

4

I composti organici: i cicloalcani e la loro stereochemica 110



- 4.1 Nomenclatura dei cicloalcani 111
 - 4.2 Isomeria cis-trans nei cicloalcani 113
 - 4.3 Stabilità dei cicloalcani: tensione d'anello 116
 - 4.4 Conformazioni dei cicloalcani 118
 - 4.5 Conformazioni del cicloesano 120
 - 4.6 Legami assiali ed equatoriali nel cicloesano 122
 - 4.7 Conformazioni di cicloesani monosostituiti 125
 - 4.8 Conformazioni di cicloesani disostituiti 128
 - 4.9 Conformazioni di molecole policicliche 131
- APPROFONDIAMO:** Meccanica molecolare 134
- Sommario 135
Parole chiave 135
Esercizi 136

5

Stereochemica 144



- 5.1 Enantiomeri e carbonio tetraedrico 145
 - 5.2 Chiralità nelle molecole 146
 - 5.3 Attività ottica 149
 - 5.4 Pasteur e la scoperta degli enantiomeri 152
 - 5.5 Regole di sequenza per specificare la configurazione 152
 - 5.6 Diastereoisomeri 158
 - 5.7 Composti meso 161
 - 5.8 Miscele racemiche e risoluzione degli enantiomeri 163
 - 5.9 Un riassunto dell'isomeria 166
 - 5.10 Chiralità di azoto, fosforo e zolfo 167
 - 5.11 Prochiralità 169
 - 5.12 Chiralità in natura e ambienti chirali 172
- APPROFONDIAMO:** Farmaci chirali 174
- Sommario 175
Parole chiave 175
Esercizi 176





- 6.1 Tipi di reazioni organiche 186
- 6.2 Come decorrono le reazioni organiche: meccanismi 188
- 6.3 Le reazioni radicaliche 189
- 6.4 Le reazioni polari 192
- 6.5 Un esempio di reazione polare: l'addizione di HBr all'etilene 196
- 6.6 Uso delle frecce ricurve nei meccanismi delle reazioni polari 199
- 6.7 Descrizione di una reazione: equilibri, velocità e variazioni di energia 202
- 6.8 Descrizione di una reazione: energie di dissociazione di legame 205
- 6.9 Descrizione di una reazione: diagrammi di energia e stati di transizione 207
- 6.10 Descrizione di una reazione: gli intermedi 210
- 6.11 Confronto tra reazioni biologiche e reazioni di laboratorio 212
 - APPROFONDIAMO:** Da dove vengono i farmaci? 215
 - Sommario 216
 - Parole chiave 216
 - Esercizi 217

Applicare l'analisi ed il ragionamento scientifico I

Il farmaco chirale talidomide 227

- 7.1 Preparazioni industriali e utilizzo degli alcheni 231
- 7.2 Calcolo del grado di insaturazione 232
- 7.3 Nomenclatura degli alcheni 234
- 7.4 Isomeria cis-trans negli alcheni 237
- 7.5 Stereochimica degli alcheni e designazione *E,Z* 239
- 7.6 Stabilità degli alcheni 242
- 7.7 Reazioni di addizione elettrofila degli alcheni 245
- 7.8 Orientazione delle addizioni elettrofile: la regola di Markovnikov 248
- 7.9 Struttura e stabilità dei carbocationi 251
- 7.10 Il postulato di Hammond 254
- 7.11 Prove per il meccanismo delle addizioni elettrofile: trasposizioni carbocationiche 257
 - APPROFONDIAMO:** La ricerca di prodotti naturali 259
 - Sommario 260
 - Parole chiave 260
 - Esercizi 261

6

Una panoramica sulle reazioni organiche 186



7

Gli alcheni: struttura e reattività 230





8

Gli alcheni: reazioni e sintesi 272



- 8.1 Preparazione degli alcheni: introduzione alle reazioni di eliminazione 273
- 8.2 Alogenazione degli alcheni: addizione di X_2 274
- 8.3 Alodrine dagli alcheni: addizione di HOX 277
- 8.4 Idratazione degli alcheni: addizione di H_2O per ossimercuriazione 279
- 8.5 Idratazione degli alcheni: addizione di H_2O per idroborazione 282
- 8.6 Riduzione degli alcheni: idrogenazione 286
- 8.7 Ossidazione degli alcheni: epossidazione e ossidrilazione 291
- 8.8 Ossidazione degli alcheni: scissione a composti carbonilici 294
- 8.9 Addizione di carbeni ad alcheni: sintesi del ciclopropano 297
- 8.10 Addizioni radicaliche ad alcheni: polimerizzazione a catena 299
- 8.11 Addizioni biologiche di radicali agli alcheni 304
- 8.12 Stereochimica delle reazioni: addizione di H_2O ad un alchene achirale 306
- 8.13 Stereochimica delle reazioni: addizione di H_2O ad un alchene chirale 307

APPROFONDIAMO: I terpeni: alcheni di origine naturale 309

Sommario 310

Parole chiave 310

Imparare le reazioni 311

Sommario delle reazioni 311

Esercizi 314

9

Gli alchini: un'introduzione alla sintesi organica 326



- 9.1 Nomenclatura degli alchini 326
- 9.2 Preparazione degli alchini: reazioni di eliminazione dei dialogenuri 328
- 9.3 Reazioni degli alchini: addizione di HX e X_2 328
- 9.4 Idratazione degli alchini 331
- 9.5 Riduzione degli alchini 334
- 9.6 Scissione ossidativa degli alchini 337
- 9.7 Acidità degli alchini: formazione degli anioni acetiluro 337
- 9.8 Alchilazione degli anioni acetiluro 339
- 9.9 Introduzione alla sintesi organica 341

