

Indice

1 Aspetti generali della chimica organica	1	<i>Approfondimento 1.1</i> Elettronegatività.....	12
1.1 Che cos'è la chimica organica	3	<i>Approfondimento 1.2</i> Momento dipolare μ	16
1.2 Struttura dell'atomo	4	<i>Approfondimento 1.3</i> Calcolo della carica formale di un atomo	27
.1 La tavola periodica	5	<i>Approfondimento 1.4</i> Stati di ibridazione dell'atomo di carbonio	29
.2 Livelli energetici e orbitali atomici.....	5	<i>Approfondimento 1.5</i> Come si scrive una struttura di Lewis	33
.3 Forma degli orbitali	7		
.4 Distribuzione degli elettroni	8		
.5 Energie relative degli orbitali atomici....	9		
1.3 Formazione dei legami: teoria del legame di valenza	10	2 Fondamenti di reattività chimica	39
.1 Legami chimici.....	11	2.1 Simbologia e definizioni connesse con la scrittura delle reazioni	41
.2 Mappe di potenziale elettrostatico.....	12	2.2 Possibili meccanismi coinvolti nelle reazioni di composti organici.....	43
.3 Classificazione dei legami chimici.....	14	.1 Reazioni che prevedono un meccanismo polare.....	43
Legame ionico	14	.2 Reazioni che prevedono un meccanismo radicalico	45
Legame covalente omopolare	15	.3 Reazioni che prevedono un meccanismo periciclico.....	47
Legame covalente eteropolare.....	16	2.3 Classificazione delle reazioni	47
Legame covalente dativo.....	17	.1 Reazioni di sostituzione	47
Legame metallico	17	.2 Reazioni di addizione.....	48
Legami intermolecolari	18	.3 Reazioni di eliminazione.....	50
1.4 Formazione dei legami: teoria degli orbitali molecolari.....	19	.4 Reazioni di trasposizione	50
.1 Formazione di orbitali di legame e di antilegame	20	2.4 Aspetti termodinamici delle reazioni organiche.....	51
.2 Ordine di legame.....	23	2.5 Aspetti cinetici delle reazioni organiche....	55
.3 Confronto tra teoria del legame di valenza e teoria degli orbitali molecolari.....	24	2.6 Acidi e basi.....	59
1.5 Perché il carbonio è un atomo speciale.....	24	.1 Acidi e basi secondo Arrhenius.....	59
.1 Legami chimici del carbonio.....	25	.2 Acidi e basi secondo Brønsted-Lowry....	60
.2 Legami del carbonio con se stesso e con gli altri atomi	25	.3 Fattori che influenzano l'acidità e la basicità.....	62
.3 Altri <i>partner</i> del carbonio	31	Ingombro sterico	65
1.6 Rappresentazione di una struttura organica.....	32	Natura del solvente.....	66
.1 Strutture di Lewis.....	32	.4 Acidi e basi secondo Lewis.....	71
.2 Strutture di Kekulé.....	34	2.7 Elettrofili e nucleofili	73
.3 Strutture condensate	34		
.4 Strutture segmentate	35		
.5 Strutture tridimensionali	35	<i>Approfondimento 2.1</i> Equazione di Klopman-Salem e metodo perturbazionale	42
1.7 Teoria della risonanza.....	36	<i>Approfondimento 2.2</i> Teoria "Hard and Soft, Acids and Bases"	77
.1 Regole per scrivere le formule di risonanza	37		

3 Alcani e cicloalcani	79	Forme <i>eritro</i> e <i>treo</i>	153
3.1 Struttura elettronica degli alcani	81	.2 Proiezioni di Fischer di composti con più centri di chiralità	154
3.2 Isomeri di struttura	83	.3 Molecole achirali con due centri di chiralità: forme meso.....	155
3.3 Radicali alchilici.....	85	.4 Composti ciclici contenenti due centri di chiralità	157
3.4 Nomenclatura IUPAC degli alcani ramificati.....	86	.5 Molecole con doppi legami e centri di chiralità	161
3.5 Proprietà fisiche degli alcani.....	91	4.7 Configurazione assoluta e relativa	166
.1 Punto di ebollizione	91	4.8 Separazione di enantiomeri: risoluzione	167
.2 Punto di fusione.....	93	.1 Risoluzione per mezzo di sali diastereoisomeri.....	169
.3 Solubilità.....	93	.2 Risoluzione per mezzo di enzimi	169
3.6 Conformazioni degli alcani	94	.3 Risoluzione mediante cromatografia	170
3.7 Fonti naturali di alcani.....	100	Glossario.....	172
3.8 Reattività degli alcani.....	102	Esercizi	174
.1 Ossidazione degli alcani: combustione..	102	<i>Approfondimento 4.1</i> Elementi di simmetria: centro di inversione e asse di rotazione semplice (o proprio).....	132
.2 Alogenazione degli alcani	102	<i>Approfondimento 4.2</i> Regole per manipolare le proiezioni di Fischer.....	145
Meccanismo della reazione di alogenazione degli alcani.....	104	<i>Approfondimento 4.3</i> Equilibri conformazionali in soluzione.....	158
3.9 Struttura elettronica dei cicloalcani.....	108	<i>Approfondimento 4.4</i> Derivati disostituiti del cicloesano	163
3.10 Stabilità dei cicloalcani.....	109	<i>Approfondimento 4.5</i> Diffrattometria a raggi X.....	167
3.11 Ciclopropano.....	111	5 Alcheni	183
3.12 Ciclobutano e ciclopentano	112	5.1 Struttura elettronica degli alcheni	185
3.13 Conformazioni del cicloesano	113	5.2 Nomenclatura IUPAC degli alcheni	186
3.14 Cicloesani monosostituiti	118	5.3 Proprietà fisiche degli alcheni	188
3.15 Cicloesani disostituiti.....	120	5.4 Isomeria geometrica	189
Reazioni principali	123	.1 Notazione <i>cis/trans</i>	189
Esercizi	124	.2 Notazione <i>E/Z</i>	190
<i>Approfondimento 3.1</i> Tensione torsionale.....	97	5.5 Stabilità degli alcheni	191
<i>Approfondimento 3.2</i> Tensione sterica	98	5.6 Preparazione degli alcheni	193
<i>Approfondimento 3.3</i> Analisi conformazionale dei cicloesani disostituiti	122	.1 Fonti industriali.....	193
4 Isomeria e stereoisomeria	127	.2 Deidroalogenazione degli alogenuri alchilici	194
4.1 Isomeria: isomeri costituzionali e stereoisomeri	129	.3 Disidratazione degli alcoli	194
