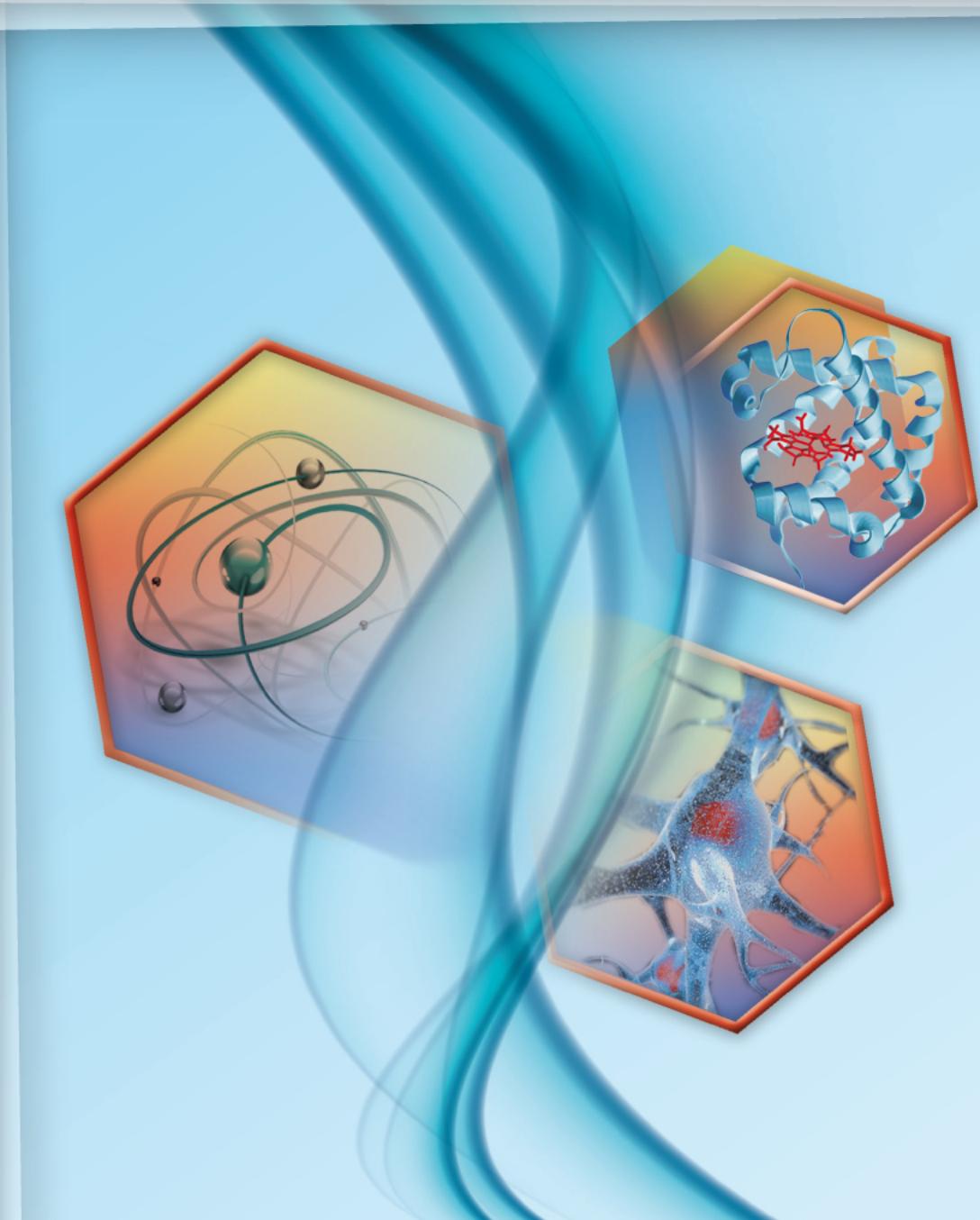


Chimica e Biochimica



Accedi all'ebook e ai contenuti digitali

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

▼
COLLEGATI AL SITO
EDISES.IT

▼
ACCEDI AL
MATERIALE DIDATTICO

▼
SEGUI LE
ISTRUZIONI

Utilizza il codice personale contenuto nel riquadro per registrarti al sito **edises.it**
e accedere alla **versione digitale** del testo e al **materiale didattico**.

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

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

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

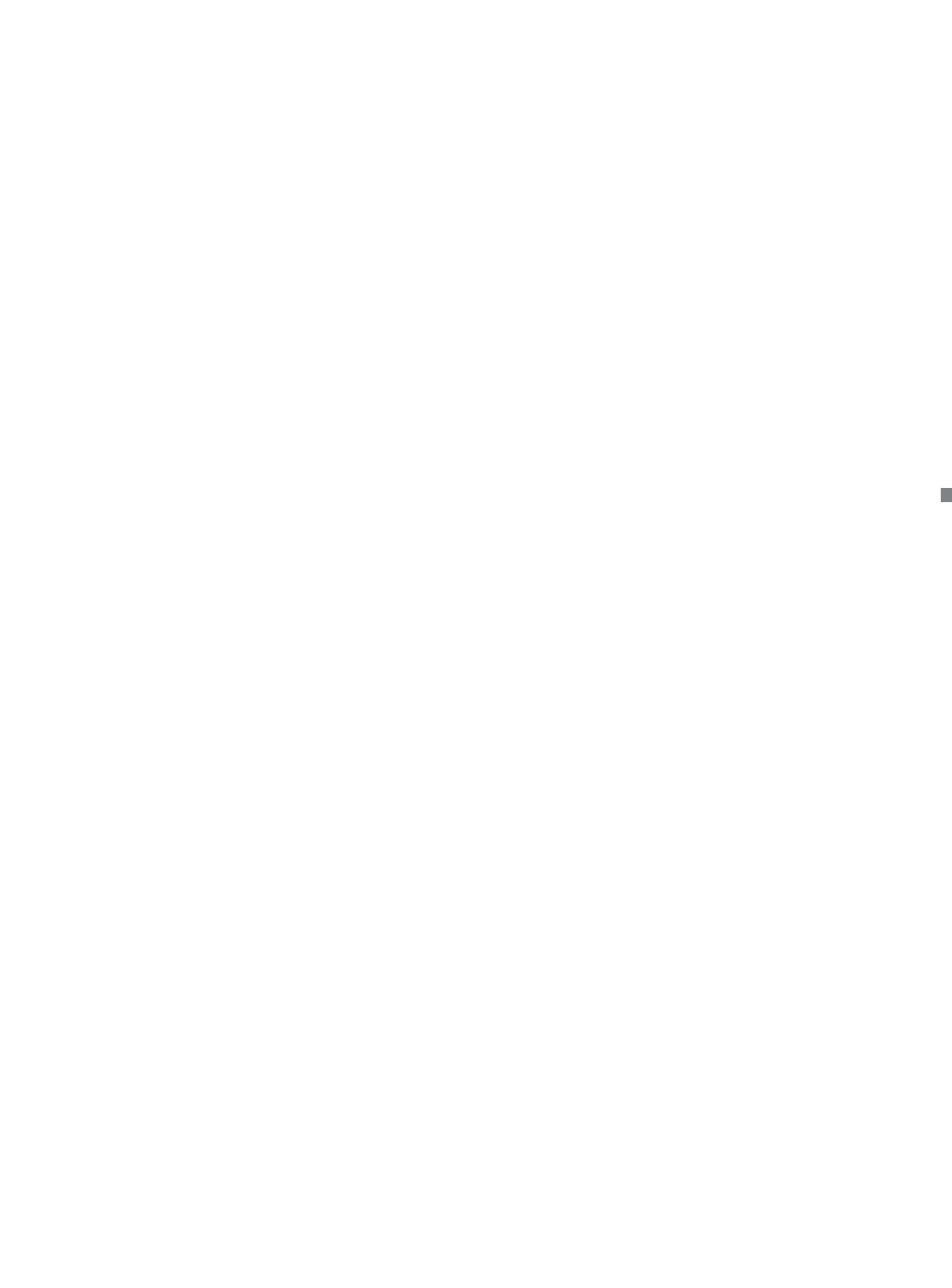
▼
Se sei registrato al sito

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

▼
Se non sei già registrato al sito

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





Chimica e Biochimica

MARIARITA BERTOLDI

DIEGO COLOMBO

FULVIO MAGNI

ORIANO MARIN

PAOLA PALESTINI



M. BERTOLDI - D. COLOMBO - F. MAGNI - O. MARIN - P. PALESTINI
Chimica e Biochimica
Copyright © 2015, EdiSES, s.r.l. - Napoli

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
2019 2018 2017 2016 2015

Le cifre sulla destra indicano il numero e l'anno dell'ultima ristampa effettuata

A norma di legge è vietata la riproduzione, anche parziale, del presente volume o di parte di esso con qualsiasi mezzo.

