

Indice

1 Aspetti generali della chimica organica	1	<i>Approfondimento 1.4</i> Come si scrive una struttura di Lewis	25
1.1 Che cos'è la chimica organica	2		
1.2 Struttura dell'atomo	3		
.1 Tavola periodica	3		
.2 Livelli energetici e orbitali atomici	4		
.3 Forma degli orbitali	6		
.4 Distribuzione degli elettroni	6		
.5 Energie relative degli orbitali atomici ...	7		
1.3 Formazione dei legami: teoria del legame di valenza	8	2 Fondamenti di reattività chimica	31
.1 Legami chimici	8	2.1 Simbologia e definizioni connesse con la scrittura delle reazioni	32
Legame ionico	8	2.2 Aspetti termodinamici delle reazioni organiche	33
Legame covalente	9	2.3 Aspetti cinetici delle reazioni organiche ...	36
Legame dipolo-dipolo	11	2.4 Acidi e basi	39
Legame idrogeno	12	.1 Acidi e basi secondo Arrhenius	39
Legame ione-dipolo	13	.2 Acidi e basi secondo Brønsted-Lowry ...	40
Forze di van der Waals	13	.3 Fattori che influenzano l'acidità e la basicità	41
.2 Mappe di potenziale elettrostatico	14	Effetti dovuti alla struttura	42
1.4 Formazione dei legami: teoria degli orbitali molecolari	14	Effetti dovuti all'ambiente di reazione ...	48
.1 Confronto tra teoria del legame di valenza e teoria degli orbitali molecolari	16	.4 Acidi e basi secondo Lewis	55
1.5 Perché il carbonio è un atomo speciale	17	.5 Acidi e basi <i>hard</i> e <i>soft</i>	56
.1 Legami del carbonio	17	3 Alcani e cicloalcani	59
.2 Altri <i>partner</i> del carbonio	20	3.1 Alcani	60
1.6 Rappresentazione di una struttura organica .	25	3.2 Sostituenti alchilici	63
.1 Strutture di Lewis	25	3.3 Nomenclatura IUPAC degli alcani	64
.2 Strutture di Kekulé	26	3.4 Fonti naturali di alcani	68
.3 Strutture condensate	26	3.5 Proprietà fisiche degli alcani	70
.4 Strutture segmentate	27	.1 Punto di ebollizione	70
.5 Strutture tridimensionali	27	.2 Punto di fusione	71
1.7 Teoria della risonanza	28	.3 Solubilità	71
.1 Regole per scrivere le formule di risonanza	29	3.6 Conformazioni degli alcani	72
<i>Approfondimento 1.1</i> Elettronegatività	11	3.7 Reattività degli alcani	78
<i>Approfondimento 1.2</i> Simmetria molecolare e momento dipolare	12	.1 Ossidazione degli alcani: combustione ..	78
<i>Approfondimento 1.3</i> Calcolo della carica formale di un atomo	24	.2 Alogenazione degli alcani	78
		Regioselettività della sostituzione radicalica	80
		3.8 Cicloalcani	85
		.1 Nomenclatura IUPAC dei cicloalcani ...	86
		.2 Stabilità dei cicloalcani	87
		.3 Ciclopropano	89

.4 Ciclobutano e ciclopentano	90	.3 Molecole achirali con due centri di chiralità: forme meso	129
.5 Cicloesano	92	.4 Composti ciclici contenenti due centri di chiralità	132
Cicloesani monosostituiti	95	.5 Molecole con doppi legami e centri di chiralità	132
Cicloesani disostituiti	97	4.7 Configurazione assoluta e relativa	140
Reazioni principali	100	4.8 Separazione di enantiomeri: risoluzione	141
Esercizi	101	.1 Risoluzione per mezzo di sali diastereoisomeri	142
Soluzioni	102	.2 Risoluzione per mezzo di enzimi	143
<i>Approfondimento 3.1</i> Tensione torsionale	74	Esercizi	145
<i>Approfondimento 3.2</i> Tensione sterica	76	Soluzioni	149
<i>Approfondimento 3.3</i> Stabilità dei radicali alchilici ..	81	<i>Approfondimento 4.1</i> Elementi di simmetria: centro di inversione e asse di rotazione semplice (o proprio)	107
<i>Approfondimento 3.4</i> Stabilità dei cicloalcani	88	<i>Approfondimento 4.2</i> Conformazione e configurazione	113
<i>Approfondimento 3.5</i> Come disegnare correttamente la conformazione a sedia del cicloesano	93	<i>Approfondimento 4.3</i> Equilibri conformazionali in soluzione	131
<i>Approfondimento 3.6</i> Analisi conformazionale dei cicloesani disostituiti	99	<i>Approfondimento 4.4</i> Derivati disostituiti del cicloesano	137
4 Isomeria e stereoisomeria	103	<i>Approfondimento 4.5</i> Diffrazione a raggi X	141
4.1 Isomeria: isomeri costituzionali e stereoisomeri	104	5 Alcheni	153