4.2 Chiralità molecolare	130	.4 Riduzione degli alchini	194
.1 Simmetria e chiralità	130	5.7 Reattività degli alcheni.....	195
.2 Centri di chiralità	133	.1 Addizioni ioniche	195
.3 Enantiomeri.....	135	Addizione di acidi alogenidrici.....	195
.4 Composti ciclici contenenti un centro di chiralità	137	Addizione di acqua	201
4.3 Nomenclatura degli enantiomeri: regole di Cahn-Ingold-Prelog e notazioni <i>R/S</i>	139	Addizione di bromo e cloro	203
4.4 Proiezioni di Fischer	144	Formazione di aloidrine	208
4.5 Attività ottica degli enantiomeri.....	148	.2 Addizioni radicaliche	208
.1 Misura dell'attività ottica: polarimetro ..	148	Addizione di acido bromidrico	208
.2 Potere rotatorio specifico	150		
.3 Miscela racemica e purezza ottica	150		
4.6 Molecole con due o più centri di chiralità ...	151		
.1 Molecole chirali con due centri di chiralità	152		

Alogenazione allilica.....	211	<i>Approfondimento 5.19</i> Meccanismo della reazione di ozonolisi degli alcheni.....	224
.3 Addizioni concertate	212	6 Alchini	233
Addizione di carbeni	213	6.1 Struttura elettronica degli alchini.....	235
Reazione con peracidi	215	6.2 Nomenclatura IUPAC degli alchini.....	236
Reazione di idrogenazione	216	6.3 Proprietà fisiche degli alchini.....	237
Reazione di Heck.....	219	6.4 Preparazione degli alchini.....	238
Reazione di idroborazione/ossidazione ..	220	.1 Fonti industriali.....	238
Reazione di 1,2-diossidrilazione.....	221	.2 Reazione degli acetiluri metallici con gli alogenuri alchilici	238
Scissione ossidativa del doppio legame C–C con KMnO_4	223	.3 Deidroalogenazione dei dialogenuri vicinali.....	238
Scissione ossidativa del doppio legame C–C con ozono	223	6.5 Reattività degli alchini.....	238
Reazioni principali	225	.1 Acidità degli alchini terminali.....	239
Esercizi	227	.2 Addizioni ioniche	240
<i>Approfondimento 5.1</i> Interconversione E/Z degli alcheni	191	Addizione di acidi alogenidrici.....	240
<i>Approfondimento 5.2</i> Calore di combustione.....	192	Addizione di acqua	243
<i>Approfondimento 5.3</i> Calore di idrogenazione.....	192	Addizione di bromo e cloro	245
<i>Approfondimento 5.4</i> Carbocationi in soluzione.....	196	.3 Addizioni concertate	246
<i>Approfondimento 5.5</i> Attacco dei nucleofili al carbocatione	197	Reazione di idrogenazione	246
<i>Approfondimento 5.6</i> Meccanismo dell'addizione di acqua agli alcheni	203	Reazione di idroborazione/ossidazione ..	248
<i>Approfondimento 5.7</i> Meccanismo dell'addizione di bromo e cloro agli alcheni	204	Reazioni principali	251
<i>Approfondimento 5.8</i> Reazione del bromo con cicloalcheni	206	Esercizi	252
<i>Approfondimento 5.9</i> Addizione del bromo ad alcheni stereoisomerici.....	207	<i>Approfondimento 6.1</i> Alcune applicazioni sintetiche degli anioni acetiluro	239
<i>Approfondimento 5.10</i> Meccanismo della reazione di formazione delle aloidrine	209	<i>Approfondimento 6.2</i> Meccanismo della reazione di addizione degli acidi alogenidrici agli alcheni ...	241
<i>Approfondimento 5.11</i> Meccanismo dell'addizione dell'acido bromidrico agli alcheni in presenza di perossidi	210	<i>Approfondimento 6.3</i> Carbocatione vinilico: struttura, stabilità e reattività	242
<i>Approfondimento 5.12</i> Meccanismo della bromurazione allilica con N-bromosuccinimide	212	<i>Approfondimento 6.4</i> Meccanismo dell'addizione di acqua agli alcheni in ambiente acido	243
<i>Approfondimento 5.13</i> Meccanismo della reazione di addizione del diclorocarbene agli alcheni	214	<i>Approfondimento 6.5</i> Isomerizzazione degli enoli a chetoni in ambiente acido	244
<i>Approfondimento 5.14</i> Meccanismo della reazione di epossidazione degli alcheni	216	<i>Approfondimento 6.6</i> Meccanismo dell'addizione di bromo agli alcheni.....	245
<i>Approfondimento 5.15</i> Meccanismo della reazione di idrogenazione degli alcheni catalizzata dal palladio	217	<i>Approfondimento 6.7</i> Meccanismo della reazione di idrogenazione degli alcheni catalizzata dal palladio	247
<i>Approfondimento 5.16</i> Addizione ossidativa.....	218	7 Alogenuri alchilici	259
<i>Approfondimento 5.17</i> Eliminazione riduttiva.....	218	7.1 Struttura elettronica degli alogenuri alchilici	261
<i>Approfondimento 5.18</i> Qual è il motivo dell'addizione <i>sin</i> dei due gruppi ossidrilici agli alcheni nella reazione con tetrossido di osmio?	222	7.2 Nomenclatura IUPAC degli alogenuri alchilici	262
		7.3 Proprietà fisiche degli alogenuri alchilici...	265
		7.4 Preparazione degli alogenuri alchilici	266
		7.5 Reattività degli alogenuri alchilici	267
		.1 Sostituzione nucleofila alifatica	267
		Meccanismi della sostituzione nucleofila alifatica.....	269

Competizione tra S_N1 ed S_N2	285	Reazioni di eliminazione: disidratazione degli alcoli.....	334
.2 Eliminazione.....	287	.3 Reazioni che non comportano la rottura del legame carbonio-ossigeno.....	338
Meccanismi della β -eliminazione.....	287	Trasformazioni degli alcoli in esteri.....	339
Competizione tra $E1$ ed $E2$	295	.4 Ossidazione degli alcoli.....	340
Competizione tra sostituzione nucleofila e β -eliminazione.....	296	Ossidazione di alcoli primari ad aldeidi..	340
Meccanismi della α -eliminazione.....	298	Ossidazione di alcoli primari ad acidi carbossilici e alcoli secondari a chetoni.....	341