APPROFONDIAMO: L'arte della sintesi organica 345

Sommario 346

Parole chiave 346

Sommario delle reazioni 347

Esercizi 349





- 10.1 Nomi e strutture degli alogenuri alchilici 361
 - 10.2 Preparazione degli alogenuri alchilici dagli alcani: alogenazione radicalica 363
 - 10.3 Preparazione degli alogenuri alchilici dagli alcheni: bromurazione allilica 365
 - 10.4 Stabilità del radicale allilico: la risonanza rivisitata 367
 - 10.5 Preparazione degli alogenuri alchilici da alcoli 370
 - 10.6 Reazioni degli alogenuri alchilici: i reattivi di Grignard 371
 - 10.7 Reazioni organometalliche di accoppiamento 373
 - 10.8 Ossidazione e riduzione in chimica organica 376
- APPROFONDIAMO:** Alogenuri alchilici presenti in natura 378
- Sommario 379
Parole chiave 379
Sommario delle reazioni 380
Esercizi 381

- 11.1 La scoperta delle reazioni di sostituzione nucleofila 390
 - 11.2 La reazione S_N2 393
 - 11.3 Caratteristiche della reazione S_N2 396
 - 11.4 La reazione S_N1 403
 - 11.5 Caratteristiche della reazione S_N1 407
 - 11.6 Reazioni biologiche di sostituzione 413
 - 11.7 Reazioni di eliminazione: la regola di Zaitsev 415
 - 11.8 La reazione E2 e l'effetto isotopico del deuterio 417
 - 11.9 La reazione E2 e la conformazione del cicloesano 421
 - 11.10 Le reazioni E1 e E1cB 423
 - 11.11 Reazioni biologiche di eliminazione 425
 - 11.12 Sommario della reattività: S_N1 , S_N2 , E1, E1cB e E2 425
- APPROFONDIAMO:** Chimica verde 427
- Sommario 429
Parole chiave 429
Sommario delle reazioni 430
Esercizi 431

Applicare l'analisi ed il ragionamento scientifico II
Dall'iprite ai farmaci anticancro 445

10

Gli organoalogenuri 360



11

Reazioni degli alogenuri alchilici: sostituzioni nucleofile ed eliminazioni 390





12

Determinazione della struttura: spettrometria di massa e spettroscopia infrarossa 448



- 12.1 Spettrometria di massa di piccole molecole: strumenti a settore magnetico 449
 - 12.2 Interpretazione degli spettri di massa 451
 - 12.3 Spettrometria di massa di alcuni comuni gruppi funzionali 455
 - 12.4 Spettrometria di massa in chimica biologica: strumenti a tempo di volo (TOF) 460
 - 12.5 Spettroscopia e spettro elettromagnetico 462
 - 12.6 Spettroscopia infrarossa 465
 - 12.7 Interpretazione degli spettri infrarossi 466
 - 12.8 Spettri infrarossi di alcuni comuni gruppi funzionali 470
- APPROFONDIAMO:** Cristallografia a raggi X 478
- Sommario 479
Parole chiave 479
Esercizi 479

13

Determinazione della struttura: spettroscopia di risonanza magnetica nucleare 488



- 13.1 Spettroscopia di risonanza magnetica nucleare 489
 - 13.2 La natura degli assorbimenti NMR 491
 - 13.3 Lo spostamento chimico (chemical shift) 494
 - 13.4 Chemical shift nella spettroscopia ^1H NMR 496
 - 13.5 Integrazione degli assorbimenti ^1H NMR: conteggio dei protoni 498
 - 13.6 Scissione spin-spin negli spettri ^1H NMR 499
 - 13.7 Spettroscopia ^1H NMR ed equivalenza dei protoni 504
 - 13.8 Tipi più complessi di scissione spin-spin 506
 - 13.9 Usi della spettroscopia ^1H NMR 509
 - 13.10 Spettroscopia ^{13}C NMR: mediazione del segnale e FT-NMR 510
 - 13.11 Caratteristiche della spettroscopia ^{13}C NMR 512
 - 13.12 Spettroscopia DEPT ^{13}C NMR 515
 - 13.13 Usi della spettroscopia ^{13}C NMR 518
- APPROFONDIAMO:** Risonanza magnetica per immagini (MRI) 519
- Sommario 520
Parole chiave 520
Esercizi 521

14

Composti coniugati e spettroscopia ultravioletta 536



- 14.1 Stabilità dei dieni coniugati: teoria degli orbitali molecolari 537
- 14.2 Addizioni elettrofile a dieni coniugati: i carbocationi allilici 541
- 14.3 Controllo cinetico e termodinamico delle reazioni 544
- 14.4 La reazione di cicloadizione di Diels-Alder 546
- 14.5 Caratteristiche della reazione di Diels-Alder 547
- 14.6 Polimeri dei dieni: gomme naturali e sintetiche 552
- 14.7 La spettroscopia ultravioletta 553





- 14.8 Interpretazione degli spettri ultravioletti: l'effetto della coniugazione 556
- 14.9 Coniugazione, colore e chimica della visione 557
APPROFONDIAMO: Fotolitografia 559
Sommaro 560
Parole chiave 560
Sommaro delle reazioni 561
Esercizi 561

Applicare l'analisi ed il ragionamento scientifico III

La terapia fotodinamica 573

- 15.1 Nomenclatura dei composti aromatici 577
- 15.2 Struttura e stabilità del benzene 580
- 15.3 Aromaticità e regola del $4n + 2$ di Hückel 583
- 15.4 Ioni aromatici 586
- 15.5 Eterocicli aromatici: piridina e pirrolo 588
- 15.6 Composti aromatici policiclici 591
- 15.7 Spettroscopia di composti aromatici 593
APPROFONDIAMO: Aspirina, FANS e inibitori della COX-2 598
Sommaro 599
Parole chiave 599
Esercizi 600

