

# INDICE GENERALE

Le risorse digitali XII

Presentazione XIV

## 1 IL LEGAME CHIMICO E L'ISOMERIA

1 La disposizione degli elettroni negli atomi	1
2 Il legame ionico e il legame covalente	3
A I composti ionici	3
B Il legame covalente	5
3 I legami deboli	6
A Il legame dipolo-dipolo	6
B Il legame idrogeno	7
C Il legame ione-dipolo	7
D Le forze di dispersione di London	7
4 Il carbonio e il legame covalente	8
5 I legami semplici carbonio-carbonio	9
6 I legami covalenti polari	10
7 I legami covalenti multipli	12
8 La valenza	13
9 L'isomeria	14
10 Come si scrivono le formule di struttura	15
11 Le formule di struttura semplificate	17
12 La carica formale	19
13 La risonanza	21
14 Il significato delle frecce	22
15 Gli orbitali e il legame chimico: il legame sigma	24

16 Gli orbitali ibridi  $sp^3$  del carbonio 25

17 Il carbonio tetraedrico: i legami nel metano 26

18 La classificazione in base alla struttura molecolare	28
A I composti aciclici	28
B I composti carbociclici	29
C I composti eterociclici	29

19 La classificazione in base ai gruppi funzionali 30

### GREEN CHEMISTRY

La chimica sostenibile 32

Mappa del capitolo 33

Esercizi 34

## 2 GLI ALCANI E I CICLOALCANI

1 La struttura degli alcani	37
2 La nomenclatura dei composti organici	39
3 Le regole IUPAC per la nomenclatura degli alcani	40
4 Alchili e alogeni come sostituenti	42
5 L'applicazione delle regole IUPAC	43
6 Le fonti di alcani	44
7 Le proprietà fisiche degli alcani e le interazioni intermolecolari di non legame	45
8 Le conformazioni degli alcani	47
9 La nomenclatura e le conformazioni dei cicloalcani	49
10 L'isomeria <i>cis-trans</i> nei cicloalcani	53

<b>11</b>	<b>Riepilogo sull'isomeria</b>	54	<b>14</b>	<b>L'addizione di idrogeno</b>	92
<b>12</b>	<b>Le reazioni degli alcani</b>	55	<b>15</b>	<b>Le addizioni ai sistemi coniugati</b>	93
	A L'ossidazione e la combustione: gli alcani come combustibili	55		A Le addizioni elettrofile ai dieni coniugati	93
				B Le cicloaddizioni ai dieni coniugati: la reazione di Diels–Alder	94
	<b>GREEN CHEMISTRY</b>		<b>16</b>	<b>Le addizioni radicaliche agli alcheni</b>	96
	Energia alternativa, i vantaggi dell'idrogeno	56		A L'addizione radicalica di acido bromidrico	96
	B L'alogenazione degli alcani	57		B La bromurazione alilica	96
				C Il polietilene	96
	<b>PER SAPERNE DI PIÙ</b>		<b>17</b>	<b>L'ossidazione degli alcheni</b>	98
	Il metano, il gas di palude, e l'esperimento di Miller	58		A L'ossidazione con permanganato: un saggio chimico	98
<b>13</b>	<b>Il meccanismo radicalico a catena dell'alogenazione</b>	59		<b>PER SAPERNE DI PIÙ</b>	
	A La stabilità dei radicali	61		L'etilene: materia prima e ormone delle piante	99
	B Le reazioni di alogenazione: reattività e selettività	62		B L'ozonolisi degli alcheni	100
				C Altre ossidazioni degli alcheni	100
	<b>Mappa del capitolo</b>	63	<b>18</b>	<b>Alcune caratteristiche dei tripli legami</b>	101
	<b>Esercizi</b>	64	<b>19</b>	<b>Il modello orbitalico del triplo legame</b>	101