4.2 Chiralità molecolare	105	5.1 Struttura elettronica degli alcheni	154
.1 Simmetria e chiralità	106	5.2 Nomenclatura IUPAC degli alcheni	154
.2 Centri di chiralità e centri stereogenici ..	108	5.3 Proprietà fisiche degli alcheni	156
.3 Enantiomeri	109	5.4 Isomeria geometrica	157
.4 Composti ciclici contenenti un centro di chiralità	111	.1 Notazione <i>cis/trans</i>	157
4.3 Nomenclatura dei composti che congegnano centri di chiralità: regole di Cahn-Ingold-Prelog e notazione <i>R/S</i>	113	.2 Notazione <i>E/Z</i>	157
4.4 Proiezioni di Fischer	117	5.5 Stabilità degli alcheni	159
.1 Regole per manipolare le proiezioni di Fischer	119	5.6 Reattività degli alcheni	162
Manipolazioni effettuate nel piano della proiezione che non alterano la configurazione del centro di chiralità .	119	.1 Addizioni ioniche	162
Manipolazioni che alterano la configurazione del centro di chiralità .	120	Addizione di acidi alogenidrici	162
.2 Come attribuire direttamente la configurazione <i>R/S</i> a un composto rappresentato con la proiezione di Fischer	122	Addizione di acqua e alcoli	170
4.5 Attività ottica degli enantiomeri	123	Addizione di bromo e cloro	173
.1 Misura dell'attività ottica: polarimetro ..	123	Formazione di aloidrine	176
.2 Potere rotatorio specifico	124	.2 Addizioni radicaliche	178
.3 Miscela racemica e purezza ottica	124	Addizione di acido bromidrico	178
4.6 Molecole con due o più centri di chiralità ...	125	.3 Addizioni concertate	179
.1 Molecole chirali con due centri di chiralità	126	Addizione di carbeni	180
Forme <i>eritro</i> e <i>treo</i>	127	Reazione con peracidi	182
.2 Proiezioni di Fischer di composti con più centri di chiralità	128	Reazione di idrogenazione	183
		Reazione di Heck	184
		Reazione di idroborazione/ossidazione ..	186
		Reazione di 1,2-diosidrilazione	187
		.4 Scissione ossidativa	189
		Scissione ossidativa del doppio	

legame C–C con permanganato di potassio	189	Meccanismi della sostituzione nucleofila alifatica	224
Scissione ossidativa del doppio legame C–C con ozono	189	Competizione tra S _N 1 ed S _N 2	241
.5 Alogenazione alilica	190	.2 Eliminazione	242
Reazioni principali	193	Meccanismi della β-eliminazione	243
Esercizi	195	Competizione tra E1 ed E2	251
Soluzioni	196	Competizione tra sostituzione nucleofila e β-eliminazione	251
<i>Approfondimento 5.1</i> Interconversione E/Z degli alcheni	158	Reazione di α-eliminazione	254
<i>Approfondimento 5.2</i> Calore di combustione	160	.3 Formazione di composti organometallici	254
<i>Approfondimento 5.3</i> Calore di idrogenazione	160	Formazione di composti alchilittio	254
<i>Approfondimento 5.4</i> Acidi forti in acqua	172	Formazione di composti alchilmagnesio	255
<i>Approfondimento 5.5</i> Addizione ossidativa	184	Reazioni principali	256
<i>Approfondimento 5.6</i> Eliminazione riduttiva	185	Esercizi	257
6 Alchini	199	Soluzioni	259
6.1 Struttura elettronica degli alchini	200	<i>Approfondimento 7.1</i> Stabilità dei carbocationi alilico e benzilico	228
6.2 Nomenclatura IUPAC degli alchini	200	<i>Approfondimento 7.2</i> Costante dielettrica	230
6.3 Proprietà fisiche degli alchini	201	<i>Approfondimento 7.3</i> Nucleofili ed elettrofili <i>hard e soft</i>	238
6.4 Reattività degli alchini	202	8 Alcoli e tioli	263
.1 Acidità degli alchini terminali	202	8.1 Struttura elettronica degli alcoli	264
.2 Addizioni ioniche	203	8.2 Nomenclatura IUPAC degli alcoli	264
Addizione di acidi alogenidrici	204	8.3 Proprietà chimico-fisiche degli alcoli	266
Addizione di acqua	206	8.4 Reattività degli alcoli	269
Addizione di bromo e cloro	208	.1 Reazioni acido-base	270
.3 Addizioni concertate	209	.2 Reazioni che comportano la sostituzione del legame O–H con un legame O-elettrofilo	271
Reazione di idrogenazione	209	Trasformazione degli alcoli in eteri	271
Reazione di idroborazione/ossidazione ..	210	Formazione di acetali nelle reazioni con aldeidi e chetoni	274