L'Editore

L'Editore ha effettuato quanto in suo potere per richiedere il permesso di riproduzione del materiale di cui non è titolare del copyright e resta comunque a disposizione di tutti gli eventuali aventi diritto.

Fotocomposizione:
ProMediaStudio di A. Leano – Napoli

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

per conto della
EdiSES – Napoli

<http://www.edises.it> e-mail: info@edises.it

ISBN 978 88 7959 878 1

Autori

MARIARITA BERTOLDI
Università degli Studi di Verona

DIEGO COLOMBO
Università degli Studi di Milano

FULVIO MAGNI
Università degli Studi di Milano-Bicocca

ORIANO MARIN
Università degli Studi di Padova

PAOLA PALESTINI
Università degli Studi di Milano-Bicocca

Prefazione

La chimica, generale e organica, e la biochimica sono discipline fondamentali per tutti i percorsi formativi di ambito biologico e medico. I relativi corsi si rivolgono a studenti che, provenendo da diverse tipologie di scuole secondarie di secondo grado, presentano preparazioni molto eterogenee. Da qui la necessità di un testo esaustivo, che possa fornire le necessarie conoscenze di base - e colmare eventuali lacune - negli ambiti disciplinari di area chimica e biochimica.

Questo testo nasce dall'idea di rielaborare l'opera di Sackheim "Chimica per le Scienze Biomediche" revisionandola e aggiornandola nei contenuti, nel linguaggio e negli strumenti didattici. Ai capitoli globalmente riscritti, ne sono stati aggiunti altri redatti *ex novo* e arricchiti da riferimenti relativi ai progressi scientifici delle discipline negli ultimi anni.

Un obiettivo considerato imprescindibile è stato quello di rendere più coordinata la materia allo scopo di favorire l'apprendimento di tutti gli studenti universitari ai quali il testo si rivolge, siano essi di ambito biomedico, sanitario, della riabilitazione o delle scienze motorie e, più in generale, di coloro che necessitano di conoscere le nozioni fondamentali di chimica e biochimica previste nei loro percorsi formativi. Il libro può dunque costituire un utile supporto didattico anche per quei corsi di studio che prevedono un insegnamento di biochimica in assenza di uno propedeutico di chimica, come accade in molti corsi in ambito sanitario.

Il testo va incontro all'esigenza didattica sempre più richiesta di sviluppare un apprendimento per competenze, basato sull'integrazione dei saperi. Il percorso conoscitivo inizia dagli atomi e dalle molecole e si snoda lungo i livelli di complessità superiore di organizzazione della materia, quali la cellula, gli organi e i sistemi, mettendo in relazione i principi della chimica e della biochimica.

A tal proposito un esempio può essere la correlazione fra la respirazione cellulare, argomento biochimico, e le reazioni di ossido-riduzione, un argomento chimico, dato che la comprensione della base chimica di ciò che si osserva è essenziale per il raggiungimento della piena consapevolezza del fenomeno biologico. Per rendere evidente tale interdipendenza nella parte di chimica si ritrovano dei box "Collegamenti alla biochimica".

Un'attenzione alla relazione tra contenuti è stata posta anche all'interno delle singole parti e fra la biochimica strutturale e quella metabolica. In particolare, alcuni aspetti delle molecole di interesse biologico sono anticipati durante la trattazione della chimica organica, come ad esempio la formazione delle forme cicliche degli zuccheri, che viene descritta nel capitolo dedicato ai carboidrati e viene messa in relazione alla più generale reazione di formazione degli emiacetali e degli acetali descritta durante la trattazione delle aldeidi e dei chetoni; oppure il concetto di isomeria che, brevemente anticipato nei capitoli di chimica organica, viene sviluppato come box Approfondimento sempre nel capitolo dedicato ai carboidrati.

Il manuale è organizzato in tre sezioni: chimica generale, chimica organica e biochimica, ciascuna articolata in capitoli e paragrafi ben evidenziati nella presente veste grafica in modo che già al semplice scorrere delle pagine sia possibile individuare la struttura dei capitoli e gli specifici argomenti. Tale struttura è arricchita dalla presenza dei box "Approfondimento" e "Collegamenti alla biochimica" che forniscono informazioni su metodi innovativi, curiosità o aspetti peculiari. Alla chiusura di ogni capitolo sono presenti degli organizzatori dell'apprendimento, i "Concetti chiave", che evidenziano i passaggi fondamentali del capitolo.

Nel complesso si è cercato di offrire un volume completo ma allo stesso tempo maneggevole e scorrevole, dotato di strumenti didattici in grado di rendere più efficace lo studio e più autonomo lo studente nell'acquisizione delle proprie conoscenze.

SUPPORTI DIDATTICI

PER I DOCENTI

I docenti che utilizzano il testo a scopo didattico possono scaricare dal sito www.edises.it, previa registrazione all'area docenti, le immagini del libro in formato PowerPoint.

PER GLI STUDENTI

I capitoli “Unità di misura” e “Stato gassoso” sono disponibili sul sito www.edises.it nel formato Adobe Acrobat PDF e possono essere scaricati gratuitamente previa registrazione.

Indice generale



PARTE PRIMA CHIMICA GENERALE

Capitolo 1 Struttura della materia: dal livello macroscopico a quello atomico

- 1.1 Materia e chimica
- 1.2 Stati di aggregazione della materia
- 1.3 Cambiamenti di stato
- 1.4 Proprietà della materia
- 1.5 Energia
- 1.6 Conservazione dell'energia e della materia
- 1.7 Composizione della materia

Concetti chiave

Capitolo 2 Struttura della materia: l'atomo

- 2.1 Atomo
- 2.2 Massa atomica
- 2.3 Numero atomico e numero di massa
- 2.4 Numero di neutroni
- 2.5 Isotopi
- 2.6 Disposizione degli elettroni in un atomo
- 2.7 Sottolivelli di energia
- 2.8 Gas nobili
- 2.9 Tavola periodica degli elementi
- 2.10 Energia di ionizzazione e affinità elettronica
- 2.11 Elettronegatività

Concetti chiave

■ Collegamenti alla Biochimica

2A Elementi presenti nel corpo umano

Capitolo 3 Radioattività

- 3.1 Scoperta della radioattività
- 3.2 Vari tipi di radiazioni emesse dalle sostanze radioattive
- 3.3 Reazioni nucleari
- 3.4 Radioattività naturale e artificiale
- 3.5 Unità di misura delle radiazioni
- 3.6 Radioisotopi
- 3.7 Tempo di dimezzamento
- 3.8 Uso di radioisotopi in medicina

Concetti chiave

■ Collegamenti alla Biochimica

3A Datazione radioattiva

3B Radioisotopi e medicina nucleare

Capitolo 4 Legame chimico

3	4.1 Molecole	34
4	4.2 Stabilità degli atomi	34
5	4.3 Simboli e formule	34
6	4.4 Rappresentazione della struttura elettronica	35
7	4.5 Formazione degli ioni	35
8	4.6 Raggio ionico	36
9	4.7 Legame ionico	37
10	4.8 Ioni poliatomici	37
11	4.9 Nomenclatura	37
12	4.10 Legame covalente	38
13	4.10.1 <i>Legami covalenti non polari e polari</i>	40
14	4.11 Legame a ponte di idrogeno	40
15	4.12 Altri legami deboli	41
16	4.13 Forza del legame chimico	41
17	4.14 Risonanza	42
18	4.15 Peso molecolare	43
19	4.15.1 <i>Calcolo del peso molecolare di un composto</i>	43
20	4.16 Mole	44
21	Concetti chiave	45
22	■ Collegamenti alla Biochimica	
23	4A Fratture ossee	42
24	Capitolo 5 Reazioni chimiche redox e non redox	47
25	5.1 Equazioni chimiche	48
26	5.2 Reazioni di equilibrio	48
27	5.3 Reazioni reversibili e irreversibili	49
28	5.4 Energia di attivazione e velocità di una reazione	50
29	5.5 Principali fattori che influenzano le reazioni chimiche all'equilibrio	51
30	5.5.1 <i>Principio di Le Châtelier</i>	51
31	5.5.2 <i>Effetto della concentrazione</i>	51
32	5.5.3 <i>Effetto della temperatura</i>	52
33	5.5.4 <i>Effetto di un catalizzatore</i>	52
34	5.6 Reazioni di ossido-riduzione	54
35	5.6.1 <i>Ossidazione</i>	54
36	5.6.2 <i>Riduzione</i>	55
37	Concetti chiave	57
38	■ Collegamenti alla Biochimica	
39	5A Deterioramento dei denti	53
40	5B Antibatterici	56

