



Semestre Filtro
2026-2027

F.A. Bettelheim

Chimica e Propedeutica Biochimica

Manuale conforme al Syllabus
per il semestre filtro 2026-2027

IV Edizione



Eddie

l'assistente virtuale
per sintesi e quiz



**APP EXAM
MANAGER**

con migliaia
di quiz di Chimica



Versione **Ebook**


EdiSES
EDIZIONI



Accedi all'ebook e ai contenuti digitali

Espandi le tue risorse

un libro che **non pesa**
e si **adatta** alle dimensioni
del **tuo lettore!**



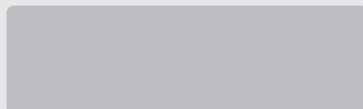
COLLEGATI AL SITO
EDISES.IT

ACCEDI AL
MATERIALE DIDATTICO

SEGUI LE
ISTRUZIONI

Utilizza il codice personale contenuto nel riquadro per registrarti al sito **edises.it** e attiva la tua **area riservata**. Potrai accedere alla **versione digitale** del testo e a ulteriore **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 **edises.it**
- attendi l'email di conferma per perfezionare la registrazione
- torna sul sito **edises.it** e segui la procedura già descritta per *utenti registrati*



Ulteriori materiali e strumenti didattici sono accessibili dalla propria **area riservata** secondo la procedura indicata nel frontespizio.

Dalla sezione **materiali e servizi** della tua area riservata potrai accedere a:

- **Ebook:** versione digitale del testo in formato epub, standard dinamico che organizza il flusso di testo in base al dispositivo sul quale viene visualizzato. Fruibile mediante l'applicazione gratuita BookShelf, consente una visualizzazione ottimale su lettori e-reader, tablet, smartphone, iphone, desktop, Android, Apple e Kindle Fire. Sono qui forniti anche tutti i contenuti QR.
- **Exam Manager:** simulatore da desktop che riproduce le modalità di svolgimento delle prove di esame del semestre filtro (domande a risposta multipla e a completamento, tempi e punteggi previsti) e App da scaricare con migliaia di quiz a risposta multipla per esercitarti dal tuo smartphone.
- **Tavola periodica interattiva:** tavola periodica che consente di conoscere in dettaglio le proprietà degli elementi con un clic.
- **Modelli molecolari interattivi:** libreria interattiva che permette di visualizzare e interagire con i modelli 3D delle molecole.
- **Risorse digitali integrate:** QR code per contenuti online supplementari. Lungo le pagine del testo sono presenti QR code che consentono di accedere a contenuti digitali di approfondimento. È sufficiente inquadrare con uno smartphone o un tablet il codice QR riportato nella pagina cartacea per visualizzare immediatamente il materiale correlato. Potrai accedere a tali contenuti inserendo le tue credenziali solo al primo accesso (Login).

L'accesso ai contenuti digitali sarà consentito per **18 mesi**.



Eddie, l'Assistente virtuale per uno studio su misura

Un percorso guidato, chiaro ed efficace

Eddie, l'Assistente virtuale basato sull'Intelligenza Artificiale, utilizza esclusivamente la **Knowledge base** del manuale per un supporto affidabile e mirato, adattando lo studio ai tuoi tempi e obiettivi



Mappe concettuali



Sintesi dell'argomento



Definizioni chiave



Quiz a risposta multipla



Domande a completamento



Flashcard

**PER ORGANIZZARE,
CAPIRE E RIPASSARE SUBITO**

**PER FISSARE
I CONCETTI IMPORTANTI**

**PER MISURARE I TUOI
PROGRESSI**



Per consultare Eddie, inquadra il **QR CODE** all'inizio di ogni capitolo



Eddie, l'Assistente virtuale per uno studio su misura

Eddie, l'Assistente virtuale basato sull'Intelligenza Artificiale, è progettato per accompagnarti in ogni fase della preparazione, adattando lo studio ai tuoi tempi, ai tuoi obiettivi e al tuo livello di partenza. Eddie utilizza esclusivamente la **knowledge base del manuale**, capitolo per capitolo, per offrirti un supporto affidabile, coerente e mirato.

Per ogni capitolo puoi:

- > **consultare una mappa concettuale**, per organizzare e velocizzare l'apprendimento;
- > **ottenere una sintesi chiara ed efficace**, ideale sia per una prima lettura sia per il ripasso;
- > **verificare la preparazione** con test a risposta multipla, domande a completamento e flashcard, utili per misurare i progressi e individuare eventuali lacune;
- > **consultare le definizioni chiave**, per fissare i concetti fondamentali richiesti nelle prove d'esame.