Reazioni principali	213	Trasformazione degli alcoli in esteri	275
Esercizi	214	.3 Reazioni che comportano la rottura del legame carbonio-ossigeno	276
Soluzioni	215	Reazioni di sostituzione nucleofila	276
<i>Approfondimento 6.1</i> Alcune applicazioni sintetiche degli anioni acetiluro	203	Reazioni di eliminazione: disidratazione degli alcoli	283
<i>Approfondimento 6.2</i> Carbocatione vinilico: struttura, stabilità e reattività	205	.4 Reazioni di ossidazione	290
<i>Approfondimento 6.3</i> Isomerizzazione degli enoli a chetoni in ambiente acido	208	Ossidazione di alcoli con i derivati del cromo	290
7 Alogenuri alchilici	217	Ossidazione di Swern	293
7.1 Struttura elettronica degli alogenuri alchilici	218	8.5 Struttura elettronica dei tioli	296
7.2 Nomenclatura IUPAC degli alogenuri alchilici	219	8.6 Nomenclatura IUPAC dei tioli	296
7.3 Proprietà fisiche degli alogenuri alchilici ..	221	8.7 Proprietà chimico-fisiche dei tioli	297
7.4 Reattività degli alogenuri alchilici	222	8.8 Reattività dei tioli	298
.1 Sostituzione nucleofila alifatica	222	.1 Reazioni acido-base	298

.2 Reazioni che comportano la sostituzione del legame S–H con il legame S–elettrofilo	298	10 Ammine alifatiche	331
.3 Reazioni di ossidazione	299	10.1 Struttura elettronica delle ammine alifatiche	332
Reazioni principali	300	10.2 Nomenclatura IUPAC delle ammine alifatiche	333
Esercizi	303	10.3 Proprietà chimico-fisiche delle ammine alifatiche	337
Soluzioni	304	10.4 Reattività delle ammine alifatiche	338
<i>Approfondimento 8.1</i> Alcoli di interesse pratico	268	.1 Reazioni acido-base	338
<i>Approfondimento 8.2</i> I trimetilsilil eteri: gruppi protettori del gruppo ossidrilico degli alcoli	274	.2 Reazioni con elettrofili	343
<i>Approfondimento 8.3</i> Perché gli alcoli in presenza di acido solforico eliminano una molecola d'acqua e con acidi alogenidrici danno il prodotto di sostituzione?	288	Reazioni con elettrofili al carbonio ...	343
<i>Approfondimento 8.4</i> Perché l'ossidazione degli alcoli secondari a chetoni può essere condotta in soluzione acquosa?	292	Reazioni con elettrofili allo zolfo	345
<i>Approfondimento 8.5</i> Determinazione del tasso alcolico nel sangue attraverso il test del palloncino	294	.3 Reazioni di ossidazione	349
9 Eteri ed epossidi	307	10.5 Reattività degli idrossidi di ammonio quaternari: eliminazione di Hofmann	350
9.1 Struttura elettronica degli eteri	308	10.6 Sali di ammonio quaternari e catalisi per trasferimento di fase	354
9.2 Nomenclatura IUPAC degli eteri	308	10.7 Reattività degli ossidi delle ammine terziarie: eliminazione di Cope	355
9.3 Proprietà chimico-fisiche degli eteri	309	Reazioni principali	358
.1 Basicità degli eteri	310	Esercizi	361
9.4 Reattività degli eteri	311	Soluzioni	362
.1 Scissione degli eteri con acidi alogenidrici	312	<i>Approfondimento 10.1</i> Chiralità dei sali di ammonio quaternari	336
9.5 Eteri corona	314	<i>Approfondimento 10.2</i> Ammine di interesse pratico	341
9.6 Struttura elettronica degli epossidi	315	<i>Approfondimento 10.3</i> Ammine presenti in natura ..	342
9.7 Nomenclatura IUPAC degli epossidi	315	<i>Approfondimento 10.4</i> Test di Hinsberg	346
9.8 Reattività degli epossidi: apertura dell'anello	316	<i>Approfondimento 10.5</i> Ammine terziarie e composti organolitio	349
.1 Reazioni di apertura degli epossidi in condizioni acide	316	11 Aldeidi e chetoni	365
.2 Reazioni di apertura degli epossidi in condizioni basiche	318	11.1 Struttura elettronica di aldeidi e chetoni ..	366
Reazioni principali	325	11.2 Nomenclatura IUPAC di aldeidi e chetoni	368
Esercizi	326	11.3 Proprietà chimico-fisiche di aldeidi e chetoni	371
Soluzioni	328	11.4 Reattività di aldeidi e chetoni	371
<i>Approfondimento 9.1</i> Uso degli eteri come additivi nelle benzine	311	.1 Reazioni acido-base	372