Capitolo 6 Miscele liquide	59	7.5 pH	88
6.1 Miscele	60	7.6 Sali	89
6.2 Proprietà generali delle soluzioni	61	7.6.1 pH delle soluzioni aquose dei sali	89
6.3 Struttura dell'acqua	62	7.6.2 Usi dei sali	90
6.4 Tensione superficiale dell'acqua	63	7.7 Soluzioni tampone	90
6.5 Idrolisi	63	Concetti chiave	93
6.6 Solventi diversi dall'acqua	64	I Collegamenti alla Biochimica	
6.7 Fattori che influenzano la solubilità di un soluto	64	7A Antiacidi	90
6.7.1 Temperatura	64	7B Acidosi e alcalosi	92
6.7.2 Pressione	64		
6.7.3 Natura del solvente	65		
6.8 Importanza delle soluzioni	65		PARTE SECONDA
6.9 Modi di esprimere la concentrazione delle soluzioni	65	CHIMICA ORGANICA	
6.9.1 Percentuale	65		
6.9.2 Parti per milione	66	Capitolo 8 Introduzione alla chimica organica	97
6.9.3 Molarità	66	8.1 Importanza della chimica organica	98
6.9.4 Milliequivalenti per litro	66	8.1.1 Confronto tra i composti organici e inorganici	98
6.10 Proprietà colligative delle soluzioni	66	8.2 Legami	99
6.10.1 Abbassamento della tensione di vapore del solvente	66	8.3 Formule di struttura	99
6.10.2 Effetto del soluto sui punti di ebollizione e di congelamento	67	8.4 Isomeri	100
6.10.3 Osmosi e pressione osmotica	67	8.5 Orientazione tridimensionale dei legami intorno all'atomo di carbonio	100
6.11 Tonicità delle soluzioni	67	8.6 Capacità di legame del carbonio	101
6.11.1 Soluzioni isotoniche	70	8.7 Composti del carbonio con altri elementi	102
6.11.2 Soluzioni ipotoniche	70	Concetti chiave	104
6.11.3 Soluzioni ipertoniche	70	I Collegamenti alla Biochimica	
6.12 Tipi di soluzioni	71	8A Taxol: una storia di ricerca e scoperta	102
6.12.1 Soluzioni diluite e concentrate	71		
6.12.2 Soluzioni sature	71	Capitolo 9 Idrocarburi	105
6.12.3 Soluzioni non sature	71	9.1 Alcani	106
6.13 Conducibilità delle soluzioni	72	9.1.1 Formula generale degli alcani	106
6.14 Suspensioni	72	9.1.2 Formule di struttura razionali	108
6.15 Colloidi	73	9.1.3 Gruppi alchilici	109
6.15.1 Gel e sol	73	9.2 Cicloalcani	110
6.15.2 Dialisi	74	9.3 Alogenuri alchilici	111
6.15.3 Emodialisi	74	9.4 Alcheni	112
6.16 Emulsioni	75	9.5 Alchini	115
Concetti chiave	75	9.6 Idrocarburi saturi e insaturi	115
I Collegamenti alla Biochimica	77	9.6.1 Alcune reazioni degli idrocarburi	115
6A Emodialisi	77	9.7 Presenza in natura degli idrocarburi, loro proprietà e utilizzi	116
Capitolo 7 Acidi, basi e tamponi	79	9.8 Polimeri	117
7.1 Acidi	80	Concetti chiave	119
7.1.1 Proprietà degli acidi	82	I Collegamenti alla Biochimica	
7.1.2 Usi degli acidi	83	9A Il velenoso pesce palla	111
7.2 Basi	83	9B L'impatto ambientale dei clorofluorocarburi	112
7.2.1 Proprietà delle basi	84	9C Isomeria cis-trans nel processo della visione	114
7.2.2 Usi delle basi	85	9D Il numero di ottani: cosa significa questo numero alle pompe di benzina	117
7.3 Acidi e basi forti e deboli	85	9E Punti di sutura riassorbibili	118
7.4 Ionizzazione dell'acqua	86		

Capitolo 10 Alcoli ed eteri	121	11F Solubilità dei farmaci nei liquidi corporei	145
10.1 Alcoli	122	11G L'aspartame, il peptide dolce	147
10.1.1 <i>Usi degli alcoli</i>	122	11H Le penicilline e le cefalosporine: antibiotici	
10.1.2 <i>Classificazione degli alcoli</i>	124	β -lattamici	148
10.1.3 <i>Reazioni degli alcoli</i>	126		
10.2 Tioli	127	Capitolo 12 Composti aromatici	151
10.3 Eteri	128	12.1 Benzene	152
10.3.1 <i>Etere come anestetico</i>	128	12.1.1 <i>Struttura del benzene</i>	152
Concetti chiave	130	12.1.2 <i>Proprietà del benzene</i>	153
■ Collegamenti alla Biochimica		12.1.3 <i>Derivati del benzene</i>	153
10A Nitroglycerina: un esplosivo e un farmaco	125	12.2 Altri composti aromatici	155
10B Etilometro: controllo e misurazione dell'alcol nell'aria respirata	126	12.2.1 <i>Fenolo</i>	155
10C Ossido di etilene: uno sterilizzante chimico	128	12.2.2 <i>Derivati del fenolo</i>	156
10D Eteri e anestesia	129	12.2.3 <i>Acidi</i>	157
Capitolo 11 Altri composti organici	131	12.2.4 <i>Ammine aromatiche</i>	159
11.1 Aldeidi	132	12.2.5 <i>Ammidi aromatiche</i>	159
11.1.1 <i>Preparazione per ossidazione degli alcoli primari</i>	132	12.3 Alcuni composti eterociclici comuni	159
11.1.2 <i>Nomenclatura delle aldeidi</i>	132	Concetti chiave	162
11.1.3 <i>Uso delle aldeidi</i>	133	■ Collegamenti alla Biochimica	
11.1.4 <i>Reazioni delle aldeidi</i>	133	12A Idrocarburi policiclici aromatici cancerogeni e fumo	155
11.2 Chetoni	134	12B Filtri solari e creme solari a protezione totale contro le radiazioni ultraviolette	158
11.2.1 <i>Preparazione per ossidazione degli alcoli secondari</i>	134	12C Farmaci antitumorali	161
11.2.2 <i>Nomenclatura dei chetoni</i>	134		
11.2.3 <i>Uso dei chetoni</i>	135		
11.3 Emiacetalni ed emichetalni	136		
11.4 Acidi carbossilici	136		
11.4.1 <i>Preparazione per ossidazione delle aldeidi</i>	136	Capitolo 13 Carboidrati	165
11.4.2 <i>Nomenclatura degli acidi carbossilici</i>	137	13.1 Introduzione	166
11.4.3 <i>Proprietà e reazioni degli acidi carbossilici</i>	138	13.2 Monosaccaridi o zuccheri semplici	169
11.4.4 <i>Acidi carbossilici importanti dal punto di vista medico</i>	138	13.2.1 <i>Isomeria ottica dei monosaccaridi naturali</i>	171
11.5 Esteri	140	13.2.2 <i>Cyclizzazione dei monosaccaridi</i>	172
11.5.1 <i>Tioesteri</i>	140	13.2.3 <i>Glucosio</i>	173
11.5.2 <i>Esteri fosforici</i>	141	13.2.4 <i>Galattosio</i>	174
11.6 Ammine	142	13.2.5 <i>Fruttosio</i>	175
11.6.1 <i>Reazioni delle ammine</i>	144	13.2.6 <i>Amminozuccheri</i>	176
11.7 Amminoacidi	146	13.3 Reazioni dei monosaccaridi	177
11.8 Ammidi	146	13.3.1 <i>Ossidazione</i>	177
11.8.1 <i>Formazione delle ammidi</i>	146	13.3.2 <i>Riduzione</i>	178
11.8.2 <i>Proprietà delle ammidi</i>	147	13.3.3 <i>Formazione degli esteri fosforici</i>	179
Concetti chiave	149	13.4 Disaccaridi	180
■ Collegamenti alla Biochimica		13.4.1 <i>Maltosio</i>	181
11A Alcune aldeidi e chetoni presenti in natura	135	13.4.2 <i>Cellobiosio</i>	182
11B Corpi chetonici e diabete	135	13.4.3 <i>Saccarosio</i>	182
11C Gli esteri come agenti aromatizzanti	141	13.4.4 <i>Lattosio</i>	182
11D Anfetamine	143	13.5 Polisaccaridi	182
11E Alcaloidi	144	13.5.1 <i>Amido</i>	182
		13.5.2 <i>Cellulosa</i>	183
		13.5.3 <i>Glicogeno</i>	185
		13.5.4 <i>Chitina</i>	186
		13.5.5 <i>Eparina</i>	186