.3 Formazione di composti organometallici	299	8.6 Struttura elettronica dei tioli.....	345
Formazione di composti alchillitio.....	299	8.7 Nomenclatura IUPAC dei tioli.....	345
Formazione di composti alchilmagnesio	299	8.8 Proprietà chimico-fisiche dei tioli.....	346
Reazioni principali.....	301	8.9 Acidità dei tioli.....	347
Esercizi.....	302	8.10 Preparazione dei tioli.....	348
<i>Approfondimento 7.1</i> Coppie ioniche nelle reazioni di sostituzione nucleofila monomolecolare.....	272	8.11 Reattività dei tioli.....	348
<i>Approfondimento 7.2</i> Fattori che influenzano l'andamento della sostituzione nucleofila monomolecolare.....	273	Reazioni principali.....	350
<i>Approfondimento 7.3</i> Costante dielettrica.....	275	Esercizi.....	352
<i>Approfondimento 7.4</i> Stabilità dei carbocationi allilico e benzilico.....	275	<i>Approfondimento 8.1</i> Alcoli di interesse pratico.....	316
<i>Approfondimento 7.5</i> Fattori che influenzano la sostituzione nucleofila bimolecolare.....	279	<i>Approfondimento 8.2</i> Numero di ossidazione dei composti organici.....	322
<i>Approfondimento 7.6</i> Come si spiega la regiochimica dell'eliminazione monomolecolare?.....	290	<i>Approfondimento 8.3</i> Bilanciamento delle reazioni di ossidoriduzione organiche.....	323
<i>Approfondimento 7.7</i> Come si spiega la regiochimica dell'eliminazione bimolecolare?.....	293	<i>Approfondimento 8.4</i> Aspetti stereochimici delle reazioni di sostituzione nucleofila sugli alcoli.....	332
8 Alcoli e tioli.....	309	<i>Approfondimento 8.5</i> Perché gli alcoli in presenza di acido solforico eliminano una molecola d'acqua e con acidi alogenidrici danno il prodotto di sostituzione?.....	337
8.1 Struttura elettronica degli alcoli.....	311	<i>Approfondimento 8.6</i> Ossidazione blanda di alcoli primari e secondari rispettivamente ad aldeidi e chetoni: la reazione di ossidazione di Swern.....	343
8.2 Nomenclatura IUPAC degli alcoli.....	312	<i>Approfondimento 8.7</i> Determinazione del tasso alcolico nel sangue attraverso il test del palloncino.....	344
8.3 Proprietà chimico-fisiche degli alcoli.....	313	9 Eteri ed epossidi.....	361
8.4 Preparazione degli alcoli.....	317	9.1 Struttura elettronica degli eteri.....	363
.1 Reazione dei composti carbonilici con i reattivi di Grignard.....	318	9.2 Nomenclatura IUPAC degli eteri.....	363
.2 Generalità sulle reazioni di ossidoriduzione in chimica organica ..	320	9.3 Proprietà chimico-fisiche degli eteri.....	365
.3 Riduzione dei composti carbonilici con idruri metallici.....	324	9.4 Basicità degli eteri.....	366
.4 Idrogenazione catalitica dei composti carbonilici.....	325	9.5 Preparazione degli eteri.....	366
8.5 Reattività degli alcoli.....	325	.1 Disidratazione intermolecolare di alcoli: sintesi di eteri simmetrici.....	366
.1 Reazioni acido-base.....	326	Meccanismo della formazione di eteri simmetrici per disidratazione intermolecolare di alcoli.....	367
.2 Reazioni che comportano la rottura del legame carbonio-ossigeno.....	327	.2 Sintesi di Williamson degli eteri.....	367
Reazioni degli alcoli con gli acidi alogenidrici.....	328	9.6 Reattività degli eteri.....	370
Reazione degli alcoli con cloruro di tionile e alogenuri del fosforo.....	329		
Trasformazione degli alcoli in esteri solfonici.....	330		

.1 Scissione degli eteri con acidi alogenidrici	371	Riduzione di ossime	417
9.7 Eteri corona	373	Riduzione di azidi	417
9.8 Struttura elettronica degli epossidi	374	.5 Amminazione riducente di aldeidi e chetoni	418
9.9 Nomenclatura IUPAC degli epossidi	374	.6 Trasposizione di Hofmann	420
9.10 Preparazione degli epossidi	375	.7 Trasposizione di Curtius	421
.1 Epossidazione degli alcheni	375	10.6 Reattività delle ammine	424
.2 Formazione di epossidi a partire dalle aloidrini	376	.1 Eliminazione di Hofmann	425
9.11 Reattività degli epossidi: apertura dell'anello	377	.2 Eliminazione di Cope	427
.1 Reazioni di apertura degli epossidi acido-catalizzate	377	.3 Trasposizione di Beckmann	428
.2 Reazioni di apertura degli epossidi base-catalizzate	380	.4 Reazione con acido nitroso: i sali di diazonio	430
Reazioni principali	386	Reazione di ammine primarie con acido nitroso	430
Esercizi	387	Reazione di ammine secondarie con acido nitroso	431
<i>Approfondimento 9.1</i> Uso degli eteri come additivi nelle benzine	370	Reazione di ammine terziarie alifatiche con acido nitroso	431
<i>Approfondimento 9.2</i> Uso degli eteri come anestetici	372	Reazione di ammine aromatiche con acido nitroso	431
<i>Approfondimento 9.3</i> Sintesi di dioli vicinali a partire da alcheni	382	Reazioni principali	434
10 Ammine alifatiche	395	Esercizi	436
10.1 Nomenclatura IUPAC delle ammine	397	<i>Approfondimento 10.1</i> Azoto e sua ibridazione	402
.1 Ammine primarie	397	<i>Approfondimento 10.2</i> Ammoniaca e acqua	404
.2 Ammine secondarie	397	<i>Approfondimento 10.3</i> Processo di Raschig	405
.3 Ammine terziarie	397	<i>Approfondimento 10.4</i> Ammine di interesse pratico	409
.4 Sali di ammonio quaternari	399	<i>Approfondimento 10.5</i> Nucleofilia ed elettronegatività	411
.5 Gruppo amminico come sostituente	399	<i>Approfondimento 10.6</i> Test di Hinsberg	413
.6 Arilammine	400	<i>Approfondimento 10.7</i> Enammine come nucleofili	419
.7 Ammine eterocicliche	400	<i>Approfondimento 10.8</i> Meccanismo della trasposizione di Hofmann	421