- 16.1 Reazioni di sostituzione elettrofila aromatica: bromurazione 613
- 16.2 Altre sostituzioni aromatiche 616
- 16.3 Alchilazione e acilazione di anelli aromatici: la reazione di Friedel-Crafts 621
- 16.4 Effetti dei sostituenti nelle sostituzioni elettrofile 626
- 16.5 Benzeni trisostituiti: additività degli effetti 636
- 16.6 Sostituzione nucleofila aromatica 637
- 16.7 Il benzino 640
- 16.8 Ossidazione di composti aromatici 642
- 16.9 Riduzione di composti aromatici 645
- 16.10 Sintesi di benzeni polisostituiti 646
APPROFONDIAMO: Chimica combinatoriale 651
Sommaro 652
Parole chiave 652
Sommaro delle reazioni 653
Esercizi 656

15

Benzene e aromaticità 576



16

La chimica del benzene: sostituzione elettrofila aromatica 612





17

Alcoli e fenoli 668



- 17.1 Nomenclatura di alcoli e fenoli 669
 - 17.2 Proprietà di alcoli e fenoli 671
 - 17.3 Preparazione degli alcoli: una rassegna 676
 - 17.4 Alcoli da composti carbonilici: riduzione 678
 - 17.5 Alcoli da composti carbonilici: reazione di Grignard 682
 - 17.6 Reazioni degli alcoli 686
 - 17.7 Ossidazione degli alcoli 693
 - 17.8 Protezione degli alcoli 696
 - 17.9 Fenoli e loro uso 698
 - 17.10 Reazioni dei fenoli 700
 - 17.11 Spettroscopia degli alcoli e dei fenoli 702
- APPROFONDIAMO:** L'etanolo: composto chimico, farmaco, veleno 706
- Sommario 707
Parole chiave 707
Sommario delle reazioni 707
Esercizi 710

18

Eteri ed epossidi; tioli e solfuri 726



- 18.1 Nomi e proprietà degli eteri 727
 - 18.2 Preparazione degli eteri 728
 - 18.3 Reazioni degli eteri: scissione in mezzo acido 731
 - 18.4 Reazioni degli eteri: trasposizione di Claisen 733
 - 18.5 Eteri ciclici: gli epossidi 735
 - 18.6 Reazioni degli epossidi: apertura dell'anello 736
 - 18.7 Eteri corona 740
 - 18.8 Tioli e solfuri 742
 - 18.9 Spettroscopia degli eteri 745
- APPROFONDIAMO:** Resine epossidiche e adesivi 748
- Sommario 749
Parole chiave 749
Sommario delle reazioni 750
Esercizi 751

Introduzione ai composti carbonilici 766

- I Categorie di composti carbonilici 766
- II Natura del gruppo carbonilico 768
- III Reazioni generali dei composti carbonilici 768
- IV Sommario 774





- 19.1 Nomenclatura di aldeidi e chetoni 777
 - 19.2 Preparazione di aldeidi e chetoni 779
 - 19.3 Ossidazione di aldeidi e chetoni 781
 - 19.4 Reazioni di addizione nucleofila ad aldeidi e chetoni 782
 - 19.5 Addizione nucleofila di H₂O: idratazione 785
 - 19.6 Addizione nucleofila di HCN: formazione di cianoidrine 787
 - 19.7 Addizione nucleofila di idruro e di reattivi di Grignard: formazione di alcoli 788
 - 19.8 Addizione nucleofila di ammine: formazione di immine ed enammine 790
 - 19.9 Addizione nucleofila di idrazina: la reazione di Wolff-Kishner 795
 - 19.10 Addizione nucleofila di alcoli: formazione di acetali 796
 - 19.11 Addizione nucleofila di ilidi del fosforo: la reazione di Wittig 800
 - 19.12 Riduzioni biologiche 803
 - 19.13 Addizioni nucleofile coniugate ad aldeidi e chetoni α,β -insaturi 805
 - 19.14 Spettroscopia di aldeidi e chetoni 810
- APPROFONDIAMO:** Sintesi enantioselettiva 814
- Sommario 815
Parole chiave 815
Sommario delle reazioni 816
Esercizi 818

Applicare l'analisi ed il ragionamento scientifico IV

Gli inibitori selettivi della ricaptazione della serotonina 838

- 20.1 Nomenclatura di acidi carbossilici e nitrili 843
 - 20.2 Struttura e proprietà degli acidi carbossilici 846
 - 20.3 Acidi biologici ed equazione di Henderson-Hasselbalch 849
 - 20.4 Effetti dei sostituenti sull'acidità 850
 - 20.5 Preparazione degli acidi carbossilici 853
 - 20.6 Reazioni degli acidi carbossilici: un'introduzione 855
 - 20.7 Chimica dei nitrili 856
 - 20.8 Spettroscopia di acidi carbossilici e nitrili 861
- APPROFONDIAMO:** La vitamina C 863
- Sommario 864
Parole chiave 864
Sommario delle reazioni 866
Esercizi 867

19

Aldeidi e chetoni: reazioni di addizione nucleofila 776



20

Acidi carbossilici e nitrili 842





21

Derivati degli acidi carbossilici: reazioni di sostituzione nucleofila acilica 880