PARTE TERZA BIOCHIMICA

Capitolo 13 Carboidrati

13.1 Introduzione	166
13.2 Monosaccaridi o zuccheri semplici	169
13.2.1 <i>Isomeria ottica dei monosaccaridi naturali</i>	171
13.2.2 <i>Cyclizzazione dei monosaccaridi</i>	172
13.2.3 <i>Glucosio</i>	173
13.2.4 <i>Galattosio</i>	174
13.2.5 <i>Fruttosio</i>	175
13.2.6 <i>Amminozuccheri</i>	176
13.3 Reazioni dei monosaccaridi	177
13.3.1 <i>Ossidazione</i>	177
13.3.2 <i>Riduzione</i>	178
13.3.3 <i>Formazione degli esteri fosforici</i>	179
13.4 Disaccaridi	180
13.4.1 <i>Maltosio</i>	181
13.4.2 <i>Cellobiosio</i>	182
13.4.3 <i>Saccarosio</i>	182
13.4.4 <i>Lattosio</i>	182
13.5 Polisaccaridi	182
13.5.1 <i>Amido</i>	182
13.5.2 <i>Cellulosa</i>	183
13.5.3 <i>Glicogeno</i>	185
13.5.4 <i>Chitina</i>	186
13.5.5 <i>Eparina</i>	186

13.5.6 <i>Destrani e destrine</i>	187	16.3 Amminoacidi	232
Concetti chiave	188	16.3.1 <i>Classificazione degli amminoacidi</i>	234
I Approfondimenti		16.3.2 <i>Comportamento acido-base degli amminoacidi</i>	236
13A L'isomeria delle molecole biologiche	167	16.4 Legame peptidico	237
13B Le soluzioni glucosate	174	16.5 Struttura delle proteine	239
13C L'emoglobina glicata	174	16.5.1 <i>Ripiegamento o 'folding' delle proteine</i>	240
13D Dosaggio degli zuccheri nei campioni biologici	178	16.5.2 <i>Livelli strutturali</i>	241
13E La cataratta nel paziente diabetico	179	<i>Struttura primaria</i>	242
13F Potere edulcorante degli zuccheri e dei loro sostituti	181	<i>Struttura secondaria</i>	243
		<i>Strutture terziaria e quaternaria</i>	245
Capitolo 14 Lipidi	189	16.6 Denaturazione delle proteine	249
14.1 Introduzione	190	16.7 Emoglobina e mioglobina	250
14.2 Acidi grassi	190	16.7.1 <i>Struttura della mioglobina e dell'emoglobina</i>	250
14.3 Trigliceridi: grassi e olii	193	16.7.2 <i>Legame e rilascio dell'ossigeno</i>	253
14.3.1 <i>Utilizzo dei grassi nel corpo umano</i>	194	16.7.3 <i>Regolazione dell'affinità dell'emoglobina</i>	254
14.3.2 <i>Proprietà chimico-fisiche dei trigliceridi</i>	194	16.7.4 <i>Emoglobine fetali</i>	256
14.4 Saponi	196	16.8 Glicoproteine	258
14.5 Cere	199	16.9 Lipoproteine plasmatiche	258
14.6 Fosfolipidi	200	16.10 Metodi di analisi delle proteine	261
14.6.1 <i>Fosfogliceridi</i>	201	16.10.1 <i>Composizione percentuale</i>	261
14.6.2 <i>Fosfogliceridi</i>	203	16.10.2 <i>Precipitazione delle proteine</i>	261
14.7 Glicolipidi	203	16.10.3 <i>Cromatografia</i>	261
14.8 Derivati degli acidi grassi	205	16.10.4 <i>Elettroforesi</i>	263
14.9 Steroidi	207	16.10.5 <i>Spettrometria di massa</i>	265
Concetti chiave		Concetti chiave	267
I Approfondimenti		I Approfondimenti	
14A L'acroleina	196	16A Alimentazione e amminoacidi	236
14B I gruppi sanguigni A, B, 0 e AB	204	16B Biochimica al computer	240
14C Struttura delle membrane cellulari	208	16C L'enigma di Levinthal	242
Capitolo 15 Nucleotidi e acidi nucleici	213	16D Le malattie prioniche	248
15.1 Introduzione		16E L'emoglobina e il monossido di carbonio (CO)	257
15.2 Costituenti degli acidi nucleici		16F Patologie legate all'emoglobina	257
15.2.1 <i>Basi azotate</i>			
15.2.2 <i>Zuccheri</i>			
15.2.3 <i>Fosfato</i>			
15.3 Polimerizzazione dei nucleotidi	219	Capitolo 17 Enzimi	269
15.4 Struttura degli acidi nucleici	220	17.1 Introduzione	270
15.4.1 <i>Struttura primaria</i>	220	17.2 Struttura degli enzimi	271
15.4.2 <i>Struttura secondaria del DNA</i>	221	17.3 Meccanismo di azione degli enzimi	274
15.4.3 <i>Strutture di ordine superiore del DNA</i>	222	17.3.1 <i>Energia di attivazione</i>	275
15.5 Metabolismo degli acidi nucleici	224	17.4 Cinetica enzimatica	276
Concetti chiave	227	17.4.1 <i>Fattori che influenzano l'attività enzimatica</i>	277
I Approfondimenti		17.5 Nomenclatura e classificazione	279
15A La doppia elica del DNA	223	17.6 Impiego diagnostico degli enzimi	279
15B La gotta	226	17.7 Inibizione enzimatica	280
		17.7.1 <i>Inibizione reversibile</i>	281
Capitolo 16 Proteine	229	17.7.2 <i>Inibizione irreversibile</i>	282
16.1 Introduzione	230	17.8 Regolazione degli enzimi	285
16.2 Dal genoma al proteoma	231	17.8.1 <i>Regolazione allosterica</i>	286