<i>Approfondimento 9.2</i> Uso degli eteri come anestetici	313	.2 Reazioni del gruppo carbonilico	373
<i>Approfondimento 9.3</i> Sintesi di dioli vicinali a partire da alcheni	320	Reazioni di addizione nucleofila	378
		Reazioni di addizione nucleofila-eliminazione	396
		Reazioni di ossidazione	406
		Reazioni di riduzione	409
		Reazioni principali	413
		Esercizi	416
		Soluzioni	418

<i>Approfondimento 11.1</i> Orbitali molecolari π del gruppo carbonilico	368	.7 Reazioni di riduzione dei derivati degli acidi carbossilici	477
<i>Approfondimento 11.2</i> Direzione di avvicinamento del nucleofilo: traiettoria di Burgi-Dunitz	374	Riduzione degli esteri ad alcoli primari	478
<i>Approfondimento 11.3</i> Reattività degli alcossialuminio e alcossiboro idruri	385	Riduzione delle ammidi ad ammine ...	479
<i>Approfondimento 11.4</i> Reazioni intramolecolari e reazioni intermolecolari	390	.8 Nitrili	480
<i>Approfondimento 11.5</i> Emiacetali ciclici	391	Reattività dei nitrili	482
<i>Approfondimento 11.6</i> Tioacetali ciclici: 1,3-ditiani ..	395	Reazioni principali	489
<i>Approfondimento 11.7</i> Ruolo della catalisi acida nella formazione delle immine	401	Esercizi	492
12 Acidi carbossilici e loro derivati	425	Soluzioni	495
12.1 Struttura elettronica degli acidi carbossilici	427	<i>Approfondimento 12.1</i> Esterificazione degli acidi carbossilici in ambiente acido: prove a favore del meccanismo di addizione-eliminazione	440
12.2 Nomenclatura IUPAC degli acidi carbossilici	428	<i>Approfondimento 12.2</i> Metodi alternativi per la preparazione degli esteri dagli acidi carbossilici	442
12.3 Proprietà chimico-fisiche degli acidi carbossilici	431	<i>Approfondimento 12.3</i> Piridina, uno <i>scavenger</i> di protoni ma anche un catalizzatore	455
12.4 Reattività degli acidi carbossilici	433	<i>Approfondimento 12.4</i> Fosfati e pirofosfati acilici ...	458
.1 Reazioni acido-base	433	<i>Approfondimento 12.5</i> Idrolisi degli esteri in ambiente basico: prove a favore del meccanismo di addizione-eliminazione	463
.2 Reazioni di sostituzione nucleofila acilica	438	<i>Approfondimento 12.6</i> Reazione di saponificazione .	465
Sintesi degli esteri	438	<i>Approfondimento 12.7</i> Idrolisi degli esteri degli alcoli terziari	467
Sintesi delle anidridi	441	<i>Approfondimento 12.8</i> Antibiotici β -lattamici	472
Sintesi degli alogenuri acilici	442	13 Enoli, anioni enolato ed enammine	499
Sintesi dei chetoni	445	13.1 Acidità degli idrogeni in α al gruppo carbonilico	500
.3 Reazioni di riduzione	445	.1 Aldeidi e chetoni	500
12.5 Derivati degli acidi carbossilici	447	.2 Derivati degli acidi carbossilici	502
.1 Sostituzione nucleofila acilica: meccanismi	447	.3 Stereochimica del processo di enolizzazione	503
Scala di reattività degli acidi carbossilici e dei loro derivati	449	.4 Natura della base	506
.2 Alogenuri acilici	451	13.2 Reattività di enoli e anioni enolato	509
Nomenclatura IUPAC degli alogenuri acilici	451	.1 Reazioni di alogenazione in α dei chetoni	509
Reattività degli alogenuri acilici	452	.2 Alogenazione in α di acidi carbossilici: reazione di Hell-Volhard-Zelinsky	511
.3 Anidridi	457	.3 Reazioni di alchilazione	512
Nomenclatura IUPAC delle anidridi ..	457	.4 Reazione di condensazione aldolica ...	514
Reattività delle anidridi	457	Condensazione aldolica catalizzata da basi	514
.4 Esteri	460	Condensazione aldolica catalizzata da acidi	516
Nomenclatura IUPAC degli esteri ...	460	Disidratazione delle β -idrossialdeidi e dei β -idrossichetoni	517
Proprietà chimico-fisiche degli esteri .	461	Reazione retroaldolica	518
Reattività degli esteri	462	Stereochimica della condensazione aldolica	519
.5 Tioesteri	470		
.6 Ammidi	471		
Nomenclatura IUPAC delle ammidi ..	471		
Proprietà chimico-fisiche delle ammidi	473		
Reattività delle ammidi	474		
Sintesi di Gabriel delle ammine primarie	477		

Condensazione aldolica incrociata	520	Formazione di legami	