## 3 GLI ALCENI E GLI ALCHINI

<b>1</b>	<b>Definizione e classificazione</b>	68	<b>20</b>	<b>Le reazioni di addizione agli alchini</b>	102
<b>2</b>	<b>La nomenclatura</b>	69		<b>PER SAPERNE DI PIÙ</b>	
<b>3</b>	<b>Alcune caratteristiche dei doppi legami</b>	72		Il petrolio, la benzina e il numero di ottani	103
<b>4</b>	<b>Il modello orbitalico del doppio legame: il legame pi-greco (<math>\pi</math>)</b>	73	<b>21</b>	<b>L'acidità degli alchini</b>	105
<b>5</b>	<b>L'isomeria <i>cis-trans</i> negli alcheni</b>	75		<b>Mappa del capitolo</b>	106
<b>6</b>	<b>Le reazioni di addizione e di sostituzione a confronto</b>	76		<b>Esercizi</b>	109
	<b>PER SAPERNE DI PIÙ</b>				
	La chimica della visione	77	<b>4</b>	<b>I COMPOSTI AROMATICI</b>	
<b>7</b>	<b>Le addizioni al doppio legame</b>	78	<b>1</b>	<b>Il benzene</b>	113
	A L'addizione di alogeni	78	<b>2</b>	<b>La struttura di Kekulé del benzene</b>	115
	B L'addizione di acqua (idratazione)	79	<b>3</b>	<b>La risonanza nel benzene</b>	115
	C L'addizione di acidi	79	<b>4</b>	<b>Il modello orbitalico del benzene</b>	116
<b>8</b>	<b>L'addizione di reagenti asimmetrici ad alcheni asimmetrici: la regola di Markovnikov</b>	80	<b>5</b>	<b>I simboli del benzene</b>	117
<b>9</b>	<b>Il meccanismo di addizione elettrofila agli alcheni</b>	81	<b>6</b>	<b>La nomenclatura dei composti aromatici</b>	117
<b>10</b>	<b>La spiegazione della regola di Markovnikov</b>	84	<b>7</b>	<b>L'energia di risonanza del benzene e la definizione di aromaticità</b>	120
<b>11</b>	<b>L'equilibrio di reazione: che cosa rende possibile una reazione?</b>	86	<b>8</b>	<b>La sostituzione elettrofila aromatica</b>	121
<b>12</b>	<b>La reazione è veloce o è lenta?</b>	87	<b>9</b>	<b>Il meccanismo della sostituzione elettrofila aromatica</b>	122
<b>13</b>	<b>L'idroborazione degli alcheni</b>	90		A L'alogenazione	124
				B La nitratura	124
				C La solfonazione	125
				D Alchilazione e acilazione	125

**PER SAPERNE DI PIÙ**

La vitamina E: tocoferoli e tocotrienoli 126

**10 Effetti dei sostituenti nelle sostituzioni elettrofile** 127A I gruppi *orto*, *para*-orientanti 128B I gruppi *meta*-orientanti 130**11 L'importanza degli effetti orientanti nella sintesi** 132**12 Gli idrocarburi policiclici aromatici** 132**PER SAPERNE DI PIÙ**

Gli idrocarburi policiclici aromatici e il cancro 134

**Mappa del capitolo** 135**Esercizi** 136**5 LA STEREOISOMERIA****1 La chiralità e gli enantiomeri** 140**2 I centri stereogenici e l'atomo di carbonio stereogenico** 142**3 La configurazione e la convenzione *R-S*** 145**4 La convenzione *E-Z* per gli isomeri *cis-trans*** 149**5 La luce polarizzata e l'attività ottica** 150**6 Le proprietà degli enantiomeri** 153**7 Le proiezioni di Fischer** 154**8 I composti con più di un centro stereogenico** 156**9 I composti *meso*** 158**10 Riepilogo delle definizioni di stereochimica** 159**PER SAPERNE DI PIÙ**

Enantiomeria e attività biologica 161

**11 Il decorso stereochimico delle reazioni** 162**12 La risoluzione delle miscele racemiche** 163**GREEN CHEMISTRY**

La sintesi della L-DOPA 164

**Mappa del capitolo** 165**Esercizi** 166**6 COMPOSTI ORGANICI ALOGENATI****1 La sostituzione nucleofila** 170**2 Esempi di sostituzioni nucleofile** 171**3 I meccanismi di sostituzione nucleofila** 174**4 Il meccanismo  $S_N2$**  175**5 Il meccanismo  $S_N1$**  177**6 I meccanismi  $S_N1$  ed  $S_N2$  a confronto** 180**PER SAPERNE DI PIÙ**Le reazioni  $S_N2$  in natura: le metilazioni biologiche 181**7 La deidroalogenazione, una reazione di eliminazione. I meccanismi E2 ed E1** 182**8 La competizione tra sostituzione ed eliminazione** 184