<p>Controllo a feedback negativo 17.8.2 Regolazione covalente Regolazione mediante proteolisi</p> <p>Concetti chiave</p> <p>■ Approfondimenti 17A L'enzima alcol deidrogenasi e l'intossicazione da metanolo 17B La terapia medica per il trattamento dell'infezione da HIV 17C Le penicilline e il loro meccanismo d'azione</p> <p>Capitolo 18 Strategie del metabolismo: digestione e bioenergetica</p> <p>18.1 Introduzione 18.2 Macromolecole: digestione e assorbimento dei nutrienti 18.2.1 La digestione nella bocca 18.2.2 La digestione nello stomaco 18.2.3 La digestione nell'intestino e l'assorbimento 18.3 Concetti generali del metabolismo 18.4 Bioenergetica e ATP 18.5 Bioenergetica e coenzimi</p> <p>Concetti chiave</p> <p>■ Approfondimenti 18A Difetti di digestione e assorbimento dei carboidrati 18B Assorbimento di ferro e vitamine 18C La formazione delle feci e le fibre alimentari</p> <p>Capitolo 19 Metabolismo dei carboidrati</p> <p>19.1 Introduzione 19.2 Glicolisi 19.3 Sintesi del glicogeno 19.4 Demolizione del glicogeno 19.5 Via dei pentosi fosfato 19.6 Destino del piruvato in aerobiosi: trasformazione in acetil-CoA e ciclo di Krebs 19.7 Catena respiratoria e fosforilazione ossidativa 19.8 Gluconeogenesi 19.9 Destino degli esosi 19.10 Regolazione ormonale del metabolismo glucidico 19.10.1 Insulina 19.10.2 Epinefrina 19.10.3 Glucagone</p> <p>Concetti chiave</p> <p>■ Approfondimenti 19A Malattie da accumulo di glicogeno 19B Metodi di laboratorio relativi al dosaggio di carboidrati</p>	<p>287 288 288 290 291 292 292 292 293 293 299 300 301 302 297 298 298 303 304 305 307 308 311 312 314 318 318 320 320 321 321 323 323 312 322</p> <p>Capitolo 20 Metabolismo dei lipidi</p> <p>20.1 Introduzione 20.2 Idrolisi dei trigliceridi e β-ossidazione degli acidi grassi Chetogenesi Immagazzinamento dei lipidi Lipogenesi Sintesi dei trigliceridi e dei fosfolipidi</p> <p>Concetti chiave</p> <p>■ Approfondimento 20A Disturbi metabolici causati da alterata ossidazione degli acidi grassi</p> <p>Capitolo 21 Metabolismo delle proteine</p> <p>Funzioni degli amminoacidi Bilancio dell'azoto e amminoacidi Sintesi degli amminoacidi Eliminazione del gruppo amminico Transaminazione Deaminazione ossidativa del glutammato Destino dello scheletro carbonioso degli amminoacidi Formazione dell'urea o ureogenesi Altre reazioni degli amminoacidi Decarbossilazione Metabolismo dell'emoglobina</p> <p>Concetti chiave</p> <p>■ Approfondimento 21A Disordini metabolici associati al ciclo dell'urea</p> <p>Capitolo 22 Biochimica del tessuto nervoso</p> <p>Concetti generali Molecole fondamentali e metabolismo del sistema nervoso Substrati energetici Interazioni neurone-neurone: neurotrasmissione Sintesi dei neurotrasmettitori Immagazzinamento del neurotrasmettore Rilascio del neurotrasmettore Legame del neurotrasmettore al recettore Legame del neurotrasmettore di tipo eccitatorio al neurorecettore Legame del neurotrasmettore di tipo inibitorio al neurorecettore Terminazione del segnale Encefalopatie metaboliche Encefalopatie ipoglicemiche Encefalopatie ipossiche</p> <p>Concetti chiave</p> <p>■ Approfondimento 22A Misfolding proteico e neurodegenerazione</p>	<p>325 326 326 331 332 333 335 337 332 339 340 340 341 342 342 343 344 345 346 346 347 350 346 351 352 355 356 357 358 362 363 365 365 367 368 369 369 370 371 370</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Capitolo 23 Biochimica dei sistemi contrattili	373	24.4.3 <i>Glucidi</i>	422
23.1 Concetti generali	374	<i>Indice glicemico</i>	423
23.2 Muscolo scheletrico	375	<i>Linee guida</i>	424
23.2.1 <i>Organizzazione del sistema contrattile</i>	376	24.4.4 <i>Lipidi</i>	424
<i>Proteine del sarcomero e loro organizzazione in miofibrille</i>	378	<i>Linee guida</i>	425
23.2.2 <i>Meccanismo della contrazione</i>	380	24.4.5 <i>Basi azotate</i>	425
<i>Potenziale d'azione e sua propagazione</i>	380	24.4.6 <i>Etanolo</i>	425
<i>Ioni calcio e contrazione muscolare</i>	382	<i>Linee guida</i>	425
<i>Ciclo dei ponti trasversi</i>	382	24.5 Vitamine	425
<i>Termine della contrazione: rilasciamento del muscolo</i>	386	24.5.1 <i>Vitamine liposolubili</i>	426
23.2.3 <i>Tipi di fibre muscolari scheletriche</i>	386	<i>Vitamina A</i>	426
<i>Fibre di tipo I e II</i>	386	<i>Vitamina D</i>	429
23.2.4 <i>Substrati utilizzati dal muscolo scheletrico</i>	389	<i>Vitamina E</i>	432
<i>Utilizzo dei substrati in condizioni di riposo</i>	389	<i>Vitamina K</i>	433
<i>Utilizzo dei substrati durante l'esercizio fisico</i>	389	24.5.2 <i>Vitamine idrosolubili</i>	434
23.2.5 <i>Modifiche biochimiche nell'allenamento aerobico</i>	396	<i>Vitamina C</i>	435
23.3 Muscolo cardiaco (miocardio)	398	<i>Vitamina B₁ (tiammina)</i>	436
23.3.1 <i>Organizzazione del sistema contrattile e del sarcomero</i>	401	<i>Vitamina B₂ (riboflavina)</i>	437
23.3.2 <i>Meccanismo della contrazione</i>	402	<i>Vitamina PP (niacina)</i>	438
23.3.3 <i>Substrati utilizzati dal miocardio</i>	402	<i>Vitamina B₅ (acido pantotenico)</i>	439
<i>Composti fosforilati ad alta energia</i>	402	<i>Vitamina B₆ (piridossina)</i>	440
<i>Substrati ossidabili</i>	403	<i>Biotina</i>	441
23.3.4 <i>Modificazioni metaboliche nell'anossia e nell'ischemia</i>	404	<i>Acido folico</i>	441
<i>Diagnostica enzimatica dell'ischemia cardiaca</i>	405	<i>Vitamina B₁₂</i>	443
23.4 Muscolo liscio	406	24.6 Fattori vitamino-simili	444
23.4.1 <i>Cellula muscolare liscia</i>	406	24.6.1 <i>Colina</i>	444
23.4.2 <i>Meccanismo di contrazione</i>	408	24.6.2 <i>Inositol</i>	445
Concetti chiave	411	24.6.3 <i>Carnitina</i>	445
■ Approfondimento		24.6.4 <i>Acido lipoico</i>	446
23A Doping genetico	398	24.7 Componenti minerali	446
Capitolo 24 Biochimica della nutrizione	413	24.7.1 <i>Macroelementi</i>	446
24.1 Concetti generali	414	<i>Sodio (Na)</i>	446
24.2 Omeostasi del peso corporeo	414	<i>Potassio (K)</i>	447
24.3 Fabbisogno energetico e valore energetico dei nutrienti	416	<i>Cloro (Cl)</i>	447
24.4 Macronutrienti	418	<i>Calcio (Ca)</i>	447
24.4.1 <i>Acqua</i>	419	<i>Magnesio (Mg)</i>	448
<i>Linee guida</i>	420	<i>Fosforo (P)</i>	448
24.4.2 <i>Proteine</i>	420	<i>Zolfo (Z)</i>	448
<i>Bilancio azotato</i>	421	24.7.2 <i>Microelementi</i>	448
<i>Malnutrizione proteica</i>	421	<i>Ferro (Fe)</i>	448
<i>Dieta iperproteica</i>	421	<i>Rame (Cu)</i>	449
<i>Dieta vegetariana</i>	422	<i>Zinco (Zn)</i>	450
<i>Linee guida</i>	422	<i>Iodio (I)</i>	450
		<i>Manganese (Mn)</i>	451
		<i>Cromo (Cr)</i>	451
		<i>Selenio (Se)</i>	451
		<i>Fluoro (F)</i>	452
		<i>Cobalto (Co)</i>	452
		24.7.3 <i>Elementi in ultratracce</i>	452
		24.8 Componenti bioattivi	452
		24.8.1 <i>Fibra alimentare</i>	452
		24.8.2 <i>Probiotici e prebiotici</i>	453

24.8.3 <i>Molecole antiossidanti</i>	454	24.12 Nutrigenomica	462
24.9 Alimenti, loro funzione e classificazione	454	Concetti chiave	463
24.9.1 <i>Cereali e loro derivati e legumi</i>	455	I Approfondimento	
24.9.2 <i>Ortaggi e frutta</i>	456	24A Il paradosso francese	459
24.9.3 <i>Olii e grassi</i>	456		
24.9.4 <i>Latte e suoi derivati</i>	457	Indice analitico	I-1
24.9.5 <i>Uova</i>	458		
24.9.6 <i>Carni</i>	458	Capitoli disponibili on-line	
24.9.7 <i>Prodotti ittici</i>	458		
24.9.8 <i>Bevande alcoliche</i>	458	Unità di misura	461
24.10 Dieta e salute	459	Stato gassoso	469
24.11 Diete dimagranti	461		



CAPITOLO 4

Legame chimico

- 
- 4.1 **Molecole**
 - 4.2 **Stabilità degli atomi**
 - 4.3 **Simboli e formule**
 - 4.4 **Rappresentazione della struttura elettronica**
 - 4.5 **Formazione degli ioni**
 - 4.6 **Raggio ionico**
 - 4.7 **Legame ionico**
 - 4.8 **Ioni poliatomici**
 - 4.9 **Nomenclatura**
 - 4.10 **Legame covalente**
 - 4.11 **Legame a ponte di idrogeno**
 - 4.12 **Altri legami deboli**
 - 4.13 **Forza del legame chimico**
 - 4.14 **Risonanza**
 - 4.15 **Peso molecolare**
 - 4.16 **Mole**

4.1 Molecole

Una **molecola** si forma dalla combinazione di due o più atomi. Questi atomi possono essere dello stesso elemento come nel caso della molecola dell'ossigeno (O_2) o di elementi diversi come nel caso dell'acido cloridrico (HCl). Una molecola più complessa è quella del glucosio, $C_6H_{12}O_6$. Che cosa mantiene uniti gli atomi in una molecola? Gli atomi in una molecola sono uniti da legami chimici.