10.2 Struttura elettronica dell'azoto	401	<i>Approfondimento 10.9</i> Sintesi di acilazidi	423
10.3 Ammoniaca	403	<i>Approfondimento 10.10</i> Fototrasposizione di Curtius	423
.1 Reazione tra ammoniaca e acidi	403	<i>Approfondimento 10.11</i> Meccanismo dell'eliminazione di Hofmann	426
.2 Reazioni dell'ammoniaca	403	<i>Approfondimento 10.12</i> Reazioni delle ammine terziarie con il litio	428
10.4 Proprietà delle ammine	405	<i>Approfondimento 10.13</i> Meccanismo della trasposizione di Beckmann	429
.1 Punto di ebollizione	406	<i>Approfondimento 10.14</i> Ammine presenti in natura	432
.2 Solubilità in acqua	407	11 Aldeidi e chetoni	447
.3 Basicità	407	11.1 Struttura elettronica di aldeidi e chetoni	449
.4 Nucleofilia	411	11.2 Nomenclatura IUPAC di aldeidi e chetoni	450
10.5 Preparazione delle ammine	412	11.3 Proprietà chimico-fisiche di aldeidi e chetoni	453
.1 Alchilazione diretta	412		
.2 Sintesi di Gabriel di ammine primarie . Meccanismo della sintesi di Gabriel	412		
.3 Ammino-deidrossilazione	415		
.4 Ammine <i>via</i> reazione di riduzione	415		
Riduzione di nitrili	415		
Riduzione di ammidi	416		

11.4 Preparazione di aldeidi e chetoni	453	<i>Approfondimento 11.1</i> Meccanismo della reazione di riduzione dei cloruri acilici ad aldeidi	457
.1 Preparazione di aldeidi e chetoni da acidi carbossilici e derivati	455	<i>Approfondimento 11.2</i> Direzione di avvicinamento del nucleofilo: traiettoria di Burgi-Dunitz	463
Preparazione da acidi carbossilici	455	<i>Approfondimento 11.3</i> Addizione <i>sin</i> e <i>anti</i> del nucleofilo: modello di Felkin-Anh	465
Preparazione da cloruri degli acidi carbossilici	455	<i>Approfondimento 11.4</i> Stereoselettività dell'addizione dell'iluro al doppio legame carbonilico	473
Preparazione da esteri	458	<i>Approfondimento 11.5</i> Stabilità degli acetali in ambiente acido e basico	478
Preparazione da ammidi	458	<i>Approfondimento 11.6</i> Acetali ciclici: 1,3-diossolani e 1,3-diossani	480
.2 Preparazione di aldeidi e chetoni da nitrili	459	<i>Approfondimento 11.7</i> Gruppi protettori in reazioni a più stadi (reazioni <i>multi step</i>)	481
11.5 Reattività di aldeidi e chetoni	460	<i>Approfondimento 11.8</i> Tioacetali ciclici: 1,3-ditiani	484
.1 Reazione di addizione nucleofila al doppio legame carbonilico	462	<i>Approfondimento 11.9</i> Ruolo della catalisi acida nella formazione delle immine	487
.2 Catalisi acida e basica nelle reazioni di addizione nucleofila al doppio legame carbonilico	463	<i>Approfondimento 11.10</i> Competizione tra gruppi nella trasposizione di Baeyer-Villiger	493
.3 Confronto di reattività tra aldeidi e chetoni	463	<i>Approfondimento 11.11</i> Meccanismo della reazione di riduzione di aldeidi e chetoni con sodio boroidruro	495
.4 Stereochimica della reazione di addizione nucleofila al doppio legame carbonilico	464	<i>Approfondimento 11.12</i> Meccanismo della reazione di riduzione di Wolff-Kishner	496
11.6 Reazioni di addizione nucleofila	465	12 Acidi carbossilici e loro derivati	513
.1 Nucleofili al carbonio	465	12.1 Struttura elettronica degli acidi carbossilici	515
Addizione di acido cianidrico	465	12.2 Nomenclatura IUPAC degli acidi carbossilici	515
Addizione di composti organometallici	467	12.3 Proprietà chimico-fisiche degli acidi carbossilici	518
Addizione di alchini terminali	468	12.4 Acidità degli acidi carbossilici	521
Addizione di carbanioni: la reazione di Wittig	470	12.5 Preparazione degli acidi carbossilici	526
.2 Nucleofili all'ossigeno	475	12.6 Reattività degli acidi carbossilici	528
Addizione di acqua	475	.1 Aspetti generali	528
Addizione di alcoli	477	.2 Reazione di sostituzione nucleofila acilica	529
.3 Nucleofili allo zolfo	483	12.7 Struttura elettronica e nomenclatura IUPAC dei cloruri acilici	533
Addizione di tioli	483	12.8 Preparazione e reattività dei cloruri acilici	533
Addizione di bisolfito di sodio	485	12.9 Struttura elettronica e nomenclatura IUPAC delle anidridi degli acidi carbossilici	535
.4 Nucleofili all'azoto	486	12.10 Preparazione e reattività delle anidridi degli acidi carbossilici	535
Addizione di ammoniaca e ammine primarie	486	12.11 Struttura elettronica e nomenclatura IUPAC degli esteri	537
Addizione di derivati dell'ammoniaca	488	12.12 Proprietà chimico-fisiche degli esteri	538
11.7 Reazioni di ossidazione	490		
.1 Reazione di ossidazione di Baeyer-Villiger	491		
11.8 Reazioni di riduzione	494		
.1 Riduzione ad alcoli	494		
Riduzione con idruri metallici	494		
Idrogenazione catalitica	495		
.2 Riduzione a idrocarburi: reazioni di Clemmensen e Wolff-Kishner	496		
Reazioni principali	498		
Esercizi	502		

12.13 Preparazione e reattività degli esteri.	538	13.2 Reazioni di alogenazione in α catalizzate	
.1 Esterificazione di Fischer	538	da acidi e basi	592
.2 Idrolisi acida di un estere	540	.1 Alogenazione in α di chetoni	592
.3 Idrolisi basica di un estere	541	.2 Alogenazione in α di acidi carbossilici:	
.4 Transesterificazione	541	reazione di Hell-Volhardt-Zelinsky	595
.5 Preparazione di un estere		13.3 Reattività degli anioni enolato	596
dal cloruro acilico o dall'anidride	543	.1 Reazioni di alchilazione	597
.6 Preparazione di un estere metilico		.2 Reazione di condensazione aldolica ...	599
con diazometano	544	Condensazione aldolica catalizzata	