- 21.1 Nomenclatura dei derivati degli acidi carbossilici 881
 - 21.2 Reazioni di sostituzione nucleofila acilica 884
 - 21.3 Reazioni di sostituzione nucleofila acilica degli acidi carbossilici 889
 - 21.4 Chimica degli alogenuri acilici 896
 - 21.5 Chimica delle anidridi 901
 - 21.6 Chimica degli esteri 903
 - 21.7 Chimica delle ammidi 909
 - 21.8 Chimica dei tioesteri e dei fosfati acilici: derivati biologici degli acidi carbossilici 913
 - 21.9 Poliammidi e poliesteri: polimerizzazione a stadi 914
 - 21.10 Spettroscopia dei derivati degli acidi carbossilici 918
- APPROFONDIAMO:** Antibiotici β -lattamici 920
- Sommario 922
Parole chiave 922
Sommario delle reazioni 922
Esercizi 925

22

Reazioni di alfa-sostituzione al gruppo carbonilico 942



- 22.1 Tautomeria cheto-enolica 943
 - 22.2 Reattività degli enoli: il meccanismo delle reazioni di alfa-sostituzione 945
 - 22.3 Alogenazione in alfa di aldeidi e chetoni 946
 - 22.4 Bromurazione in alfa di acidi carbossilici 948
 - 22.5 Acidità di atomi di idrogeno in alfa: formazione dello ione enolato 949
 - 22.6 Reattività degli ioni enolato 953
 - 22.7 Alchilazione degli ioni enolato 954
- APPROFONDIAMO:** I barbiturici 962
- Sommario 964
Parole chiave 964
Sommario delle reazioni 964
Esercizi 966

23

Reazioni di condensazione dei composti carbonilici 978



- 23.1 Condensazioni carboniliche: la reazione aldolica 978
- 23.2 Competizione tra le condensazioni carboniliche e le alfa sostituzioni 981
- 23.3 Disidratazione degli aldoli: sintesi degli enoni 982
- 23.4 Uso delle reazioni aldoliche nella sintesi 984
- 23.5 Reazioni aldoliche incrociate 986
- 23.6 Reazioni aldoliche intramolecolari 987
- 23.7 La reazione di condensazione di Claisen 989
- 23.8 Condensazioni di Claisen incrociate 991
- 23.9 Condensazioni di Claisen intramolecolari: la ciclizzazione di Dieckmann 993





- 23.10 Addizioni carboniliche coniugate: la reazione di Michael 995
23.11 Condensazioni carboniliche con enammine: la reazione di Stork 998
23.12 La reazione di anellazione di Robinson 1001
23.13 Alcune reazioni biologiche di condensazione carbonilica 1002
APPROFONDIAMO: Introduzione al metabolismo 1004
Somario 1006
Parole chiave 1006
Somario of reazioni 1007
Esercizi 1008

Applicare l'analisi ed il ragionamento scientifico V

La timina nel DNA 1021

- 24.1 Nomenclatura delle ammine 1024
24.2 Struttura e proprietà delle ammine 1027
24.3 Basicità delle ammine 1028
24.4 Basicità delle arilammine 1032
24.5 Ammine biologiche ed equazione di Henderson–Hasselbalch 1034
24.6 Sintesi delle ammine 1035
24.7 Reazioni delle ammine 1043
24.8 Reazioni delle arilammine 1046
24.9 Ammine eterocicliche 1052
24.10 Spettroscopia delle ammine 1059
APPROFONDIAMO: Chimica verde II: i liquidi ionici 1062
Somario 1064
Parole chiave 1064
Somario delle reazioni 1065
Esercizi 1067

- 25.1 Classificazione dei carboidrati 1083
25.2 Rappresentazione della stereochimica dei carboidrati: le proiezioni di Fischer 1084
25.3 Zuccheri D,L 1088
25.4 Configurazioni degli aldosi 1090
25.5 Strutture cicliche dei monosaccaridi: gli anomeri 1094
25.6 Reazioni dei monosaccaridi 1098
25.7 Gli otto monosaccaridi essenziali 1106
25.8 I disaccaridi 1107
25.9 I polisaccaridi e la loro sintesi 1110
25.10 Altri carboidrati importanti 1113

24

Ammine ed eterocicli 1024



25

Biomolecole: i carboidrati 1082





26

Biomolecole: amminoacidi, peptidi e proteine 1126



- 25.11 I carboidrati della superficie cellulare e i virus dell'influenza 1114
APPROFONDIAMO: Il sapore dolce 1115
Sommaro 1117
Parole chiave 1117
Sommaro delle reazioni 1118
Esercizi 1118
- 26.1 Strutture degli amminoacidi 1127
- 26.2 Amminoacidi ed equazione di Henderson–Hasselbalch: punti isoelettrici 1132
- 26.3 Sintesi degli amminoacidi 1135
- 26.4 Peptidi e proteine 1138
- 26.5 Analisi degli amminoacidi dei peptidi 1140
- 26.6 Sequenziamento dei peptidi: la degradazione di Edman 1141
- 26.7 Sintesi dei peptidi 1144
- 26.8 Sintesi automatizzata dei peptidi: la tecnica in fase solida di Merrifield 1146
- 26.9 Struttura delle proteine 1148
- 26.10 Enzimi e coenzimi 1150
- 26.11 Come funzionano gli enzimi? La citrato sintasi 1153
APPROFONDIAMO: La banca dati delle proteine 1158
Sommaro 1159
Parole chiave 1159
Sommaro delle reazioni 1160
Esercizi 1161