A Gli alogenuri terziari 184

B Gli alogenuri primari 185

C Gli alogenuri secondari 185

**9 I composti alifatici polialogenati** 186**PER SAPERNE DI PIÙ**

I CFC, lo strato di ozono e il mercato 188

**Mappa del capitolo** 189**Esercizi** 191**7 GLI ALCOLI, I FENOLI E I TIOLI****1 La nomenclatura degli alcoli** 193**PER SAPERNE DI PIÙ**

Gli alcoli prodotti industrialmente 195

**2 La classificazione degli alcoli** 196**3 La nomenclatura dei fenoli** 196**4 Il legame idrogeno negli alcoli e nei fenoli** 197**5 Acidità e basicità rivedute** 198**6 L'acidità degli alcoli e dei fenoli** 200**7 La basicità degli alcoli e dei fenoli** 203**8 La disidratazione degli alcoli ad alcheni** 203**9 La reazione degli alcoli con gli acidi alogenidrici** 205**10 Altri metodi di preparazione degli alogenuri alchilici a partire dagli alcoli** 206**11 Alcoli e fenoli a confronto** 207**12 L'ossidazione degli alcoli ad aldeidi, chetoni e acidi carbossilici** 208**13 Gli alcoli con più di un ossidrile** 209**PER SAPERNE DI PIÙ**

Alcoli e fenoli di importanza biologica 210

<b>14</b>	La sostituzione elettrofila aromatica sui fenoli	211
<b>15</b>	L'ossidazione dei fenoli	211
<b>16</b>	I fenoli come antiossidanti	212
<b>17</b>	I tioli, analoghi solforati degli alcoli e dei fenoli	213
<b>PER SAPERNE DI PIÙ</b>		
	I capelli: ricci o lisci?	214
	<b>Mappa del capitolo</b>	215
	<b>Esercizi</b>	217

## 8 GLI ETERI E GLI EPOSSIDI

<b>1</b>	La nomenclatura degli eteri	220
<b>2</b>	Le proprietà fisiche degli eteri	221
<b>3</b>	Gli eteri come solventi	222
<b>4</b>	Il reagente di Grignard: un composto organometallico	222
<b>5</b>	La preparazione degli eteri	225
<b>6</b>	La scissione degli eteri	226
<b>PER SAPERNE DI PIÙ</b>		
	L'etere e l'anestesia	227
<b>7</b>	Gli epossidi (ossirani)	228
<b>8</b>	Le reazioni degli epossidi	229
<b>9</b>	Gli eteri ciclici	231

### GREEN CHEMISTRY

MTBE: l'etere per la benzina senza piombo 233

	<b>Mappa del capitolo</b>	234
	<b>Esercizi</b>	235

## 9 LE ALDEIDI E I CHETONI

<b>1</b>	La nomenclatura delle aldeidi e dei chetoni	238
<b>2</b>	Aldeidi e chetoni comuni	240
<b>3</b>	I metodi di preparazione delle aldeidi e dei chetoni	242
<b>4</b>	Le aldeidi e i chetoni in natura	243
<b>5</b>	Il gruppo carbonilico	244
<b>6</b>	L'addizione nucleofila ai carbonili: considerazioni meccanicistiche	245
<b>7</b>	L'addizione di alcoli: la formazione di emiacetali e di acetali	246

<b>8</b>	L'addizione di acqua: l'idratazione di aldeidi e chetoni	250
<b>9</b>	L'addizione di reagenti di Grignard e di acetiluri	250
<b>10</b>	L'addizione di acido cianidrico: le cianidrine	253
<b>11</b>	L'addizione di nucleofili all'azoto	253
<b>12</b>	La riduzione dei composti carbonilici	255
<b>13</b>	L'ossidazione dei composti carbonilici	257
<b>14</b>	La tautomeria cheto-enolica	258