4.2 Stabilità degli atomi

Regola dell'ottetto

Molti atomi sono stabili (non reattivi) quando il loro livello energetico più esterno è completo, cioè riempito con otto elettroni. I gas nobili neon, argon, cripton, xenon e radon, avendo otto elettroni nel livello più esterno, sono stabili. L'eccezione a questa regola, definita **regola dell'ottetto**, è rappresentata dal gas nobile più leggero, l'elio, il quale è stabile, anche se nel livello più esterno ha solo due elettroni. Ciò dipende dal fatto che il primo livello energetico può contenere solo due elettroni.

Gli atomi che non hanno nello strato più esterno otto elettroni possono perdere, acquistare o scambiare i loro elettroni di valenza con altri atomi in modo da raggiungere una configurazione elettronica più stabile cui è associata una minore energia (potenziale). Il processo del riarrangiamento degli elettroni determina il comportamento degli atomi nelle reazioni chimiche.

4.3 Simboli e formule

Formula chimica

Il **simbolo** non solo identifica un determinato elemento, ma rappresenta anche un atomo dell'elemento. Così il simbolo Ca serve a designare l'elemento calcio e anche un atomo di calcio (il numero 1 è sottinteso e, quindi, non viene scritto). Due atomi di calcio sono rappresentati da 2 Ca.

La **formula chimica** indica gli elementi presenti in un composto. Così la formula NaCl indica che il composto cloruro di sodio è formato da un atomo di sodio (Na) e un atomo di cloro (Cl).

Se nella formula del composto è presente più di un atomo dello stesso elemento, questo viene rappresentato con un pedice numerico che serve ad indicare quanti atomi di quell'elemento sono presenti. Nel composto H_2CO_3 (acido carbonico) sono presenti due atomi di idrogeno (H), un atomo di carbonio (C) e tre atomi di ossigeno (O).

Per rappresentare più di una molecola di una sostanza si utilizza un numero (**coefficiente**) posto davanti alla formula della molecola. Ad esempio, 2 H_2CO_3 rappresenta due molecole di acido carbonico.

La formula O_2 rappresenta una molecola di ossigeno (1 viene omesso perché sottinteso). Questa molecola è formata da due atomi di ossigeno. La formula H_2 indica una molecola di idrogeno formata da due atomi di idrogeno. Sia O_2 che H_2 sono **molecole biatomiche**.

Vi sono anche molecole **monoatomiche**, cioè formate da un solo atomo, come ad esempio i gas nobili neon (Ne) e argon (Ar). Altre molecole, come quella dello zolfo (S_8), contengono diversi atomi e quindi vengono definite **poliatomiche**.

Bisogna fare attenzione a distinguere 2 O da O_2 . Il primo esempio (2 O) rappresenta due atomi di ossigeno che non sono combinati, essi cioè sono atomi separati e indipendenti tra loro; O_2 rappresenta invece una molecola di ossigeno formata da due atomi di ossigeno legati tra loro con legami covalenti. Due molecole di ossigeno sono rappresentate da 2 O_2 .

4.4 Rappresentazione della struttura elettronica

La rappresentazione della struttura elettronica mediante punti (**struttura di Lewis**) è un metodo abbreviato per rappresentare la struttura elettronica di un atomo. In questo metodo, il nucleo e tutti i livelli energetici di un elemento, ad eccezione dell'ultimo livello, sono rappresentati dal simbolo dell'elemento.

Gli **elettroni di valenza** (elettroni dello strato esterno) sono invece rappresentati da punti. Per esempio, il sodio (simbolo Na, numero atomico 11) ha 11 elettroni che sono così distribuiti: 2 nel primo livello energetico, 8 nel secondo livello e 1 nel terzo livello (cioè il livello energetico più esterno). La struttura di Lewis del sodio è: $\text{Na}\cdot$. Il punto rappresenta l'elettrone di valenza, il simbolo Na rappresenta il nucleo del sodio e gli altri elettroni. Il carbonio, numero atomico 6, ha due elettroni nel primo livello e 4 nel secondo livello. La rappresentazione del carbonio è:



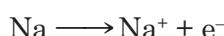
Elettroni di valenza

4.5 Formazione degli ioni

La Figura 4.1 mostra la rappresentazione della struttura elettronica mediante punti degli elementi dei primi tre periodi della tavola periodica.

Si consideri l'atomo di sodio. Se il sodio perde l'elettrone più esterno, la sua struttura elettronica sarà identica a quella dei gas nobili, con otto elettroni nel livello energetico più esterno, che è caratterizzata da una grande stabilità.

Quando un atomo di sodio cede un elettrone, diventa una particella carica positivamente detta ione sodio. La reazione può essere scritta come:



dove il segno positivo indica una carica uguale a +1 (il numero 1 è sottinteso e pertanto non viene scritto). La carica dello ione sodio risulta essere positiva in quanto il sodio ha 11 protoni nel nucleo, ma 10 elettroni al di fuori del nucleo.

L'atomo di alluminio, che ha 2 elettroni nel primo livello energetico, 8 nel secondo e 3 nel terzo (livello più esterno), perde i tre elettroni di valenza per formare lo ione alluminio, il quale avrà una carica +3 (che viene rappresentata in alto a destra del simbolo con 3+).

Gli elementi che hanno sei o sette elettroni nel livello più esterno tendono ad acquistare elettroni per raggiungere la configurazione elettronica con otto elettroni esterni.

¹ H·																		
³ Li·	⁴ Be:	⁵ B:	⁶ C:	⁷ N:	⁸ O:	⁹ F:	¹⁰ Ne:											
¹¹ Na·	¹² Mg:	¹³ Al	¹⁴ Si	¹⁵ P	¹⁶ S	¹⁷ Cl	¹⁸ Ar											

■ FIGURA 4.1

Rappresentazione della struttura elettronica mediante punti dei primi 18 elementi della tavola periodica.

Si consideri il cloro, che ha rispettivamente 2, 8 e 7 elettroni nel primo, secondo e terzo livello. L'atomo di cloro tende ad acquistare un elettrone per completare il livello energetico più esterno con otto elettroni e raggiungere quindi la struttura stabile dei gas nobili. L'atomo di cloro formerà così lo ione cloruro:



Tale ione, avendo un elettrone in più rispetto all'atomo di cloro, acquisterà una carica -1 . Anche in questo caso il valore numerico 1 è sottinteso e quindi non viene scritto.

Un atomo che ha ceduto o acquistato elettroni nel suo livello energetico più esterno diventa uno **ione**. Uno ione formato da un metallo avrà una carica positiva pari al numero di elettroni ceduti, uno ione formato da un non metallo avrà una carica negativa uguale al numero di elettroni acquistati.

Gli ioni positivi, in soluzione, sono attratti da un elettrodo negativo chiamato catodo; pertanto gli ioni positivi sono anche chiamati genericamente **cationi**. Analogamente, gli ioni negativi sono attratti da un elettrodo positivo detto anodo, per cui essi sono chiamati genericamente **anioni**. I cationi più comuni presenti nei liquidi biologici sono lo ione sodio, Na^+ , lo ione potassio, K^+ , e lo ione calcio, Ca^{2+} . L'anione più abbondante è lo ione cloruro, Cl^- .

4.6 Raggio ionico

Quando l'atomo di un metallo perde un elettrone (o più elettroni), la carica nucleare positiva risulta maggiore della carica degli elettroni circostanti; ne segue che il nucleo attrarrà maggiormente verso di sé gli elettroni, con conseguente diminuzione del raggio atomico. Per i cationi, quindi, il raggio ionico è minore del raggio atomico.

Quando un atomo acquista un elettrone (o più elettroni), la carica positiva del nucleo risulta inferiore alla carica negativa degli elettroni, pertanto il nucleo non potrà attrarre gli elettroni con la stessa intensità di prima; quindi, per gli anioni il raggio ionico risulta maggiore del raggio atomico.

La Figura 4.2 riporta il raggio relativo di diversi atomi e dei corrispondenti ioni.