Eddie ti aiuta innanzitutto a **personalizzare il metodo di studio**, permettendo di scegliere il percorso più adatto alle tue esigenze:

- > **Approccio sequenziale**: lo studio segue rigorosamente l'ordine dei capitoli del manuale. È indicato per chi parte da zero o desidera una preparazione sistematica e completa.
- > **Approccio strategico**: dà priorità agli argomenti con maggiore peso, concentrando l'impegno su quanto è più presumibile costituisca oggetto della prova d'esame.
- > **Approccio diagnostico**: si parte dai quiz per individuare punti di forza e aree di miglioramento. In base ai risultati, lo studio viene orientato verso i capitoli meno consolidati, evitando ripassi inutili e rendendo la preparazione più efficiente.

Nella **fase di perfezionamento finale**, in prossimità della prova d'esame, il **software di simulazione** abbinato al volume consente di svolgere prove complete, individuare i punti critici e concentrare l'attenzione sugli argomenti che richiedono un ultimo intervento di rinforzo.

In questo modo, **Eddie e il software di simulazione** diventano strumenti di orientamento intelligente che non sostituiscono il manuale, ma ne valorizzano i contenuti, aiutandoti a studiare in modo più mirato, consapevole ed efficace.

Chimica e Propedeutica Biochimica

IV EDIZIONE

Manuale conforme al Syllabus
per il semestre filtro 2026-2027

FREDERICK A. BETTELHEIM

WILLIAM H. BROWN

Beloit College

MARY K. CAMPBELL

SHAWN O. FARRELL

OMAR J. TORRES

College of the Canyons

SARA MADSEN

South Dakota State University

Titolo originale:

F.A. Bettelheim, W.H. Brown, M.K. Campbell, S.O. Farrell, O.J. Torres, S.K. Madsen

Introduction to General, Organic, and Biochemistry – XII Edition

Copyright © 2020, 2016, Cengage Learning, Inc.

Chimica e Propedeutica Biochimica - IV Edizione

Manuale conforme al Syllabus per il semestre filtro 2026-2027

Copyright © 2026 EdiSES Edizioni S.r.l. – Napoli

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
2030 2029 2028 2027 2026

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 parte di esso con qualsiasi mezzo.

L'Editore

Fotocomposizione

Fotocomposizione TPM S.a.s - Città di Castello (PG)

Stampato presso

A.C.M. S.p.A. – Via dei velaioi 7, Torre del Greco (NA)

per conto della

EdiSES Edizioni S.r.l. – Piazza Dante, 89 - Napoli

www.edises.it

assistenza.edises.it

ISBN 978 88 3623 263 5

I curatori, l'editore e tutti coloro in qualche modo coinvolti nella preparazione o pubblicazione di quest'opera hanno posto il massimo impegno per garantire che le informazioni ivi contenute siano corrette, compatibilmente con le conoscenze disponibili al momento della stampa; essi, tuttavia, non possono essere ritenuti responsabili dei risultati dell'utilizzo di tali informazioni e restano a disposizione per integrare la citazione delle fonti, qualora incompleta o imprecisa.

Realizzare un libro è un'operazione complessa e, nonostante la cura e l'attenzione poste dagli autori e da tutti gli addetti coinvolti nella lavorazione dei testi, l'esperienza ci insegna che è praticamente impossibile pubblicare un volume privo di imprecisioni. Saremo grati ai lettori che vorranno inviarci le loro segnalazioni e/o suggerimenti migliorativi sulla piattaforma assistenza.edises.it.