.7 Preparazione di un estere		da basi	599
da alogenuri alchilici e benzilici	545	Condensazione aldolica catalizzata	
.8 Preparazione dei lattoni	545	da acidi	601
12.14 Preparazione e reattività dei tioesteri.	547	Reazione retroaldolica	602
12.15 Struttura elettronica e nomenclatura		Stereochimica della condensazione	
IUPAC delle ammidi	549	aldolica	602
12.16 Proprietà chimico-fisiche delle ammidi. .	550	Condensazione aldolica incrociata.	605
12.17 Preparazione e reattività delle ammidi ..	551	Condensazione aldolica	
.1 Idrolisi delle ammidi	555	intramolecolare	608
12.18 Preparazione e reattività dei nitrili	556	.3 Reazioni affini alla condensazione	
12.19 Reazioni di riduzione degli acidi		aldolica	609
carbossilici e derivati	559	Condensazione di Claisen	609
.1 Riduzione degli acidi carbossilici		Condensazione di Dieckmann	612
ad alcoli primari	559	Condensazione di Perkin	613
.2 Riduzione degli esteri ad alcoli		Condensazione di Knoevenagel	614
primari	560	Reazione di Mannich	615
.3 Riduzione delle ammidi ad ammine ..	561	Reazioni di Darzens e di Henry	617
12.20 Reazioni di acidi carbossilici e derivati		13.4 Reattività dei composti β -dicarbonilici ...	619
con composti organometallici	562	.1 Reazioni di alchilazione: sintesi	
12.21 Acido carbonico e suoi derivati	563	acetoacetica e malonica	620
Reazioni principali	566	13.5 Enammine	622
Esercizi	571	Reazioni principali	629
		Esercizi	633
<i>Approfondimento 12.1</i> Confronto tra reazione		<i>Approfondimento 13.1</i> Meccanismo	
di sostituzione nucleofila acilica		di deprotonazione di aldeidi e chetoni:	
e sostituzione nucleofila alifatica	532	confronto tra litio diisopropilammide	
<i>Approfondimento 12.2</i> Reazione di saponificazione ..	542	e idruro di sodio	590
<i>Approfondimento 12.3</i> Piridina come <i>scavenger</i>		<i>Approfondimento 13.2</i> Alogenazione in α	
di protoni	544	dei metilchetoni promossa dalle basi	595
<i>Approfondimento 12.4</i> Diazometano	545	<i>Approfondimento 13.3</i> Meccanismo della reazione	
<i>Approfondimento 12.5</i> Antibiotici β -lattamici	554	di Hell-Volhardt-Zelinsky	596
<i>Approfondimento 12.6</i> Riduzione dei nitrili		<i>Approfondimento 13.4</i> Substrati delle reazioni	
con litio alluminio idruro	558	di alchilazione agli anioni enolato	598
13 Anioni enolato ed enammine.	581	<i>Approfondimento 13.5</i> Disidratazione degli aldoli	
13.1 Acidità degli idrogeni in α al gruppo		a composti carbonilici α,β -insaturi	600
carbonilico	583	<i>Approfondimento 13.6</i> Formazione di boro-enolati ..	603
.1 Aldeidi e chetoni	583	<i>Approfondimento 13.7</i> Stereochimica	
.2 Derivati degli acidi carbossilici	586	della condensazione aldolica:	
.3 Stereochimica del processo		modello di Zimmerman-Traxler	604
di enolizzazione	588	<i>Approfondimento 13.8</i> Deprotonazione di aldeidi	
.4 Natura della base	589	e chetoni: modello di Ireland	605

<i>Approfondimento 13.9</i> Condensazione aldolica incrociata tra aldeidi che presentano entrambe idrogeni in posizione α	607	.2	Reazione di Suzuki-Miyaura	677
<i>Approfondimento 13.10</i> Condensazione di Claisen incrociata	611	14.6	Composti organoboro	680
<i>Approfondimento 13.11</i> Meccanismo di decarbossilazione dei β -chetoacidi	612	.1	Idroborazione/ossidazione degli alcheni: sintesi degli alcoli	681
<i>Approfondimento 13.12</i> Meccanismo della condensazione di Perkin	613		Stereochimica della reazione di idroborazione/ossidazione degli alcheni	682
<i>Approfondimento 13.13</i> Meccanismo della reazione di Darzens	618		Regiochimica della reazione di idroborazione/ossidazione degli alcheni	684
<i>Approfondimento 13.14</i> Meccanismo della reazione di Henry	618	.2	Idroborazione/ossidazione degli alchini interni: sintesi dei chetoni .	684
<i>Approfondimento 13.15</i> Enammine da chetoni non simmetrici	624	.3	Idroborazione/ossidazione degli alchini terminali: sintesi delle aldeidi	687
<i>Approfondimento 13.16</i> Competizione tra <i>N</i> - e <i>C</i> -alchilazione di un'enammina	625		Reazioni principali	692
<i>Approfondimento 13.17</i> Uso degli enzimi nella sintesi organica	626		Esercizi	696
14 Composti organometallici	643	<i>Approfondimento 14.1</i> Perché i composti organolitio devono essere preparati e usati in ambiente anidro?.....	646	
14.1 Composti organolitio	645	<i>Approfondimento 14.2</i> Meccanismo di formazione dei composti organomagnesio dagli alogenuri organici e magnesio(0)	652	
.1 Preparazione dei composti organolitio . Limiti al grado di funzionalizzazione dei composti organolitio.....	645 647	<i>Approfondimento 14.3</i> Perché la sintesi dei reattivi di Grignard deve essere effettuata in ambiente anidro e in atmosfera inerte?.....	653	
.2 Reattività dei composti organolitio Reazioni con legami C-H..... Formazione di legami C-C	647 648 649	<i>Approfondimento 14.4</i> Meccanismo della reazione dei composti organomagnesio con aldeidi e chetoni.....	656	
14.2 Composti organomagnesio	651	<i>Approfondimento 14.5</i> Perché i reattivi di Grignard reagiscono con chetoni e aldeidi α,β -insaturi per dare preferibilmente composti di addizione 1,2?	658	
.1 Preparazione dei composti organomagnesio.....	652	<i>Approfondimento 14.6</i> Perché la reazione dei reattivi di Grignard con gli esteri non si ferma alla formazione di chetoni ma produce generalmente alcoli terziari?.....	661	