### PER SAPERNE DI PIÙ

Tautomeria e fotocromismo 259

<b>15</b>	L'acidità degli idrogeni in alfa: l'anione enolato	260
<b>16</b>	Lo scambio di deuterio nei composti carbonilici	261
<b>17</b>	La condensazione aldolica	262
<b>18</b>	La condensazione aldolica mista	263
<b>19</b>	Le sintesi industriali mediante condensazione aldolica	264

### PER SAPERNE DI PIÙ

Il trattamento delle acque e la chimica degli enoli/etanoli 265

	<b>Mappa del capitolo</b>	266
	<b>Esercizi</b>	268

## 10 ACIDI CARBOSSILICI E DERIVATI

<b>1</b>	La nomenclatura degli acidi	272
<b>2</b>	Le proprietà fisiche degli acidi	275
<b>3</b>	Acidità e costanti di acidità	276
<b>4</b>	Perché gli acidi carbossilici sono acidi?	278
<b>5</b>	L'influenza della struttura sull'acidità: l'effetto induttivo rivisitato	279
<b>6</b>	La trasformazione degli acidi in sali	280
<b>7</b>	I metodi di preparazione degli acidi	281
	A L'ossidazione degli alcoli primari e delle aldeidi	281
	B L'ossidazione delle catene laterali dei composti aromatici	281
	C La reazione dei reagenti di Grignard con diossido di carbonio	282
	D L'idrolisi dei cianuri (nitrili)	282
<b>8</b>	I derivati degli acidi carbossilici	284

<b>9</b> Gli esteri	284	<b>8</b> La reazione delle ammine con gli acidi forti: i sali delle ammine	320
<b>10</b> La preparazione degli esteri: l'esterificazione di Fischer	285	<b>9</b> Le ammine chirali nella risoluzione delle miscele racemiche	322
<b>11</b> Il meccanismo di esterificazione con catalisi acida: la sostituzione nucleofila acilica	286	<b>10</b> L'acilazione delle ammine con i derivati degli acidi	322
<b>12</b> I lattoni	288	<b>11</b> I composti di ammonio quaternari	324
<b>13</b> La saponificazione degli esteri	288	<b>12</b> I sali di diazonio aromatici	325
<b>14</b> L'ammonolisi degli esteri	289	<b>13</b> La diazocopulazione: i coloranti azoici	328
<b>15</b> La reazione degli esteri con i reagenti di Grignard	290	<b>Mappa del capitolo</b>	329
<b>16</b> La riduzione degli esteri	291	<b>Esercizi</b>	331
<b>17</b> I composti acilici attivati	291		
<b>18</b> Gli alogenuri acilici	292		
<b>19</b> Le anidridi degli acidi	294		
<b>20</b> Le ammidi	296		
<b>GREEN CHEMISTRY</b>			
I tioesteri, le funzioni che attivano i gruppi acilici in natura	296		
<b>21</b> Sommario delle reazioni dei derivati degli acidi carbossilici	298		
<b>22</b> Gli idrogeni in alfa degli esteri: la condensazione di Claisen	301		
<b>GREEN CHEMISTRY</b>			
Chimica verde e ibuprofene: un caso di studio	303		
<b>Mappa del capitolo</b>	304		
<b>Esercizi</b>	306		

## 11 LE AMMINE E ALTRI COMPOSTI AZOTATI

<b>1</b> Classificazione e struttura delle ammine	309
<b>2</b> La nomenclatura delle ammine	310
<b>3</b> Le proprietà fisiche e le interazioni intermolecolari delle ammine	312
<b>4</b> La preparazione delle ammine: l'alchilazione dell'ammoniaca e delle ammine	313
<b>5</b> La preparazione delle ammine: la riduzione di composti azotati	315
<b>6</b> La basicità delle ammine	317
<b>7</b> Il confronto delle basicità e acidità delle ammine e delle ammidi	319

## 12 LA SPETTROSCOPIA

<b>1</b> I principi della spettroscopia	333
<b>2</b> La spettroscopia di risonanza magnetica nucleare (NMR)	335
A La registrazione di uno spettro NMR	335
B Il chemical shift e l'area dei picchi	336
C La separazione (splitting) spin-spin dei segnali	340
<b>3</b> La spettroscopia $^{13}\text{C}$ NMR	343
<b>PER SAPERNE DI PIÙ</b>	
L'NMR in biologia e in medicina	345
<b>4</b> La spettroscopia infrarossa	346
<b>5</b> La spettroscopia visibile e ultravioletta	350
<b>6</b> La spettrometria di massa	352
<b>Mappa del capitolo</b>	356
<b>Esercizi</b>	357