27

Biomolecole: i lipidi 1170



- 27.1 Cere, grassi ed oli 1170
- 27.2 Il sapone 1174
- 27.3 I fosfolipidi 1176
- 27.4 Prostaglandine ed altri eicosanoidi 1177
- 27.5 I terpenoidi 1180
- 27.6 Gli steroidi 1189
- 27.7 Biosintesi degli steroidi 1194
APPROFONDIAMO: Grassi saturi, colesterolo e malattie cardiovascolari 1200
Sommaro 1201
Parole chiave 1201
Esercizi 1201

Applicare l'analisi ed il ragionamento scientifico VI

- Melatonina e serotonina 1209





- 28.1 Nucleotidi e acidi nucleici 1212
- 28.2 Appaiamento delle basi nel DNA: il modello di Watson–Crick 1215
- 28.3 Replicazione del DNA 1217
- 28.4 Trascrizione del DNA 1219
- 28.5 Traduzione dell'RNA: biosintesi delle proteine 1221
- 28.6 Sequenziamento del DNA 1224
- 28.7 Sintesi del DNA 1226
- 28.8 La reazione a catena della polimerasi 1229
- APPROFONDIAMO:** L'identificazione degli individui tramite il DNA 1230
- Sommario 1231
- Parole chiave 1231
- Esercizi 1232
-
- 29.1 Un'introduzione al metabolismo e all'energia biochimica 1238
- 29.2 Catabolismo dei triacilgliceroli: il destino del glicerolo 1242
- 29.3 Catabolismo dei triacilgliceroli: β -ossidazione 1246
- 29.4 Biosintesi degli acidi grassi 1251
- 29.5 Catabolismo dei carboidrati: la glicolisi 1257
- 29.6 Trasformazione del piruvato in acetil CoA 1265
- 29.7 Il ciclo dell'acido citrico 1269
- 29.8 Biosintesi dei carboidrati: gluconeogenesi 1275
- 29.9 Catabolismo delle proteine: deaminazione 1281
- 29.10 Alcune conclusioni sulla chimica biologica 1286
- APPROFONDIAMO:** Farmaci statinici 1287
- Sommario 1288
- Parole chiave 1288
- Esercizi 1289
-
- 30.1 Orbitali molecolari di sistemi π greco coniugati 1298
- 30.2 Reazioni elettrocicliche 1301
- 30.3 Stereochimica delle reazioni elettrocicliche termiche 1303
- 30.4 Reazioni elettrocicliche fotochimiche 1305
- 30.5 Reazioni di cicloaddizione 1306
- 30.6 Stereochimica delle cicloaddizioni 1308
- 30.7 Trasposizioni sigmatropiche 1310
- 30.8 Alcuni esempi di trasposizioni sigmatropiche 1312
- 30.9 Un riassunto delle regole delle reazioni pericicliche 1315
- APPROFONDIAMO:** La vitamina D, la vitamina del sole 1316
- Sommario 1317
- Parole chiave 1317
- Esercizi 1318

28

Biomolecole: gli acidi nucleici 1212



29

La chimica organica delle vie metaboliche 1238



30

Orbitali e chimica organica: le reazioni pericicliche 1298





Applicare l'analisi ed il ragionamento scientifico VII

Le potenti caratteristiche antibiotiche dell'acido endriadico C 1325

31

Polimeri sintetici 1328



- 31.1 Polimerizzazione a catena 1328
 - 31.2 Stereochimica della polimerizzazione: i catalizzatori di Ziegler-Natta 1331
 - 31.3 Copolimeri 1332
 - 31.4 Polimerizzazione a stadi 1334
 - 31.5 Polimerizzazione per metatesi di olefine 1337
 - 31.6 Struttura e proprietà fisiche dei polimeri 1339
- APPROFONDIAMO:** Polimeri biodegradabili 1342
- Sommario 1344
Parole chiave 1344
Esercizi 1344

APPENDICE A Nomenclatura dei composti organici polifunzionali A-1

APPENDICE B Costanti di acidità di alcuni composti organici A-8

APPENDICE C Glossario A-10

APPENDICE D Risposte ai problemi nel testo A-30

INDICE ANALITICO I-1





Prefazione

Amo scrivere ed amo spiegare la chimica organica. Questo testo è ormai giunto alla nona edizione, ma continuo a rileggere ogni sua parola ed ogni passaggio, aggiornando migliaia di piccoli dettagli e cercando di migliorare. Il mio scopo è sempre quello di rifinire le caratteristiche del libro che hanno decretato il successo delle edizioni precedenti, aggiungendone altre di nuove.

Il contenuto del testo è stato aggiornato e reso più accurato, in risposta alla segnalazione di un lettore. In questa nona edizione, sono state molto ampliate le discussioni della spettroscopia NMR e le opportunità di impraticarsi con problemi sui meccanismi. Tra le modifiche citiamo:

- Il trattamento sull'interpretazione degli spettri di massa è stato espanso con nuovi problemi di spettroscopia, distribuiti in tutto il libro.
- La teoria della risonanza magnetica nucleare e l'interpretazione dei dati NMR sono state riorganizzate ed espanse con nuovi problemi sull'NMR.
- *Perché questo capitolo?* ora precede l'introduzione di ciascun capitolo, contestualizzando immediatamente cosa aspettarsi.
- I problemi meccanicistici alla fine dei capitoli sono ora raggruppati assieme, in modo da identificarli con più facilità.
- Sono stati aggiunti molti problemi di fine capitolo, tra cui 108 nuovi esercizi riguardanti la scrittura dei meccanismi e problemi di spettroscopia e di NMR.
- I paragrafi *Approfondiamo* sono stati aggiornati.
- Sono stati aggiunti sette nuovi approfondimenti *Applicare l'analisi e ed il ragionamento scientifico*, che alla fine propongono delle domande di comprensione a scelta multipla. Gli argomenti sono centrati sulle più moderne applicazioni della chimica organica nei campi medico, farmaceutico e biologico. I titoli sono: *il farmaco chirale talidomide, dall'iprite ai farmaci anticancro, la terapia fotodinamica, gli inibitori selettivi della ricaptazione della serotonina, la timina nel DNA, melatonina e serotonina e le potenti caratteristiche antibiotiche dell'acido endriadico C.*