.2 Reattività dei composti organomagnesio..... Reazioni con ossirani (epossidi)..... Reazioni con aldeidi e chetoni..... Reazioni con esteri	654 654 655 660	<i>Approfondimento 14.7</i> Meccanismo della reazione di Reformatsky	664	
14.3 Composti organozinco	663	<i>Approfondimento 14.8</i> Meccanismo della reazione di Simmons-Smith.....	665	
.1 Preparazione dei composti organozinco.....	663	<i>Approfondimento 14.9</i> Meccanismo della reazione degli organocuprati con i sistemi carbonilici α,β -insaturi	668	
.2 Reattività dei composti organozinco..... Reazioni con aldeidi e chetoni..... Reazioni con alcheni.....	663 663 665	<i>Approfondimento 14.10</i> Preparazione dei triflati arilici e vinilici	670	
14.4 Composti organorame.....	666	<i>Approfondimento 14.11</i> Riduzione del Pd(OCOCH ₃) ₂ da parte degli alcheni	672	
.1 Preparazione degli organocuprati.....	667	<i>Approfondimento 14.12</i> Meccanismo della reazione di Heck	674	
.2 Reattività degli organocuprati con sistemi carbonilici α,β -insaturi....	667			
14.5 Composti organopalladio	670			
.1 Reazione di Heck..... Stereo- e regiochimica della reazione di Heck.....	671 676			

<i>Approfondimento 14.13</i> Meccanismo della reazione di Suzuki-Miyaura	679	Reazione di anellazione di Robinson ..	739
<i>Approfondimento 14.14</i> Meccanismo della reazione di idroborazione degli alcheni con BH_3 -THF.	681	Reazioni principali	742
<i>Approfondimento 14.15</i> Meccanismo della reazione di ossidazione dei trialchilborani con acqua ossigenata e idrossido di sodio.	683	Esercizi	744
<i>Approfondimento 14.16</i> Perché nell'idroborazione degli alcheni il legame carbonio-boro si forma preferenzialmente con il carbonio olefinico meno sostituito?	686	<i>Approfondimento 15.1</i> Descrizione del sistema 1,3-butadienico secondo la teoria degli orbitali molecolari	705
<i>Approfondimento 14.17</i> Meccanismo della reazione di idroborazione degli alchini interni con BH_3 -THF	687	<i>Approfondimento 15.2</i> Reazioni pericicliche	712
<i>Approfondimento 14.18</i> Meccanismo della reazione di ossidazione del trialchenilborano con acqua ossigenata in ambiente basico	689	<i>Approfondimento 15.3</i> Meccanismo della reazione di cicloaddizione di Diels-Alder	716
<i>Approfondimento 14.19</i> Preparazione del disiamilborano	690	<i>Approfondimento 15.4</i> Reazione di Diels-Alder a partire da dieni e/o dienofili ciclici	717
15 Sistemi coniugati	701	<i>Approfondimento 15.5</i> Interazione orbitale secondaria: regola dell' <i>endo</i>	720
15.1 Dieni coniugati	703	<i>Approfondimento 15.6</i> Sintesi di composti carbonilici α,β -insaturi a partire da derivati del selenio	724
.1 Nomenclatura e caratteristiche chimico-fisiche dei dieni coniugati	703	<i>Approfondimento 15.7</i> Meccanismo della reazione di addizione coniugata 1,4 secondo la teoria degli orbitali molecolari	729
.2 Preparazione dei dieni coniugati.	706	<i>Approfondimento 15.8</i> Meccanismo dell'addizione coniugata di ammine a sistemi carbonilici α,β -insaturi	732
.3 Reattività dei dieni coniugati	708	<i>Approfondimento 15.9</i> Meccanismo della riduzione con sodio boroidruro e tricloruro di cerio ($CeCl_3$)	735
Meccanismo della reazione di addizione degli acidi alogenidrici ai dieni coniugati	708	<i>Approfondimento 15.10</i> Meccanismo della riduzione di chetoni α,β -insaturi (reazione di Birch)	736
.4 Reazione di cicloaddizione di Diels-Alder	711	<i>Approfondimento 15.11</i> Meccanismo della reazione di anellazione di Robinson	740
Stereo- e regiochimica della reazione di Diels-Alder	718	16 Composti aromatici	757
15.2 Dieni cumulati	721	16.1 Aromaticità: concetto e criteri	759
15.3 Composti carbonilici α,β -insaturi	723	16.2 Benzene	762
.1 Preparazione dei composti carbonilici α,β -insaturi	723	.1 Nomenclatura dei derivati del benzene	763
.2 Reattività dei composti carbonilici α,β -insaturi	725	.2 Il benzene secondo la teoria della risonanza	766
Reazione di addizione di Michael	727	.3 Il benzene secondo la teoria degli orbitali molecolari	766
Fattori che influenzano il decorso delle reazioni di addizione	727	16.3 Composti aromatici, anti-aromatici e non-aromatici	767
Addizione di composti organometallici	731	.1 Proprietà chimico-fisiche	768
Addizione di ammine e alcoli a sistemi carbonilici α,β -insaturi ...	731	.2 Composti aromatici monociclici	770
Riduzione dei composti carbonilici α,β -insaturi	734	Annuleni aromatici	770
Addizione coniugata di anioni enolato a composti carbonilici α,β -insaturi	737	Composti ionici aromatici	772
		.3 Composti aromatici policiclici	773
		Composti aromatici non-benzenoidi ...	776
		16.4 Reattività dei composti aromatici	778
		.1 Reazione di sostituzione elettrofila aromatica	778

Meccanismo della reazione di sostituzione elettrofila aromatica .	779	Alogenazione.....	850
Nitrazione	782	Nitrazione.....	852
Acilazione di Friedel-Crafts.....	784	Solfonazione	853
Alchilazione di Friedel-Crafts.....	785	Acilazione di Friedel-Crafts.....	853
Alogenazione.....	788	Condensazioni con le aldeidi.....	855
Solfonazione	789	Reazione di Reimer-Tiemann	857
Effetto elettronico dei sostituenti.....	793	Sintesi di Kolbe-Schmitt.....	857
Reattività dei composti aromatici		Diazocopolazione	858