## 13 I COMPOSTI ETEROCICLICI

<b>1</b> La piridina, un eterociclo aromatico	360
<b>2</b> Le reazioni di sostituzione sulla piridina	362
<b>3</b> Altri eterocicli a sei termini	365
<b>4</b> Gli eterocicli a cinque termini: furano, pirrolo e tiofene	367
<b>5</b> Le reazioni di sostituzione elettrofila del furano, del pirrolo e del tiofene	370
<b>PER SAPERNE DI PIÙ</b>	
Le porfirine: perché il sangue è rosso e l'erba è verde?	371

<b>6 Altri eterocicli a cinque termini: gli azoli</b>	372
<b>7 Eterocicli a cinque termini con anelli condensati: gli indoli e le purine</b>	373

**PER SAPERNE DI PIÙ**

La morfina e altri farmaci azotati	375
------------------------------------	-----

<b>Mappa del capitolo</b>	376
---------------------------	-----

<b>Esercizi</b>	377
-----------------	-----

**14 I POLIMERI SINTETICI**

<b>1 La classificazione dei polimeri</b>	379
<b>2 La polimerizzazione per addizione radicalica</b>	380
<b>3 La polimerizzazione per addizione cationica</b>	385
<b>4 La polimerizzazione per addizione anionica</b>	386
<b>5 I polimeri stereoregolari: la polimerizzazione di Ziegler–Natta</b>	387

**GREEN CHEMISTRY**

Le microplastiche	389
-------------------	-----

**PER SAPERNE DI PIÙ**

Poliacetilene e polimeri conduttori	390
-------------------------------------	-----

<b>6 I polimeri dienici: la gomma naturale e la gomma sintetica</b>	390
<b>7 I copolimeri</b>	392
<b>8 La polimerizzazione per condensazione: il Dacron® e il nylon</b>	393

**GREEN CHEMISTRY**

I polimeri degradabili	395
------------------------	-----

**PER SAPERNE DI PIÙ**

Le poliammidi più recenti: le aramidi	396
---------------------------------------	-----

<b>9 I poliuretani e altri polimeri di condensazione</b>	397
--	-----

<b>Mappa del capitolo</b>	400
---------------------------	-----

<b>Esercizi</b>	402
-----------------	-----

**15 I LIPIDI E I DETERGENTI**

<b>1 Le caratteristiche dei lipidi</b>	405
<b>A</b> I grassi e gli oli	406
<b>B</b> La nomenclatura dei trigliceridi	407
<b>2 Le reazioni dei trigliceridi</b>	409

<b>A</b> L'idrogenazione degli oli vegetali	409
<b>B</b> L'ossidazione dei trigliceridi	410
<b>C</b> La saponificazione dei grassi e degli oli	410

<b>3 Come agiscono i saponi?</b>	411
----------------------------------	-----

<b>4 I detergenti sintetici (detersivi)</b>	412
---	-----

**PER SAPERNE DI PIÙ**

I detergenti in commercio	415
---------------------------	-----

<b>5 I fosfolipidi</b>	416
------------------------	-----

<b>6 Prostaglandine, leucotrieni e lipossine</b>	416
--	-----

<b>7 Le cere</b>	417
------------------	-----

<b>8 I terpeni e gli steroidi</b>	418
-----------------------------------	-----

<b>Mappa del capitolo</b>	422
---------------------------	-----

<b>Esercizi</b>	423
-----------------	-----

**16 I CARBOIDRATI**

<b>1 Definizione e classificazione</b>	426
--	-----

<b>2 I monosaccaridi</b>	427
--------------------------	-----

<b>3 La chiralità nei monosaccaridi: le proiezioni di Fischer e gli zuccheri D,L</b>	428
--	-----