Condensazione aldolica		carbonio-carbonio	557
intramolecolare	522	14.2 Composti organomagnesio	559
.5 Reazioni affini alla condensazione		.1 Preparazione dei composti	
aldolica	523	organomagnesio	560
Condensazione di Claisen	523	.2 Reattività dei composti	
Condensazione di Dieckmann	526	organomagnesio	562
Condensazione di Perkin	527	Reazioni con ossirani (epossidi)	562
Condensazione di Knoevenagel	528	Reazioni con aldeidi e chetoni	563
Reazione di Mannich	529	Reazioni con esteri e cloruri acilici	568
Reazioni di Darzens e di Henry	530	Reazioni con nitrili	570
13.3 Reattività dei composti β -dicarbonilici	533	14.3 Composti organozinco	570
.1 Reazioni di alchilazione: sintesi		.1 Preparazione dei composti organozinco	570
acetoacetica e malonica	534	.2 Reattività dei composti organozinco	571
13.4 Enammine	536	Reazioni con aldeidi e chetoni	571
.1 Reazione di alchilazione	537	Reazioni con alcheni	572
.2 Reazione di acilazione	539	14.4 Composti organorame	573
Reazioni principali	542	.1 Preparazione degli organocuprati	574
Esercizi	546	.2 Reattività degli organocuprati	
Soluzioni	547	con sistemi carbonilici α - β -insaturi	574
<i>Approfondimento 13.1</i> Deprotonazione di aldeidi		.3 Reattività degli organocuprati	
e chetoni: modello di Ireland	505	con i cloruri acilici	576
<i>Approfondimento 13.2</i> Deprotonazione in α		14.5 Composti organopalladio	577
di chetoni asimmetrici	507	.1 Reazione di Heck	577
<i>Approfondimento 13.3</i> Alogenazione in α		Stereochimica e regiochimica	
dei metilchetoni promossa dalle basi	511	della reazione di Heck	582
<i>Approfondimento 13.4</i> Substrati delle reazioni		.2 Reazione di Suzuki-Miyaura	584
di alchilazione agli anioni enolato	514	14.6 Composti organoboro	586
<i>Approfondimento 13.5</i> Formazione		.1 Idroborazione/ossidazione	
di boro-enolati	516	degli alcheni: sintesi degli alcoli	586
<i>Approfondimento 13.6</i> Stereochimica		Stereochimica della reazione	
della condensazione aldolica:		di idroborazione/ossidazione	
modello di Zimmerman-Traxler	519	degli alcheni	589
<i>Approfondimento 13.7</i> Condensazione		Regiochimica della reazione	
di Claisen incrociata	525	di idroborazione/ossidazione	
<i>Approfondimento 13.8</i> Meccanismo		degli alcheni	590
della condensazione di Perkin	527	.2 Idroborazione/ossidazione	
<i>Approfondimento 13.9</i> Competizione		degli alchini interni: sintesi dei chetoni	590
tra <i>N</i> - e <i>C</i> -alchilazione di un'enammina	538	.3 Idroborazione/ossidazione	
<i>Approfondimento 13.10</i> Uso degli enzimi		degli alchini terminali: sintesi	
nella sintesi organica	540	delle aldeidi	594
14 Composti organometallici	553	Reazioni principali	597
14.1 Composti organolitio	554	Esercizi	600
.1 Preparazione dei composti organolitio	554	Soluzioni	601
Limiti al grado di funzionalizzazione		<i>Approfondimento 14.1</i> Perché i composti organolitio	
dei composti organolitio	556	devono essere preparati e usati in ambiente anidro?	556
.2 Reattività dei composti organolitio	556	<i>Approfondimento 14.2</i> Perché la sintesi dei reattivi	
Reazioni con legami carbonio-idrogeno	556	di Grignard deve essere effettuata in ambiente	
		anidro e in atmosfera inerte?	561
		<i>Approfondimento 14.3</i> Meccanismo della reazione	

dei composti organomagnesio con aldeidi e chetoni	564	16 Composti aromatici	649
<i>Approfondimento 14.4</i> Perché i reattivi di Grignard reagiscono con chetoni e aldeidi α,β -insaturi per dare preferibilmente composti di addizione 1,2? ..	565	16.1 Benzene	650
<i>Approfondimento 14.5</i> Perché la reazione dei reattivi di Grignard con gli esteri non si ferma alla formazione di chetoni ma produce generalmente alcoli terziari?	569	.1 Il benzene secondo la teoria della risonanza	651
<i>Approfondimento 14.6</i> Preparazione dei triflati arilici e vinilici	578	.2 Il benzene secondo la teoria degli orbitali molecolari	652