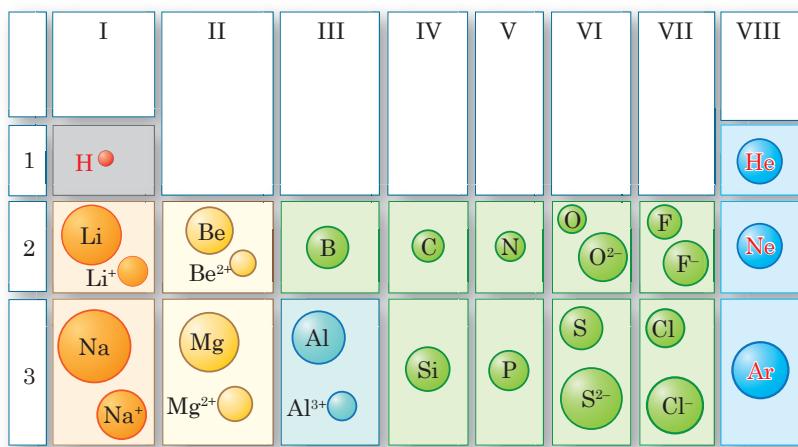


FIGURA 4.2

Raggio atomico e raggio ionico relativi ad alcuni elementi.

23.2 Muscolo scheletrico

Il muscolo è un trasformatore di energia, in quanto trasforma energia chimica in energia meccanica. Esistono più di 600 muscoli nel corpo umano. Il muscolo scheletrico è formato da fibre muscolari striate scheletriche (**miofibre scheletriche**). I nuclei della miofibra scheletrica sono localizzati in zone periferiche del citoplasma, o **sarcoplasma**, addossati alla membrana plasmatica, o **sarcolemma**. Il sarcolemma è rivestito esternamente dalla membrana basale, il tessuto connettivo che, nei muscoli, prende il nome di **endomisio**, costituito da collagene e glicoproteine. Gruppi di circa 150 miofibre sono circondati dal **perimisio**, costituendo un fascicolo. Infine, l'**epimisio** è una robusta fascia muscolare che circonda il muscolo e si continua nel tendine, che collega il muscolo all'osso. L'inserzione tendinea è molto robusta poiché il tendine si fonde con il periostio. Il tendine è formato prevalentemente da collagene che gli conferisce la ben nota solidità; infatti, è molto resistente alla trazione (oltre 500 kg) e poco elastico (allungamento massimo pari al 5% della sua lunghezza) (Fig. 23.1a).

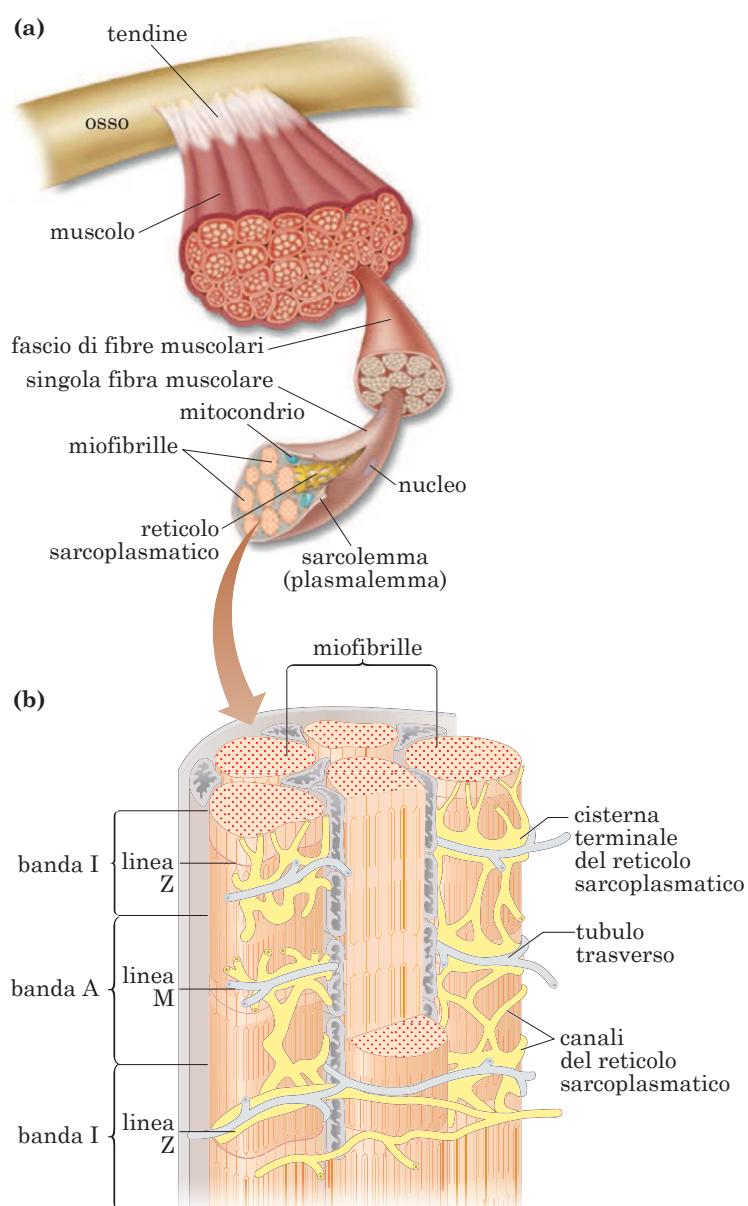
L'endomisio è percorso da vasi sanguini, attraverso cui arrivano alla cellula l'ossigeno, i fattori di crescita e le sostanze nutritizie. Inoltre, è percorso dalle fibre nervose dei motoneuroni, che in esso formano la **giunzione neuromuscolare**. Le terminazioni sinaptiche che si dipartono dagli assoni dei motoneuroni innervano una o più miofibre in zone chiamate **placche motrici**.

Si definisce **unità motoria** l'insieme di un motoneurone e delle miofibre innervate dai suoi prolungamenti. La dimensione dell'unità motoria definisce il grado di finezza del controllo. Maggiore è il numero di fibre, minore è la finezza del movimento e viceversa. È chiaro, invece, che maggiore è la forza richiesta, maggiore sarà il numero di unità motorie reclutate.

Ogni miofibra contiene un citoscheletro formato da filamenti proteici detti **miofibrille**, che sono disposti in parallelo tra loro e sono circondati dal citoplasma (sarcoplasma), dove sono presenti gli organelli citoplasmatici. Le miofibrille sono avvolte dal reticolo endoplasmatico, che prende il nome di **reticolo sarcoplasmatico**. Questa struttura è la sede di accumulo di ioni Ca^{2+} e sovraintende al loro rilascio nel sarcoplasma e al loro riassorbimento. Il reticolo sarcoplasmatico è costituito da una struttura membranosa, organizzata in cisterne longitudinali, che rivestono esternamente le singole miofibrille e terminano nel **sistema tubulare trasverso**, distribuito in prossimità della parte centrale del sarcomero. In questa zona, il reticolo prende contatto con invaginazioni del sarcolemma all'interno del sarcoplasma chiamate **tubuli T**. Il tubulo T è affiancato, a destra e a sinistra, dalle estremità allargate delle cisterne del reticolo sarcoplasmatico, dette **cisterne terminali**. Il tubulo T e le cisterne terminali formano la **triade** (Fig. 23.1b).

**Giunzione
neuromuscolare**

Miofibrille

**FIGURA 23.1**

Rappresentazione schematica di un muscolo (a) e di un fascio di sei miofibrille (b).