Autori

Edizione italiana a cura di:

Mariarita Bertoldi, Università degli Studi di Verona

Daniela Capello, Università degli Studi del Piemonte Orientale “Amedeo Avogadro”

Davide Chiasserini, Università degli Studi di Perugia

Nunzia D’Onofrio, Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli

Fabrizio Dal Piaz, Università degli Studi di Salerno

Gianluca Damonte, Università degli Studi di Genova

Elena Ferrari, Università degli Studi di Parma

Federica Iavarone, Università Cattolica del Sacro Cuore

Annalisa Lamberti, Università degli Studi di Napoli Federico II

Oriano Marin, Università degli Studi di Padova

Vincenzo Giuseppe Nicoletti, Università di Catania

Giuseppe Paglia, Università degli Studi di Milano-Bicocca

Gianpiero Pietrocola, Università di Pavia

Carlo Travaglini Allocatelli, Sapienza Università di Roma

Simona Viglio, Università di Pavia

Revisione a cura di:

Maria Luisa Balestrieri, Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli

Prefazione

Dopo il consenso e la diffusione della passata edizione, legata alla prima applicazione del semestre filtro, l'opera *Chimica e Propedeutica biochimica* si rinnova. La nuova edizione garantisce allo studente uno strumento ancora più completo, aggiornato e didatticamente efficace, perfettamente allineato al nuovo *syllabus* ministeriale.

Il manuale copre infatti integralmente i contenuti del nuovo programma e costituisce un supporto sicuro, anche in considerazione dei tanti servizi correlati, per la preparazione all'esame di chimica e propedeutica biochimica.

Pensato per studenti con una preparazione iniziale limitata, il testo accompagna il lettore in un percorso graduale e integrato, dai principi fondamentali della chimica generale, attraverso i concetti chiave della chimica organica, fino a raggiungere i contenuti avanzati della biochimica. Questo approccio progressivo si traduce in una struttura flessibile, che consente ai docenti di modulare la trattazione degli argomenti secondo le specifiche esigenze didattiche del corso.

L'opera si distingue per l'efficacia comunicativa e la ricchezza degli apparati didattici. Particolare attenzione è riservata alla visualizzazione dei concetti, grazie a un'iconografia chiara e funzionale, che include immagini microscopiche, schemi didattici e rappresentazioni tridimensionali. I collegamenti alla chimica, i richiami interdisciplinari e i numerosi esempi di natura biomedica, previsti dal nuovo *syllabus*, arricchiscono ulteriormente la trattazione, evidenziando l'applicazione concreta dei concetti teorici nella realtà clinica e biologica.

Gli argomenti, oggi centrali nella formazione preclinica, sono presentati con rigore e chiarezza, e arricchiscono significativamente la preparazione degli studenti, offrendo una base solida per la comprensione dei processi biochimici e fisiologici complessi. Contestualmente, gli argomenti non previsti dal *syllabus* sono stati spostati *online*, in un'ottica di snellimento e aggiornamento dell'opera.

Inoltre, i capitoli di biochimica sono stati ampliati e aggiornati, con contenuti fondamentali per la comprensione delle basi molecolari della fisiologia e della patologia, rendendo il volume una risorsa completa per affrontare con competenza sia l'esame del semestre filtro sia le discipline cliniche successive.

Caratteristiche del testo

- **Strategie per risolvere i problemi** Negli esempi riportati nel testo è inclusa una spiegazione per arrivare alla soluzione. Tali strategie hanno il compito di suggerire agli studenti come utilizzare i dati forniti per risolvere il problema.
- **Impatto visivo** Nel testo sono presenti immagini di notevole impatto pedagogico. Esse includono, tra l'altro, figure che mostrano aspetti microscopici e macroscopici dell'argomento discusso. I Collegamenti alla chimica sono arricchiti con foto e illustrazioni.
- **Collegamenti alla chimica** Oltre 150 inserti descrivono le applicazioni dei concetti chimici, collegando la chimica alla realtà. Sono stati aggiunti molti nuovi box riguardanti differenti argomenti. La maggior parte dei box è accessibile tramite QR code.
- **Sommario delle reazioni chiave.** Nella maggior parte dei capitoli di Chimica organica (13-23) è presente un sommario delle reazioni trattate nel capitolo, con l'indicazione della sezione in cui sono spiegate e un esempio di ciascuna reazione. Accessibile tramite QR code.