policiclici.....	801	.2 Reazioni di ossidazione	859
.2 Reazione di sostituzione nucleofila		.3 Reazioni del gruppo ossidrilico.....	860
aromatica	804	Alchilazione e acilazione.....	860
Addizione-eliminazione	805	Trasformazione di un fenolo	
Eliminazione-addizione.....	810	in un alogenuro arilico	861
Sostituzioni nucleofile aromatiche		17.6 Struttura delle ammine aromatiche.....	862
catalizzate da metalli di transizione .	813	17.7 Proprietà chimico-fisiche	
.3 Reazioni di ossidazione	814	delle ammine aromatiche	863
.4 Reazioni di riduzione	815	17.8 Basicità delle ammine aromatiche	864
Meccanismo della reazione		17.9 Preparazione delle ammine aromatiche..	866
di riduzione di Birch	816	17.10 Reattività delle ammine aromatiche	868
Reazioni principali	820	.1 Reazioni di sostituzione	
Esercizi	823	sull'anello aromatico.....	868
<i>Approfondimento 16.1</i> Spettroscopia di Risonanza		Bromurazione	868
Magnetica Nucleare nei sistemi aromatici	760	Nitrazione.....	869
<i>Approfondimento 16.2</i> Farmaci intercalanti nel DNA .	775	Solfonazione	869
<i>Approfondimento 16.3</i> La famiglia dei fullereni.....	776	Alchilazione e acilazione.....	870
<i>Approfondimento 16.4</i> Preparazione di alchilbenzeni		.2 Reazioni del gruppo amminico.....	873
attraverso una reazione di acilazione		Meccanismo della reazione	
di Friedel-Crafts.....	788	di diazotazione.....	873
<i>Approfondimento 16.5</i> Effetto isotopico primario....	791	Reazioni dei sali di arenidiazonio	876
<i>Approfondimento 16.6</i> Sostituzione nucleofila		Reazioni principali	881
aromatica delegata (<i>vicarious</i>)	809	Esercizi	886
<i>Approfondimento 16.7</i> Sintesi del benzino	811	<i>Approfondimento 17.1</i> Meccanismo della reazione	
<i>Approfondimento 16.8</i> Reazione di riduzione di Birch		di polimerizzazione del fenolo a bachelite	856
su substrati aromatici sostituiti	818	<i>Approfondimento 17.2</i> Scoperta dei farmaci	
17 Fenoli e ammine aromatiche	839	sulfamidici	872
17.1 Struttura e stabilità dei fenoli	841	<i>Approfondimento 17.3</i> Struttura dei neri di anilina...	875
17.2 Proprietà chimico-fisiche dei fenoli.....	844	<i>Approfondimento 17.4</i> Reazione	
17.3 Acidità dei fenoli	845	di Gomber-Bachmann	880
17.4 Preparazione dei fenoli.....	847	18 Eterocicli aromatici	899
.1 Fusione dei solfonati alcalini		18.1 Classificazione degli eterocicli aromatici..	901
aromatici.....	847	18.2 Eteroaromaticità	902
.2 Ossidazione del cumene	847	.1 Reattività	902
.3 Processo DOW dal clorobenzene.....	849	18.3 Sistemi elettronricchi:	
.4 Sostituzione nucleofila		eterocicli pentatomici contenenti	
dei nitroalcoareni o dei sali diazonio...	849	un solo eteroatomo	904
17.5 Reattività dei fenoli.....	850	.1 Preparazione	904
.1 Reazioni di sostituzione		Sintesi di Paal-Knorr del furano,	
sull'anello aromatico.....	850	pirrolo e tiofene.....	904
		Sintesi di Knorr del pirrolo.....	905

Sintesi di Hantzsch del pirrolo e sintesi di Feist-Bernary del furano .	906	<i>Approfondimento 18.1</i> Preparazione di un α -amminochetone	905
Sintesi del tiofene e di derivati tiofenici	907	<i>Approfondimento 18.2</i> Particolari reazioni di sostituzione elettrofila aromatica	910
Sintesi a partire da altri eterocicli.	907	<i>Approfondimento 18.3</i> Formazione dell'acroleina.	926
.2 Reattività	907	19 Carboidrati	943
Protonazione.	908	19.1 Classificazione dei carboidrati	946
Sostituzione elettrofila.	909	19.2 Aldosi.	947
Reazioni di addizione e di cicloaddizione	912	19.3 Serie sterica D e relativa nomenclatura IUPAC.	948
Reazione di ossidazione e di riduzione .	913	19.4 Chetosi	953
18.4 Sistemi elettronricchi: eterocicli pentatomici benzocondensati contenenti un solo eteroatomo	914	19.5 Strutture cicliche dei monosaccaridi.	955
.1 Preparazione	914	.1 Furanosi e piranosio	956
Sintesi di Fischer dell'indolo	915	.2 Configurazione anomeric α e β	957
Sintesi di Bischler dell'indolo	917	.3 Mutarotazione	959
Sintesi di Reissert dell'indolo	917	19.6 Varianza strutturale nei monosaccaridi . .	960
.2 Reattività	917	.1 Amminozuccheri.	960
Basicità e acidità.	918	.2 Zuccheri acidi	961
Reazioni con gli elettrofili: sostituzione elettrofila.	918	.3 Alditoli e inositoli	964
Reazioni di ossidazione e di riduzione .	919	19.7 Glicosidi	965
18.5 Sistemi elettronpoveri: eterocicli esatomici con un solo eteroatomo neutro	920	19.8 Disaccaridi.	967
.1 Preparazione	920	.1 Saccarosio.	968
Sintesi di Hantzsch della piridina.	920	.2 Lattosio.	970
.2 Reattività	921	.3 Maltosio e cellobiosio.	971
Comportamento verso gli elettrofili . .	921	19.9 Zuccheri riducenti.	972
Comportamento verso i nucleofili	922	19.10 Polisaccaridi	974
Reazioni di ossidazione e di riduzione .	923	.1 Amido	974
.3 Derivati della piridina	923	.2 Cellulosa.	975
N-ossidi di piridina	923	.3 Chitina	975
Amminopiridine	924	.4 Pectina.	976
18.6 Sistemi elettronpoveri: eterocicli esatomici benzocondensati con un solo eteroatomo neutro	924	.5 Acido alginico	976
.1 Preparazione	925	.6 Acido ialuronico.	976
Sintesi di Skraup della chinolina.	925	.7 Varianza strutturale negli oligosaccaridi e polisaccaridi. . . .	977
.2 Reattività	926	19.11 Reazione di glicosilazione.	978
18.7 Sistemi elettronpoveri: eterocicli esatomici con due eteroatomi. . . .	926	.1 Glicosilazione negli organismi superiori	980