Oltre ai sette inserti *Applicare l'analisi e il ragionamento scientifico*, tra le modifiche specifiche ai singoli capitoli si possono citare:

- Capitolo 2—*Legami covalenti polari; acidi e basi*. Sono state aggiunte delle cifre per le cariche formali, in modo da avere maggior accuratezza. Sono stati aggiunti nuovi problemi meccanicistici al termine del capitolo.
- Capitolo 3—*Composti organici: gli alcani e la loro stereochimica*. Le figure e la procedura di nomenclatura sono state riviste grazie ai suggerimenti di un lettore.
- Capitolo 6—*Una panoramica sulle reazioni organiche*. Sono stati aggiunti nuovi problemi al termine del capitolo, tra cui alcuni di tipo meccanicistico.

MODIFICHE E NOVITÀ DI QUESTA NONA EDIZIONE

- Capitolo 7—*Alcheni: struttura e reattività*. La stereochimica degli alcheni è stata aggiornata con ulteriori esempi, per far pratica sulla geometria *E* e *Z*. Sono stati aggiunti nuovi problemi meccanicistici al termine del capitolo.
- Capitolo 8—*Alcheni: reazioni e sintesi*. Sono stati aggiunti nuovi problemi meccanicistici al termine del capitolo.
- Capitolo 9—*Gli alchini: introduzione alla sintesi organica*. I paragrafi sulla nomenclatura degli alchini e sulle reazioni degli alchini sono stati aggiornati. Sono stati aggiunti nuovi problemi meccanicistici al termine del capitolo.
- Capitolo 10—*Gli organoalogenuri*. Si è data maggior enfasi, con nuovi problemi al termine del capitolo, alle reazioni di Suzuki–Miyaura, al disegno dei meccanismi con le frecce ricurve e alla descrizione del trasferimento degli elettroni nei meccanismi.
- Capitolo 11—*Reazioni degli alogenuri alchilici: sostituzioni nucleofile ed eliminazioni*. Ci sono dei problemi di fine capitolo addizionali, che si concentrano sui meccanismi delle reazioni di eliminazione.
- Capitolo 12—*Determinazione della struttura: spettrometria di massa e spettroscopia infrarossa*. La discussione sull'interpretazione degli spettri di massa è stata ampliata e sono stati aggiunti esempi e problemi addizionali.
- Capitolo 13—*Determinazione della struttura: spettroscopia di risonanza magnetica nucleare*. La teoria della risonanza magnetica nucleare e l'interpretazione dei dati NMR sono stati discussi più in dettaglio e riorganizzati, con l'aggiunta anche di nuovi problemi sull'NMR.
- Capitolo 14—*Composti coniugati e spettroscopia ultravioletta*. Sono stati aggiunti nuovi problemi alla fine del capitolo, tra cui dei problemi meccanicistici.
- Capitolo 15—*Benzene ed aromaticità*. La discussione della caratterizzazione spettroscopica dei derivati del benzene è stata espansa. Sono stati aggiunti nuovi problemi meccanicistici e di spettroscopia al termine del capitolo.
- Capitolo 16—*La chimica del benzene: sostituzione elettrofila aromatica*. Sono stati aggiunti nuovi problemi al termine del capitolo, tra cui alcuni di tipo meccanicistico.
- Capitolo 17—*Alcoli e fenoli*. Sono stati aggiunti alcuni esempi e nuovi problemi al termine del capitolo, tra cui alcuni di tipo meccanicistico.
- Capitolo 18—*Eteri ed epossidi; tioli e solfuri*. Sono stati aggiunti alcuni esempi e nuovi problemi al termine del capitolo, tra cui alcuni di tipo meccanicistico.
- Capitolo 19—*Aldeidi e chetoni: reazioni di addizione nucleofila*. La discussione della spettroscopia IR e NMR di aldeidi e chetoni è stata ampliata. Sono stati aggiunti nuovi problemi di NMR e sui meccanismi.
- Capitolo 20—*Acidi carbossilici e nitrili*. La discussione della spettroscopia IR e NMR dell'acido carbossilico è stata aggiornata. Sono stati aggiunti nuovi problemi al termine del capitolo, tra cui alcuni di tipo meccanicistico e di spettroscopia.
- Capitolo 21—*Derivati degli acidi carbossilici: reazioni di sostituzione nucleofila acilica*. La discussione degli effetti elettronici sulla spettroscopia IR e NMR dei derivati degli acidi carbossilici è stata estesa con due nuovi problemi di fine capitolo sulla spettroscopia IR, assieme a nuovi problemi meccanicistici. Sono stati aggiunti anche quattro esempi svolti sulla sintesi di esteri, ammidi e ammine.