- **Sommario** Il sommario, accessibile tramite QR code, ripercorre i concetti essenziali contenuti nel capitolo.
- **I problemi “Guardando avanti”** Nella Sezione Problemi, accessibile tramite QR code, della maggior parte dei capitoli sono presenti problemi che mostrano come applicare i principi introdotti nel capitolo agli argomenti trattati nei capitoli seguenti.
- **Ricapitolando e Problemi impegnativi** Nella Sezione Problemi, accessibile tramite QR code, della maggior parte dei capitoli sono presenti problemi di ricapitolazione e problemi di verifica su quanto appreso.
- **Box “Come fare...”** Nel testo sono presenti dei box allo scopo di enfatizzare le abilità necessarie per padroneggiare gli argomenti trattati. Essi includono argomenti quali “Come determinare la quantità di cifre significative in un numero” (Capitolo 1) e “Come interpretare il valore della costante di equilibrio, K ” (Capitolo 8).
- **Modelli molecolari** Modelli a sfere e bastoncini, modelli a spazio pieno e mappe della densità elettronica sono utilizzati nel testo per facilitare la comprensione delle proprietà molecolari e delle interazioni.
- **Risposte ad alcuni problemi presenti nel testo e ai problemi di numero dispari** Le risposte a problemi selezionati sono accessibili tramite QR code.
- **Glossario** Il glossario, accessibile tramite QR code, fornisce la definizione dei principali termini utilizzati nel testo.

Indice dei contenuti

Chimica generale

CAPITOLO 1	Materia, energia e sistemi di misura	1
CAPITOLO 2	Struttura dell'atomo e tavola periodica degli elementi	25
CAPITOLO 3	I legami chimici e molecolari	57
CAPITOLO 4	Reazioni chimiche	95
CAPITOLO 5	Stati di aggregazione della materia	121
CAPITOLO 6	Miscela, soluzioni e proprietà colligative	153
CAPITOLO 7	Cinetica chimica	187
CAPITOLO 8	Equilibrio chimico	213
CAPITOLO 9	Principi di termodinamica e principi di bioenergetica	243
CAPITOLO 10	Acidi, basi, sali e pH. Soluzioni tampone	265
CAPITOLO 11	Reazioni di ossido-riduzione ed elettrochimica	301
CAPITOLO 12	Chimica nucleare	333

Chimica organica

CAPITOLO 13	Proprietà del carbonio e reattività dei composti organici	357
CAPITOLO 14	Idrocarburi: alcani e cicloalcani	383
CAPITOLO 15	Idrocarburi: alcheni e alchini	409
CAPITOLO 16	Alogenuri alchilici	433
CAPITOLO 17	Idrocarburi aromatici e derivati	455
CAPITOLO 18	Stereoisomeria e configurazione molecolare	485
CAPITOLO 19	Alcoli, eteri, tioli e tioeteri	507

CAPITOLO 20	Ammine	527
CAPITOLO 21	Aldeidi e chetoni	541
CAPITOLO 22	Acidi carbossilici	561
CAPITOLO 23	Alogenuri acilici, anidridi degli acidi carbossilici, esteri, ammidi e acil fosfati	577

Biochimica

CAPITOLO 24	Carboidrati	597
CAPITOLO 25	Lipidi	619
CAPITOLO 26	Amminoacidi e proteine	647
CAPITOLO 27	Nucleotidi, acidi nucleici ed ereditarietà	681
CAPITOLO 28	Enzimi	
CAPITOLO 29	La comunicazione chimica: neurotrasmettitori e ormoni	

Indice generale

I contenuti evidenziati con il retino verde sono consultabili scansionando il corrispondente QRcode.



CAPITOLO 1 Materia, energia e sistemi di misura

1.1	La chimica e lo studio della materia	1
1.2	Il metodo scientifico	2
1.3	Modalità di scrittura dei numeri in ambito scientifico	4
1.4	Eseguire le misure	7
A.	Lunghezza	8
B.	Volume	9
C.	Massa	9
D.	Tempo	10
E.	Temperatura	11
1.5	Convertire le unità di misura	12
1.6	Gli stati della materia	16
1.7	La densità e il peso specifico	17
A.	Densità	17
B.	Peso specifico	19
1.8	Le diverse forme di energia	19
1.9	Il calore	21
A.	Calore e temperatura	21
B.	Calore specifico	21

Sommario

Problemi

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA

1A	Il dosaggio dei farmaci e la massa corporea
1B	Ipotermia e ipertermia
1C	Impacchi freddi, letti ad acqua e laghi

CAPITOLO 2 Struttura dell'atomo e tavola periodica degli elementi

2.1	La costituzione della materia	25
2.2	Elementi, composti e miscele	26
A.	Elementi	26
B.	Composti	26
C.	Miscele	28
D.	Elementi chimici di rilevanza biologica	29
2.3	I fondamenti della teoria atomica di Dalton	30