<i>Approfondimento 14.7</i> Perché nell'idrobrazione degli alcheni il legame carbonio-boro si forma preferenzialmente con il carbonio olefinico meno sostituito?	591	16.2 Aromaticità e antiaromaticità: criteri	653
<i>Approfondimento 14.8</i> Preparazione del disiamilborano	596	16.3 Composti aromatici	655
15 Sistemi coniugati	603	.1 Annuleni	655
15.1 Dieni coniugati	604	.2 Ioni	656
.1 Struttura elettronica dei dieni coniugati	604	.3 Composti eterociclici	657
.2 Nomenclatura dei dieni coniugati	606	.4 Composti policiclici	659
.3 Reattività dei dieni coniugati	607	16.4 Nomenclatura dei derivati del benzene ...	662
Reazioni ioniche di addizione	607	16.5 Reattività dei composti aromatici	664
Reazione di cicloaddizione di Diels-Alder	610	.1 Reazione di sostituzione elettrofila aromatica	665
15.2 Dieni cumulati	623	Alogenazione	667
15.3 Composti carbonilici α,β -insaturi	624	Nitrazione	668
.1 Reattività dei composti carbonilici α,β -insaturi	624	Solfonazione	670
Addizione di composti organometallici	628	Acilazione di Friedel-Crafts	672
Addizione degli anioni enolato	629	Alchilazione di Friedel-Crafts	674
Addizione di acido cianidrico	632	Effetto dei sostituenti sulla sostituzione elettrofila aromatica	679
Addizione di ammine	632	Sostituzione elettrofila nei composti aromatici disostituiti	690
Addizione di enammine	634	Sostituzione elettrofila aromatica nei composti aromatici policiclici	692
Addizione di alcoli	634	.2 Reazione di sostituzione nucleofila aromatica	696
Addizione di idrogeno: riduzione dei composti carbonilici α,β -insaturi ..	635	Sostituzioni nucleofile aromatiche attraverso un meccanismo di addizione-eliminazione	697
Reazioni principali	638	Sostituzioni nucleofile aromatiche attraverso un meccanismo di eliminazione-addizione	700
Esercizi	640	Sostituzioni nucleofile aromatiche catalizzate da metalli di transizione ...	703
Soluzioni	642	.3 Reazioni di ossidazione	708
<i>Approfondimento 15.1</i> Descrizione del sistema 1,3-butadienico secondo la teoria degli orbitali molecolari	607	.4 Reazioni di riduzione	710
<i>Approfondimento 15.2</i> Reazioni pericicliche	613	Reazioni principali	711
<i>Approfondimento 15.3</i> Regola dell' <i>endo</i>	622	Esercizi	713
<i>Approfondimento 15.4</i> C-alchilazione e O-alchilazione degli ioni enolato con i carbonili α,β -insaturi	631	Soluzioni	717
		<i>Approfondimento 16.1</i> Pirene e benzo[<i>a</i>]pirene	661
		<i>Approfondimento 16.2</i> Farmaci intercalanti nel DNA	662
		<i>Approfondimento 16.3</i> Preparazione di alchilbenzeni attraverso una reazione di acilazione di Friedel-Crafts	678
		<i>Approfondimento 16.4</i> Fattori che influenzano il rapporto <i>orto/para</i> nella sostituzione elettrofila aromatica	688

<i>Approfondimento 16.5</i> Gruppo nitro: il precursore di un sostituyente fortemente attivante	691	.1 Preparazione	790
<i>Approfondimento 16.6</i> Sostituzione nucleofila aromatica delegata (<i>vicarious</i>)	700	Sintesi di Paal-Knorr del furano, del pirrolo e del tiofene	790
<i>Approfondimento 16.7</i> Prove a favore del meccanismo di eliminazione-addizione	703	Sintesi di Knorr del pirrolo	790
<i>Approfondimento 16.8</i> Tris(dibenzilideneacetone) dipalladio [Pd ₂ (dba) ₃], un complesso del Pd(0) ..	707	Sintesi di Feist-Bernary del furano e sintesi di Hantzsch del pirrolo	791
17 Fenoli, ammine aromatiche e sali di arendiazonio	725	.2 Reattività	792
17.1 Struttura dei fenoli	726	Reazioni acido-base	792
.1 Proprietà chimico-fisiche dei fenoli ...	728	Reazioni di sostituzione elettrofila ...	794
.2 Reattività dei fenoli	728	Reazioni di addizione e cicloaddizione	797
Reazioni del gruppo ossidrilico	729	Reazione di ossidazione	800
Reazioni dell'anello aromatico: sostituzione elettrofila	734	Reazione di riduzione	800
Reazioni di ossidazione	744	18.4 Sistemi elettronricchi: eterocicli pentatomici benzocondensati contenenti un solo eteroatomo	801