- Capitolo 22 e Capitolo 23—*Reazioni di alfa-sostituzione al gruppo carbonilico; Reazioni di condensazione dei composti carbonilici*. Sono stati aggiunti nuovi problemi al termine del capitolo, tra cui alcuni di tipo meccanicistico
 - Capitolo 24—*Ammine ed eterocicli*. La discussione sulla spettroscopia IR e NMR delle ammine è stata aggiornata e sono stati aggiunti nuovi problemi meccanicistici e di spettroscopia alla fine del capitolo.
 - Capitolo 25—*Biomolecole: i carboidrati*. La trattazione dei carboidrati più importanti è stata ampliata e sono stati rivisti gli esempi svolti relativi alle proiezioni di Fischer.
 - Capitolo 26—*Biomolecole: amminoacidi, peptidi e proteine*. L'approfondimento sulla Protein Data Bank è stato rivisto ed aggiornato per renderlo più attuale.
 - Capitolo 28—*Biomolecole: gli acidi nucleici*. Il contenuto sul sequenziamento del DNA e sulla sintesi del DNA è stato aggiornato e rivisto.
-
- La sezione *Perché questo capitolo?* è un breve paragrafo che appare prima dell'introduzione di ciascun capitolo e che spiega allo studente perché l'argomento che verrà trattato è importante.
 - Ciascun *Problema svolto* indica una strategia, contiene una soluzione dettagliata ed è seguito da problemi che gli studenti possono affrontare da soli. In questo libro ci sono più di 1800 problemi.
 - Il capitolo *Un'introduzione ai composti carbonilici* segue il Capitolo 18 ed enfatizza l'idea che lo studio della chimica organica richiede capacità di sintesi e di proiezione verso concetti sempre più avanzati.
 - I problemi *Visualizzare la chimica* che danno inizio alla serie degli esercizi al termine di ciascun capitolo danno allo studente l'opportunità di avvicinarsi alla chimica in modo diverso, visualizzando le molecole invece che semplicemente interpretando le formule di struttura.
 - Tra i problemi di fine capitolo è stata inserita la nuova sezione dei *Problemi meccanicistici*. I problemi sui meccanismi sono ora raccolti assieme.
 - I nuovi inserti *Applicare l'analisi e il ragionamento scientifico* raccolgono dei brevi approfondimenti, con delle domande di comprensione a scelta multipla, sulle applicazioni della chimica organica in campo medico, farmaceutico e biologico. Queste sezioni sono collocate in punti diversi lungo il testo, in modo che l'argomento riguardi aspetti della chimica organica trattati nei capitoli precedenti. L'obiettivo è rinforzare la conoscenza della chimica organica attraverso applicazioni pratiche ed esempi tratti dalla vita reale.
 - I riquadri *Approfondiamo* completano il testo e pongono l'attenzione sulle applicazioni della chimica. Alcuni esempi sono "Da dove vengono i farmaci?" nel Capitolo 6 e "Meccanica molecolare" nel Capitolo 4.
 - *Sommario e Parole chiave* aiutano gli studenti a raccogliere i concetti chiave del Capitolo appena terminato.

CARATTERISTICHE DEL LIBRO





- I *Sommari delle reazioni* posti alla fine di alcuni capitoli raccolgono le reazioni descritte nel capitolo in un'unica lista compatta.

RINGRAZIAMENTI

Questa edizione non avrebbe mai visto la luce senza il lavoro di tanti importanti colleghi. Ringrazio in modo particolare KC Russell della Northern Kentucky University per aver scritto molti dei problemi meccanicistici che appaiono in questa edizione. Grazie a James S. Vyvyan della Western Washington University per aver rivisto le discussioni sulla spettroscopia NMR e per i problemi corrispondenti in tutto il libro. Grazie a Andrew Frazer della University of Central Florida per i nuovi inserti *Applicare l'analisi ed il ragionamento scientifico* e a Gordon W. Gribble del Dartmouth College per l'assistenza alla loro redazione. Grazie a Jordan L. Fantini della Denison University per aver attentamente revisionato il nuovo materiale e le diverse versioni del manoscritto.

Questo libro è stato migliorato dai commenti e suggerimenti utili di tutti coloro che lo hanno revisionato.

Revisori della nona edizione

Peter Bell, Tarleton State University
Andrew Frazer, University of Central Florida
Stephen Godleski, State University of New York–Brockport
Susan Klein, Manchester College
Barbara Mayer, California State University–Fresno
James Miranda, Sacramento State University
Pauline Schwartz, University of New Haven
Gabriela Smeureanu, Hunter College
Douglas C. Smith, California State University–San Bernardino
Linfeng Xie, University of Wisconsin–Oshkosh
Yan Zhao, Iowa State University

Revisori dell'ottava edizione

Andrew Bolig, San Francisco State University; Indraneel Ghosh, University of Arizona; Stephen Godleski, State University of New York, Brockport; Gordon Gribble, Dartmouth College; Matthew E. Hart, Grand Valley State University; Darren Johnson, University of Oregon; Ernest G. Nolen, Colgate University; Douglas C. Smith, California State University, San Bernardino; Gary Sulikowski, Vanderbilt University; Richard Weiss, Georgetown University; Yan Zhao, Iowa State University

Revisori della settima edizione

Arthur W. Bull, Oakland University; Robert Coleman, Ohio State University; Nicholas Drapela, Oregon State University; Christopher Hadad, Ohio State University; Eric J. Kantorowski, California Polytechnic State University; James J. Kiddle, Western Michigan University; Joseph B. Lambert, Northwestern University; Dominic McGrath, University of Arizona; Thomas A. Newton, University of Southern Maine; Michael Rathke, Michigan State University





TRADUZIONE ITALIANA DELLA SESTA EDIZIONE A CURA DI

Francesco Babudri

Dipartimento di Chimica
Università degli Studi di Bari
Capitolo 31

Alessandro Bagno

Dipartimento di Scienze Chimiche
Università degli Studi di Padova
Capitoli 1, 9 e Appendice A

Gaspere Barone

Dipartimento di Chimica Organica e Biochimica
Università degli Studi "Federico II" di Napoli
Capitolo 6