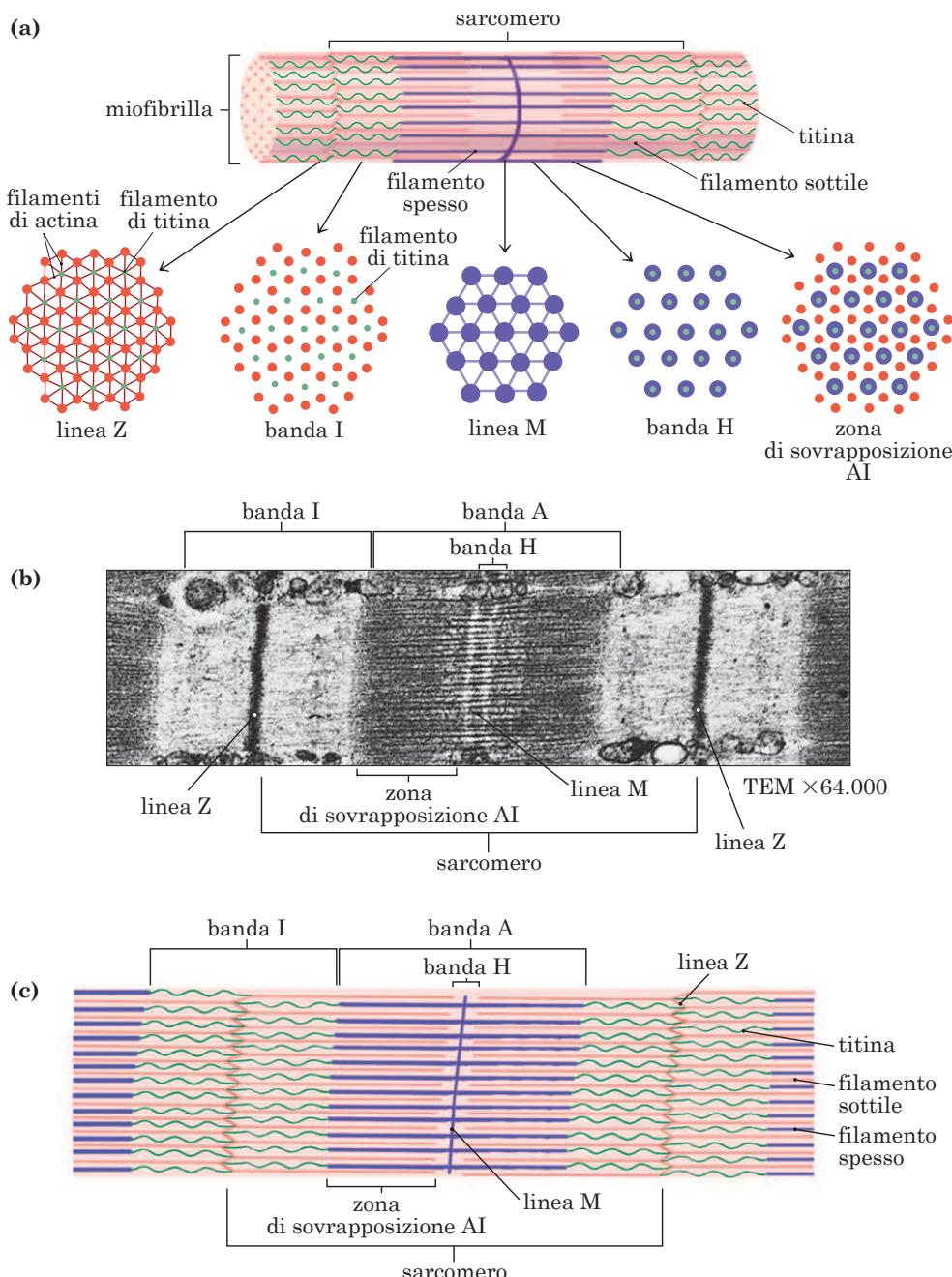
23.2.1 Organizzazione del sistema contrattile

Se si osserva una miofibrilla al microscopio ottico, essa mostra una caratteristica striatura trasversale dovuta al succedersi di bande chiare e scure; è proprio questo alternarsi di strie ben visibile che ha fatto denominare questo particolare tipo di muscolo “striato”.

La banda scura è birifrangente ed è detta **banda A** (anisotropa), mentre la banda chiara è meno birifrangente ed è detta **banda I** (isotropa). Nella banda A si riconoscono due parti: i filamenti spessi e i filamenti sottili, con questi ultimi che si estendono dalla banda I, si sovrappongono a una parte dei filamenti spessi e terminano in corrispondenza della **zona centrale** o **banda H**. La banda I, costituita da filamenti sottili, è divisa a metà da una struttura detta **linea Z**, che

mantiene tali filamenti paralleli e uniti. La banda A è attraversata dalla **linea M**. L'unità ripetitiva compresa tra due linee Z è chiamata **sarcomero** (Fig. 23.2). Una miofibrilla è formata mediamente da circa 10.000 sarcomeri, che durante la contrazione subiscono un accorciamento che va dal 25% al 50%.

Sarcomero



■ FIGURA 23.2

Struttura della miofibrilla e del sarcomero. **(a)** In ogni sarcomero si distribuiscono filamenti spessi alternati a filamenti sottili. Sono rappresentate, inoltre, le sezioni trasversali di differenti porzioni del sarcomero: le frecce mostrano le relazioni strutturali tra i filamenti spessi e sottili nella zona di sovrapposizione, o zona AI, e tra filamenti spessi e sottili e altre proteine del sarcomero (titina) in banda H, linea M, banda I e linea Z. **(b)** Microfotografia elettronica di un singolo sarcomero. **(c)** Rappresentazione schematica di una sezione longitudinale del sarcomero.

Proteine del sarcomero e loro organizzazione in miofibrille

Nelle miofibrille, costituite da sarcomeri, è presente circa il 60% delle proteine sintetizzate da una miofibra, appartenenti a tre classi distinte: proteine contrattili (**miosina** e **actina**), proteine regolatrici (**troponina** e **tropomiosina**) e proteine strutturali (**titina**, **CapZ**, **nebulina**, **α -actinina**, **miomesina**, ecc.). Queste proteine danno origine a strutture sovramolecolari chiamate **filamenti spessi** e **filamenti sottili**.

Filamenti spessi – Un filamento spesso è costituito da circa 400 molecole di

Miosina

miosina e da altre proteine associate (es. miomesina). La **miosina** (PM 470 kDa) appartiene a una superfamiglia di proteine comprendente circa 18 classi, 10 delle quali sono espresse nell'uomo a diversi livelli in molti tessuti. La miosina coinvolta nella contrazione è detta miosina convenzionale o di tipo II (Fig. 23.3a).

La miosina è costituita da due catene pesanti (circa 200 kDa) aventi sequenza identica e da due coppie di catene leggere (da 15 a 27 kDa) che differiscono per dimensioni in relazione al tipo di muscolo. Le catene pesanti di una molecola di miosina si avvolgono l'una sull'altra originando un dominio a doppia elica (coda), mentre all'estremità N-terminale formano due regioni globulari (teste), alle quali sono associate le catene leggere. La testa della miosina si può dividere in due regioni: il collo, in continuità con la coda, e il domino motore, dove ha sede l'attività ATPasica e vi sono i siti di interazione con l'actina. A livello del collo si associano le catene leggere con funzioni regolatrici e stabilizzatrici, mentre all'interno del collo è collocato uno degli snodi o cerniere di ripiegamento della molecola.

Le molecole di miosina sono orientate in direzione opposta nelle due metà del filamento spesso, con le code che si affrontano nella zona centrale. Le teste nel miofilamento sono disposte verso l'esterno ad intervalli regolari e ogni coppia di teste è spostata di un terzo di giro rispetto alla precedente. La zona centrale del filamento spesso risulta priva di teste ed è formata solo da code; nel punto in cui le miosine si incontrano coda-coda è presente la **miomesina**, che delinea la linea M.

Filamenti sottili – Un filamento sottile è costituito da una doppia elica di monomeri di actina globulare (G-actina) e dalle proteine di regolazione **tropomiosina** e **troponina**, che sono presenti in rapporto molare di 1:1 nel muscolo scheletrico e cardiaco. L'**actina** è una proteina idrofilica e globulare (43 kDa) la cui polimerizzazione porta alla formazione di microfilamenti di F-actina, composti da due catene parallele lineari avvolte l'una sull'altra ad elica. Nelle cellule muscolari i microfilamenti di F-actina costituiscono i miofilamenti sottili; le estremità di questi filamenti sono protette da due proteine: **CapZ**, inserita nella linea Z, dove interagisce con l' **α -actinina** che ha la funzione di tenere "spaziate" le molecole di actina, e la **tropomodulina**. Queste due proteine stabilizzano il microfilamento e bloccano l'eccessivo allungamento o accorciamento dei filamenti sottili.

Actina

La **tropomiosina** (66 kDa) è una molecola allungata costituita da due catene polipeptidiche avvolte a α -elica che si dispongono sui filamenti di F-actina. È coinvolta nel meccanismo di regolazione della contrazione: essa è localizzata nel solco della doppia elica di F-actina per mascherare e, alternativamente, esporre i siti di legame con le teste di miosina.

Tropomiosina

M. Bertoldi • D. Colombo • F. Magni • O. Marin • P. Palestini

Chimica e Biochimica

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



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