17.2 Struttura delle ammine aromatiche	747	.1 Preparazione	802
.1 Proprietà chimico-fisiche delle ammine aromatiche	748	Sintesi di Fischer dell'indolo	802
.2 Reattività delle ammine aromatiche ..	748	.2 Reattività	803
Reazioni del gruppo amminico	749	Reazioni acido-base	803
Reazioni dell'anello aromatico: sostituzione elettrofila aromatica	756	Reazioni di sostituzione elettrofila ...	805
Reazioni di ossidazione	763	Reazioni di ossidazione e di riduzione	807
17.3 Struttura dei sali di arendiazonio	764	18.5 Sistemi elettronpoveri: eterocicli esatomici contenenti un solo eteroatomo .	808
.1 Reazioni dei sali di arendiazonio	765	.1 Preparazione	809
Diazocopolazione	765	Sintesi di Hantzsch della piridina	809
Sostituzione del gruppo diazonio	766	.2 Reattività	810
Riduzione ad arilidrazine	772	Reazioni acido-base	811
Reazioni principali	773	Reazioni dell'azoto con gli elettrofili ..	812
Esercizi	776	Reazioni di sostituzione elettrofila ...	812
Soluzioni	778	Reazioni di sostituzione nucleofila ...	814
<i>Approfondimento 17.1</i> Floroglucina: un fenolo che reagisce anche come un chetone	727	Reazioni di ossidazione e di riduzione	817
<i>Approfondimento 17.2</i> Effetto del solvente sulla basicità dell'anilina e dell'ammoniaca	751	18.6 Sistemi elettronpoveri: eterocicli esatomici benzocondensati contenenti un solo eteroatomo neutro	817
<i>Approfondimento 17.3</i> Scoperta dei farmaci sulfamidici	762	.1 Preparazione	817
<i>Approfondimento 17.4</i> Struttura dei neri di anilina ..	764	Sintesi di Skraup della chinolina	818
18 Eterocicli aromatici	785	Sintesi di Bischler-Napieralski della isochinolina	818
18.1 Classificazione degli eterocicli aromatici	786	.2 Reattività	819
18.2 Eteroaromaticità	787	Reazioni principali	820
.1 Sostituzione elettrofila: aspetti generali	787	Esercizi	824
18.3 Sistemi elettronricchi: eterocicli pentatomici contenenti un solo eteroatomo	789	Soluzioni	825
<i>Approfondimento 18.1</i> Preparazione di un α -amminochetone	791	<i>Approfondimento 18.1</i> Preparazione di un α -amminochetone	791
<i>Approfondimento 18.2</i> Effetto del solvente sulla basicità della piridina e dell'ammoniaca	811	<i>Approfondimento 18.2</i> Effetto del solvente sulla basicità della piridina e dell'ammoniaca	811
<i>Approfondimento 18.3</i> Piridina N-ossido e sostituzione elettrofila	813	<i>Approfondimento 18.3</i> Piridina N-ossido e sostituzione elettrofila	813

19 Carboidrati	829	20 Amminoacidi, peptidi e proteine	873
19.1 Classificazione dei carboidrati	830	20.1 Amminoacidi	874
19.2 Aldosi	831	.1 Struttura degli amminoacidi proteogenici	874
19.3 Serie sterica D e relativa nomenclatura IUPAC	832	.2 Amminoacidi naturali non proteogenici	877
19.4 Chetosi	837	.3 Proprietà acido-basiche degli amminoacidi	877
19.5 Strutture cicliche dei monosaccaridi	838	.4 Amminoacidi in un campo elettrico ..	879
.1 Furanosi e piranosio	839	.5 Specificità di alcuni amminoacidi	884
.2 Configurazione anomera α e β	839	.6 Sintesi degli amminoacidi	894
Dalle proiezioni di Fischer a quelle di Haworth	840	Bromurazione degli acidi carbossilici e successiva amminazione	894
.3 Mutarotazione	841	Sintesi di Strecker	895
19.6 Varianza strutturale nei monosaccaridi ..	842	Risoluzione della miscela racemica di un amminoacido	896
1. Amminozuccheri	843	Sintesi enantioselettiva degli amminoacidi	896
2. Zuccheri acidi	843	20.2 Peptidi	898
3. Alditoli e inositoli	846	.1 Legame peptidico	898
19.7 Glicosidi	847	.2 Peptidi di interesse biologico	899
19.8 Disaccaridi	849	20.3 Struttura delle proteine	904
.1 Saccarosio	850	.1 Determinazione della struttura primaria di peptidi e proteine	906
.2 Lattosio	852	Determinazione della composizione amminoacidica	906
.3 Maltosio e cellobiosio	852	Determinazione della sequenza amminoacidica	908
19.9 Zuccheri riducenti	854	20.4 Sintesi dei peptidi	912