A.	Evidenze della teoria atomica di Dalton	30
A1.	La legge di conservazione della massa	30
A2.	La legge della composizione costante (legge delle proporzioni definite e costanti)	31
B.	Elementi monoatomici, biatomici e poliatomici	31
2.4	La composizione degli atomi	32
A.	Tre particelle subatomiche	32
B.	Numero di massa	33
C.	Numero atomico	33
D.	Isotopi	35
E.	Massa atomica o peso atomico	36
F.	La massa e le dimensioni di un atomo	37
2.5	La tavola periodica	37
A.	Origine del sistema periodico	37
B.	Classificazione degli elementi	39
C.	Esempi di periodicità nella tavola periodica	40
2.6	La configurazione elettronica	42
A.	Gli elettroni sono distribuiti in gusci, sottogusci e orbitali	43
B.	Gli orbitali hanno forme e orientamento spaziale ben definiti	44
C.	La configurazione elettronica degli atomi segue tre regole	44
D.	Descrizione della configurazione elettronica: diagramma a caselle degli orbitali	45
E.	Rappresentazione della configurazione elettronica: la notazione dei gas nobili	48
F.	Rappresentazione della configurazione elettronica: la struttura a puntini di Lewis	48
2.7	Correlazione tra configurazione elettronica e posizione degli elementi nella tavola periodica	50
2.8	Le proprietà periodiche	51
A.	Dimensioni dell'atomo	51

	B. Energia di ionizzazione (potenziale di ionizzazione)	53
	C. Affinità elettronica	54
2.9	I principi della meccanica quantistica. Gli orbitali	55
	A. Come gli elettroni occupano gli orbitali	55
	B. Configurazione elettronica degli elementi con $n > 3$	56

Sommario

Problemi

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA

2A	Abbondanza degli elementi presenti nel corpo umano e sulla crosta terrestre
2B	Stronzio-90
2C	L'uso dei metalli come pietre miliari nell'evoluzione della specie umana

APPROFONDIMENTI

2.1	Alle origini della meccanica quantistica. Il dualismo onda-particella
------------	---

CAPITOLO 3 I legami chimici e molecolari

3.1	La regola dell'ottetto	57
3.2	Nomenclatura IUPAC e tradizionale	59
	A. Nomenclatura dei cationi monoatomici	60
	B. Nomenclatura degli anioni monoatomici	60
	C. Nomenclatura degli anioni poliatomici	61
3.3	Il legame chimico	61
	A. Legame ionico e covalente	61
	A1. Concetto di molecola e ione poliatomico	61
	A2. Determinare il tipo di legame	62
	B. Elettronegatività e legame chimico	62
3.4	Il legame ionico	63
	A. Formazione dei legami ionici	63
	B. Predire le formule dei composti ionici	64
3.5	Nomenclatura dei composti ionici	65
	A. Classificazione dei composti inorganici	65
	B. Composti ionici binari di metalli costituiti da un unico ione positivo	65
	C. Composti ionici binari di metalli che formano più di uno ione positivo	66
	D. Composti ionici che contengono ioni poliatomici	67
3.6	Il legame covalente	68

A.	Come si forma il legame covalente	68
A1.	Orbitale di legame	68
A2.	Distanza ed energia di legame	69
B.	Legami covalenti polari e non polari	70
B1.	Legame covalente omopolare, eteropolare, dativo	70
C.	Le strutture dei composti covalenti secondo Lewis	73
D.	Eccezioni alla regola dell'ottetto	76
3.7	Nomenclatura dei composti covalenti binari e terziari	77
3.8	La risonanza	79
	A. Teoria della risonanza	79
	B. Come scrivere strutture limite accettabili	81
3.9	Teoria VSEPR: come predire gli angoli di legame nelle molecole covalenti	82
3.10	Come determinare se una molecola è polare	87
3.11	La teoria del legame di valenza. Ibridazione degli orbitali	90
3.12	La teoria dell'orbitale molecolare e la delocalizzazione elettronica	92

Sommario

Problemi

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA

3A	Chimica del corallo e fratture ossee	
3B	Principali composti inorganici di interesse biomedico	68
3C	L'ossido di azoto: inquinante atmosferico e messaggero biologico	
3D	Molecole polari e apolari di interesse biologico	89