<b>4 Le strutture emiacetaliche cicliche dei monosaccaridi</b>	431
--	-----

<b>5 Anomeria e mutarotazione</b>	433
-----------------------------------	-----

<b>6 Le strutture piranosiche e furanosiche</b>	435
---	-----

<b>7 Le conformazioni dei piranosidi</b>	436
--	-----

<b>8 Esteri ed eteri da monosaccaridi</b>	437
---	-----

<b>9 La riduzione dei monosaccaridi</b>	437
---	-----

<b>10 L'ossidazione dei monosaccaridi</b>	438
---	-----

<b>11 La formazione di glicosidi dai monosaccaridi</b>	439
--	-----

<b>12 I disaccaridi</b>	440
-------------------------	-----

<b>A</b> Il maltosio	440
----------------------	-----

<b>B</b> Il cellobiosio	441
-------------------------	-----

<b>C</b> Il lattosio	441
----------------------	-----

<b>D</b> Il saccarosio	442
------------------------	-----

<b>13 I polisaccaridi</b>	443
---------------------------	-----

<b>A</b> L'amido e il glicogeno	443
---------------------------------	-----

**PER SAPERNE DI PIÙ**

Sapore dolce e dolcificanti	444
-----------------------------	-----

<b>B</b> La cellulosa	446
-----------------------	-----

<b>C</b> Altri polisaccaridi	447
------------------------------	-----

<b>14 I fosfati degli zuccheri</b>	447
------------------------------------	-----

<b>GREEN CHEMISTRY</b>	
Impieghi alternativi dei carboidrati	448
<b>15</b> I deossi zuccheri	449
<b>16</b> Gli ammino zuccheri	449
<b>17</b> L'acido ascorbico (vitamina C)	449
<b>Mappa del capitolo</b>	451
<b>Esercizi</b>	453

**17** **AMMINOACIDI, PEPTIDI E PROTEINE**

<b>1</b> Gli amminoacidi naturali	455
<b>2</b> Le proprietà acido-base degli amminoacidi	457
<b>3</b> Le proprietà acido-base degli amminoacidi con più di un gruppo acido o basico	460
<b>4</b> L'elettroforesi	462
<b>5</b> Le reazioni degli amminoacidi	462
<b>6</b> La reazione della ninidrina	463
<b>7</b> I peptidi	464
<b>PER SAPERNE DI PIÙ</b>	
Alcuni peptididi origine naturale	465
<b>8</b> Il legame di solfuro	466
<b>9</b> Le proteine	466
<b>10</b> La struttura primaria delle proteine	467
A L'analisi degli amminoacidi	467
B La determinazione della sequenza	468
C La scissione selettiva dei legami peptidici	469
<b>11</b> La logica dell'analisi sequenziale	470
<b>12</b> La sintesi peptidica	472
<b>13</b> La struttura secondaria delle proteine	476
A La geometria del legame peptidico	476
B La formazione di legami idrogeno	476
C L'α-elica e il foglietto pieghettato	477
<b>14</b> La struttura terziaria: proteine fibrose e proteine globulari	478

<b>15</b> La struttura quaternaria delle proteine	481
<b>PER SAPERNE DI PIÙ</b>	
Il sequenziamento delle proteine e l'evoluzione	481
<b>Mappa del capitolo</b>	482
<b>Esercizi</b>	484

**18** **I NUCLEOTIDI E GLI ACIDI NUCLEICI**

<b>1</b> La struttura generale degli acidi nucleici	486
<b>2</b> I componenti dell'acido deossiribonucleico	487
<b>3</b> I nucleosidi	487
<b>4</b> I nucleotidi	489
<b>5</b> La struttura primaria del DNA	490
<b>6</b> Il sequenziamento degli acidi nucleici	491
<b>PER SAPERNE DI PIÙ</b>	
DNA e crimine	491
<b>7</b> La sintesi di laboratorio degli acidi nucleici	492
<b>8</b> La struttura secondaria del DNA: la doppia elica	493
<b>9</b> La replicazione del DNA	495
<b>10</b> Gli acidi ribonucleici	496
<b>11</b> Il codice genetico e la biosintesi delle proteine	498
<b>12</b> Altri nucleotidi biologicamente importanti	500
<b>PER SAPERNE DI PIÙ</b>	
Il genoma umano	502
<b>Mappa del capitolo</b>	504
<b>Esercizi</b>	505

Tabelle	507
Crediti fotografici	510
Indice analitico	511