19.10 Polisaccaridi	855	.1 Protezione del gruppo amminico	913
.1 Amido	855	.2 Protezione del gruppo carbossilico	914
.2 Cellulosa	856	.3 Attivazione del gruppo carbossilico ...	914
.3 Chitina	857	.4 Sintesi dei peptidi in fase solida	915
.4 Pectina	857	Sommario	920
.5 Acido alginico	857	Esercizi	923
.6 Acido ialuronico	857	Soluzioni	924
19.11 Reazione di glicosilazione	858	<i>Approfondimento 20.1</i> Elettroforesi	883
.1 Glicosilazione catalizzata dagli acidi ..	858	<i>Approfondimento 20.2</i> Transaminasi o aminotransferasi	893
.2 Glicosilazione attraverso la preparazione di glicosildonatori attivati	859	<i>Approfondimento 20.3</i> Aspartame, un peptide sintetico usato come dolcificante	901
Protezione della funzione ossidrilica ..	859	<i>Approfondimento 20.4</i> Peptidomimetici, analoghi strutturali dei peptidi	903
Attivazione del carbonio anomeroico ...	861	<i>Approfondimento 20.5</i> <i>Folding</i> delle proteine	905
Glicosilazione e controllo della stereochimica	862	<i>Approfondimento 20.6</i> Banche dati delle proteine ...	906
Sommario	864	<i>Approfondimento 20.7</i> Meccanismo della reazione di degradazione di Edman	910
Esercizi	866	<i>Approfondimento 20.8</i> Meccanismo di attivazione del gruppo carbossilico con dicicloesilcarbodiimmide	916
Soluzioni	868		
<i>Approfondimento 18.1</i> Dimostrazione di Fischer della struttura del (+)-glucosio	835		
<i>Approfondimento 18.2</i> Rappresentazioni dei piranosio	840		
<i>Approfondimento 18.3</i> Acido sialico e acido chetodesossitulosonico	844		
<i>Approfondimento 18.4</i> Vitamina C	845		
<i>Approfondimento 18.5</i> Saccarosio e dolcificanti	851		
<i>Approfondimento 18.6</i> Riarrangiamento enediolico ..	853		
<i>Approfondimento 18.7</i> Glicosilazione negli organismi superiori	860		

21 Acidi nucleici	929	22.3 Triacilgliceroli	962
21.1 Basi azotate	930	.1 Idrogenazione catalitica degli oli	964
21.2 Nucleosidi	932	.2 Saponificazione dei grassi	965
.1 Varianza strutturale nei nucleosidi	935	22.4 Glicerofosfolipidi	967
21.3 Nucleotidi	936	.1 Fosfatidiletanolammine	969
.1 Cofattori enzimatici di natura		.2 Fosfatidilcoline	969
nucleotidica	938	.3 Fosfatidilserine	969
21.4 Oligonucleotidi e acidi nucleici	940	.4 Fosfatidilinositoli	970
.1 Acido desossiribonucleico	942	.5 Plasmalogeni	970
.2 Acido ribonucleico	944	22.5 Sfingolipidi	970
21.5 Cenni sulla sintesi ribosomiale		22.6 Terpeni	971
delle proteine	945	22.7 Vitamine liposolubili	974
Sommario	948	22.8 Steroidi	975
Esercizi	951	.1 Colesterolo	975
Soluzioni	952	.2 Ormoni sessuali	976
		.3 Corticosteroidi e acidi biliari	977
<i>Approfondimento 21.1</i> Xantine, derivati purinici		22.9 Ruolo biologico dei lipidi	978
di origine naturale	931	Sommario	981
<i>Approfondimento 21.2</i> Farmaci di sintesi contenenti		Esercizi	985
il nucleo purinico	933	Soluzioni	987
<i>Approfondimento 21.3</i> Reazioni di ossidoriduzione			
in presenza dei cofattori NAD ⁺ /NADP ⁺		<i>Approfondimento 22.1</i> Biosintesi degli acidi	
e FAD/FMN	939	grassi saturi	959
<i>Approfondimento 21.4</i> Determinazione		<i>Approfondimento 22.2</i> Cere e loro utilizzo	
della struttura del DNA	943	commerciale	962
<i>Approfondimento 21.5</i> Ribosomi	944	<i>Approfondimento 22.3</i> Idrolisi enzimatica	
		dei trigliceridi: le lipasi	966
22 Lipidi	953	<i>Approfondimento 22.4</i> Colesterolo e suo trasporto ..	976
22.1 Classificazione dei lipidi	954	<i>Approfondimento 22.5</i> Analoghi sintetici	
22.2 Acidi grassi e derivati acilici grassi	956	degli steroidi: anabolizzanti e contraccettivi orali	977
.1 Nomenclatura IUPAC		<i>Approfondimento 22.6</i> Cardioglicosidi e <i>Digitalis</i>	
degli acidi grassi	956	<i>purpurea</i>	979
.2 Proprietà chimico-fisiche		<i>Approfondimento 22.7</i> Fattore di attivazione	
degli acidi grassi	958	piastrinica	980
.3 Eicosanoidi	960		
.4 Cere	961	Indice analitico	992