18.8 Sistemi eterociclici pentatomici contenenti due eteroatomi	927	.2 Glicosilazione di laboratorio	981
.1 Preparazione	928	Protezione della funzione ossidrilica. .	981
Sintesi di derivati pirazolici	929	Attivazione del carbonio anomeric . .	982
Sintesi di derivati imidazolici.	929	Glicosilazione e controllo della stereochimica.	983
.2 Reattività	929	Sommario.	986
Reazioni principali	931	Esercizi	989
Esercizi	934	<i>Approfondimento 19.1</i> Dimostrazione di Fischer della struttura del (+)-glucosio	950
		<i>Approfondimento 19.2</i> Rappresentazioni dei piranosio .	956
		<i>Approfondimento 19.3</i> Acido sialico e acido chetodesossitulosonico	962

<i>Approfondimento</i> 19.4 Saccarosio e dolcificanti	969	<i>Approfondimento</i> 20.2 Aspartame, un peptide sintetico usato come dolcificante	1029
<i>Approfondimento</i> 19.5 Intolleranza al lattosio	971	<i>Approfondimento</i> 20.3 Peptidomimetici, analoghi strutturali dei peptidi.	1030
<i>Approfondimento</i> 19.6 Riarrangiamento enediolico.	973	<i>Approfondimento</i> 20.4 <i>Folding</i> delle proteine	1033
<i>Approfondimento</i> 19.7 Sialil lewisX e metastasi tumorali	978	<i>Approfondimento</i> 20.5 Banche dati delle proteine	1033
<i>Approfondimento</i> 19.8 Glicosidasi e loro inibitori . . .	979	<i>Approfondimento</i> 20.6 Meccanismo della reazione di degradazione di Edman.	1037
<i>Approfondimento</i> 19.9 Vitamina C	984	<i>Approfondimento</i> 20.7 Meccanismo di attivazione del gruppo carbossilico con dicicloesilcarbodiimmide	1045
20 Amminoacidi, peptidi e proteine	997	21 Acidi nucleici	1059
20.1 Amminoacidi	999	21.1 Basi azotate	1061
.1 Struttura degli amminoacidi proteogenici.	999	21.2 Nucleosidi	1064
.2 Amminoacidi naturali non proteogenici	1001	.1 Varianza strutturale nei nucleosidi . . .	1066
.3 Proprietà acido-basiche degli amminoacidi.	1002	21.3 Nucleotidi	1069
.4 Amminoacidi in un campo elettrico . . .	1004	.1 Cofattori enzimatici di natura nucleotidica	1070
Elettroforesi.	1008	21.4 Oligonucleotidi e acidi nucleici.	1073
.5 Specificità di alcuni amminoacidi	1009	.1 Acido desossiribonucleico	1074
.6 Sintesi degli amminoacidi.	1020	.2 Acido ribonucleico	1078
Bromurazione di Hell-Volhard-Zelinsky e successiva amminazione	1020	21.5 Cenni sulla sintesi ribosomiale delle proteine.	1078
Sintesi di Strecker	1021	.1 Modificazioni post-traduzionali nelle cellule eucariote.	1081
Risoluzione della miscela racemica di un amminoacido	1022	Sommario	1083
Sintesi enantioselettiva degli amminoacidi	1023	Esercizi	1086
20.2 Peptidi	1024	<i>Approfondimento</i> 21.1 Xantine, derivati purinici di origine naturale	1062
.1 Legame peptidico	1024	<i>Approfondimento</i> 21.2 Farmaci di sintesi contenenti il nucleo purinico	1066
.2 Peptidi di interesse biologico.	1026	<i>Approfondimento</i> 21.3 Zidovudina (o azidotimidina): primo farmaco antivirale contro l'HIV	1068
20.3 Struttura delle proteine.	1031	<i>Approfondimento</i> 21.4 Reazioni di ossidoriduzione catalizzate dai cofattori NAD ⁺ /NADP ⁺	1071
.1 Determinazione della struttura primaria di peptidi e proteine	1034	<i>Approfondimento</i> 21.5 Reazioni di ossidoriduzione catalizzate dai cofattori FAD/FMN	1072
Determinazione della composizione amminoacidica	1034	<i>Approfondimento</i> 21.6 Determinazione della struttura del DNA.	1077
Identificazione dell'amminoacido N-terminale	1037	<i>Approfondimento</i> 21.7 Ribosomi	1078
Identificazione dell'amminoacido C-terminale.	1038	<i>Approfondimento</i> 21.8 Organismi procarioti ed eucarioti	1082
Idrolisi parziale della proteina.	1039	22 Lipidi	1091
20.4 Sintesi dei peptidi	1040	22.1 Classificazione e struttura dei lipidi	1093
.1 Protezione del gruppo amminico.	1041	22.2 Acidi grassi e derivati acilici grassi.	1093
.2 Attivazione del gruppo carbossilico . . .	1042	.1 Nomenclatura IUPAC degli acidi grassi.	1095
.3 Sintesi dei peptidi in fase solida	1044		
Sommario.	1049		
Esercizi	1052		
<i>Approfondimento</i> 20.1 Transaminasi o aminotransferasi	1019		

.2 Proprietà chimico-fisiche degli acidi grassi.....	1097	Sommario.....	1124
.3 Eicosanoidi.....	1099	Esercizi	1128
.4 Cere	1100	<i>Approfondimento 22.1</i> Biosintesi degli acidi grassi saturi	1098
22.3 Triacilgliceroli	1101	<i>Approfondimento 22.2</i> Cere e loro utilizzo commerciale	1101
.1 Idrogenazione catalitica degli oli	1103	<i>Approfondimento 22.3</i> Idrolisi enzimatica dei trigliceridi: le lipasi.....	1106
.2 Saponificazione dei grassi.....	1104	<i>Approfondimento 22.4</i> Colesterolo e suo trasporto ..	1116
22.4 Glicerofosfolipidi.....	1106	<i>Approfondimento 22.5</i> Analoghi sintetici degli steroidi: anabolizzanti e contraccettivi orali .	1118
.1 Fosfatidiletanolammine	1108	<i>Approfondimento 22.6</i> Cardioglicosidi e <i>Digitalis purpurea</i>	1119
.2 Fosfatidilcoline.....	1109	<i>Approfondimento 22.7</i> Cascata di trasduzione del segnale (<i>signalling</i>): segnali chimici e recettori .	1121
.3 Fosfatidilserine.....	1109	<i>Approfondimento 22.8</i> Fattore di attivazione piastrinica.....	1123
.4 Fosfatidilinositoli.....	1109		
.5 Plasmalogeni.....	1110		
22.5 Sfingolipidi	1110		
22.6 Terpeni	1111		
22.7 Vitamine liposolubili	1114		
22.8 Steroidi	1115		
.1 Colesterolo.....	1116		
.2 Ormoni sessuali.....	1117		
.3 Corticosteroidi e acidi biliari.....	1118		
22.9 Ruolo biologico dei lipidi	1121	Indice analitico	1137