Giuseppe Bartoli

Dipartimento di Chimica Organica "A. Mangini"
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Capitolo 20

Vittorio Bertacche

Istituto di Chimica Organica "Alessandro Marchesini"
Facoltà di Farmacia
Università degli Studi di Milano
Capitolo 12

Bruno Botta

Dipartimento di Studi di Chimica e Tecnologia
delle Sostanze Biologicamente Attive
Università degli Studi "La Sapienza" di Roma
Capitolo 21

Andrea Bottoni

Dipartimento di Chimica "G. Ciamician"
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Capitolo 25

Sandro Cacchi

Dipartimento di Studi di Chimica e Tecnologia
delle Sostanze Biologicamente Attive
Università degli Studi "La Sapienza" di Roma
Capitolo 2

Stefano Colonna

Istituto di Chimica Organica "Alessandro Marchesini"
Università degli Studi di Milano
Capitolo 5

Paolo Crotti

Dipartimento di Chimica Bioorganica e Biofarmacia
Università degli Studi di Pisa
Capitolo 17

Ilaria D'Acquarica

Dipartimento di Studi di Chimica e Tecnologia
delle Sostanze Biologicamente Attive
Università degli Studi "La Sapienza" di Roma
Capitolo 21

Maria Valeria D'Auria

Dipartimento di Chimica delle Sostanze Naturali
Università degli Studi "Federico II" di Napoli
Capitolo 4

Piero Dalla Croce

Dipartimento di Chimica Organica e Industriale
Università degli Studi di Milano
Capitolo 15

Renato Dalpozzo

Dipartimento di Chimica
Università degli Studi della Calabria
Capitolo 19

xxv





xxvi Traduzione italiana della sesta edizione a cura di

Saverio Florio

Dipartimento Farmaco-Chimico
Università degli Studi di Bari
Capitolo 30

Fernando Formaggio

Dipartimento di Scienze Chimiche
Università degli Studi di Padova
Capitolo 24

Maria Luisa Gelmi

Istituto di Chimica Organica "Alessandro Marchesini"
Università degli Studi di Milano
Capitolo 23

Rosa Lanzetta

Dipartimento di Chimica Organica e Biochimica
Università degli Studi "Federico II" di Napoli
Capitolo 13

Concetta La Rosa

Istituto di Chimica Organica "Alessandro Marchesini"
Università degli Studi di Milano
Capitolo 15

Stefano Lena

Dipartimento di Chimica Organica "A. Mangini"
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Capitolo 28

Franco Macchia

Facoltà di Farmacia
Università degli Studi di Pisa
Capitolo 18

Michele Maggini

Dipartimento di Scienze Chimiche
Università degli Studi di Padova
Capitolo 11

Fabrizio Mancin

Dipartimento di Scienze Chimiche
Università degli Studi di Padova
Capitolo 11

Giovanna Mancini

CNR, Istituto di Metodologie Chimiche
Sezione Meccanismi di Reazione
Dipartimento di Chimica
Università degli Studi "La Sapienza" di Roma
Capitolo 26

Elisabetta Marin

Dipartimento di Scienze Chimiche
Università degli Studi di Padova
Capitolo 27

Rinaldo Marini Bettolo

Dipartimento di Chimica
Università degli Studi "La Sapienza" di Roma
Capitolo 26

Enzo Menna

Dipartimento di Scienze Chimiche
Università degli Studi di Padova
Capitolo 11

Gian Franco Pedulli

Dipartimento di Chimica Organica "A. Mangini"
Università degli Studi di Bologna
Capitolo 14

Mauro Pineschi

Facoltà di Farmacia
Università degli Studi di Pisa
Capitolo 18

Elena Pini

Istituto di Chimica Organica "Alessandro Marchesini"
Facoltà di Farmacia
Università degli Studi di Milano
Capitolo 12

Pier Paolo Piras

Dipartimento di Scienze Chimiche
Università degli Studi di Cagliari
Capitolo 7





Traduzione italiana della sesta edizione a cura di xxvii

Donato Pocar

Istituto di Chimica Organica "Alessandro Marchesini"
Università degli Studi di Milano
Capitolo 22

Maurizio Prato

Dipartimento di Scienze Farmaceutiche
Università degli Studi di Trieste
Capitoli 3 e 8

Alfredo Ricci

Dipartimento di Chimica Organica "A. Mangini"
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Capitolo 10

Carlo Richelmi

Istituto di Chimica Organica "Alessandro Marchesini"
Università degli Studi di Milano
Capitolo 5

Raffaele Riccio

Dipartimento di Scienze Farmaceutiche
Università degli Studi di Salerno
Capitolo 16

Letizia Sambri

Dipartimento di Chimica Organica "A. Mangini"
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Capitolo 20

Paolo Scrimin

Dipartimento di Scienze Chimiche
Università degli Studi di Padova
Capitolo 27

Gian Piero Spada

Dipartimento di Chimica Organica "A. Mangini"
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Capitolo 28

Riccardo Stradi

Istituto di Chimica Organica "Alessandro Marchesini"
Facoltà di Farmacia
Università degli Studi di Milano
Capitolo 12

Claudio Toniolo

Dipartimento di Scienze Chimiche
Università degli Studi di Padova
Capitolo 24

Corrado Tringali

Dipartimento di Scienze Chimiche
Università degli Studi di Catania
Capitolo 29

Angela Zampella

Dipartimento di Chimica delle Sostanze Naturali
Università degli Studi "Federico II" di Napoli
Capitolo 4

Franco Zollo

Dipartimento di Chimica delle Sostanze Naturali
Università degli Studi "Federico II" di Napoli
Capitolo 4.