CAPITOLO 4 Reazioni chimiche

4.1	Reazioni chimiche: definizioni	95
4.2	Bilanciamento delle reazioni	96
4.3	Come predire se gli ioni in soluzione acquosa reagiranno tra loro. Reazioni di precipitazione	100
4.4	Le reazioni di ossido-riduzione	103
4.5	Peso formula e peso molecolare (massa molecolare)	107
4.6	Il concetto di mole, il suo utilizzo per calcolare le relazioni di massa e il numero di Avogadro	108
4.7	Come calcolare le relazioni di massa nelle reazioni chimiche	112
A.	Stechiometria	112

B.	Reagenti limitanti	116
C.	Resa percentuale	117
4.8	Il calore di reazione	119

Sommario

Problemi

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA

4A	Solubilità e deterioramento dei denti
4B	Celle voltaiche
4C	Pacemaker artificiali e reazioni redox

CAPITOLO 5 Stati di aggregazione della materia

5.1	I tre stati della materia	121
5.2	La pressione di un gas	122
5.3	Le leggi che regolano il comportamento dei gas: Boyle, Charles e Gay Lussac	123
A.	La legge di Boyle e la relazione pressione-volume	124
B.	La legge di Charles e la relazione temperatura-volume	125
C.	La legge di Gay-Lussac e la relazione temperatura-pressione	125
5.4	La legge di Avogadro e l'equazione di stato dei gas perfetti	128
5.5	La legge di Dalton delle pressioni parziali	130
5.6	I gas reali e l'equazione di van der Waals	132
5.7	Cenni sulla teoria cinetica dei gas	133
A.	La legge di Maxwell-Boltzmann	133
5.8	Le interazioni deboli: forze attrattive intermolecolari	134
A.	Forze di dispersione di London	135
B.	Interazioni dipolo-dipolo	136
C.	Legame idrogeno	136
D.	Interazioni idrofobiche	137
5.9	Lo stato liquido: il comportamento a livello molecolare	139
A.	Tensione superficiale	140
B.	Pressione (o tensione) di vapore	140
C.	Punto di ebollizione	143
D.	Fattori che influenzano il punto di ebollizione	143
5.10	Lo stato solido: caratteristiche dei vari tipi di solidi	145
5.11	Il cambiamento di fase e i diagrammi di fase	147
A.	La curva di riscaldamento per l'acqua da $H_2O(s)$ a $H_2O(g)$	147

Sommario

Problemi

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA

5A	Esempio di applicazione della legge dei gas alla respirazione	124
5B	Medicina iperbarica	
5C	Misurazione della pressione sanguigna	
5D	Le densità di ghiaccio e acqua	
5E	Diagramma di fase dell'anidride carbonica	150

APPROFONDIMENTI

5.1	Rilevanza dei cambiamenti di stato in medicina: l'evaporazione del sudore e la termoregolazione	152
------------	---	-----

CAPITOLO 6 Miscele, soluzioni e proprietà colligative

6.1	Tipi di miscele	153
6.2	Tipi di soluzioni	154
6.3	Le caratteristiche distintive delle soluzioni	154
6.4	La solubilità e i fattori che la influenzano	155
A.	Interazioni tra solvente e soluto	156
B.	Temperatura	156
C.	Pressione. Legge di Henry	157
6.5	Le unità di misura della concentrazione delle soluzioni	158
A.	Concentrazione percentuale	158
B.	Molarità	159
C.	Frazione molare	160
D.	Diluizioni	163
E.	Parti per milione	165
F.	Molalità	166
6.6	L'acqua come solvente	167
A.	L'acqua e i soluti ionici	168
B.	Solidi idrati	168
C.	Proprietà degli elettroliti	169
D.	L'acqua e i soluti molecolari (composti covalenti)	171
E.	L'acqua all'interno dell'organismo	172
6.7	I colloidi	172
A.	Colloidi liofili e liofobi	174
6.8	Proprietà colligative delle soluzioni	174
A.	Abbassamento della tensione di vapore	175
B.	Abbassamento del punto di congelamento	176
C.	Innalzamento del punto di ebollizione	177
D.	Soluzioni elettrolitiche e fattore correttivo di van't Hoff	178

E.	Cenni sulle soluzioni ideali e non ideali: attività dei soluti e coefficiente di attività	179
F.	Tipi di membrane e passaggio di soluti: diffusione, osmosi e osmolarità	180
G.	Pressione osmotica	180
H.	Soluzioni isotoniche, ipotoniche e ipertoniche	182
I.	Dialisi	183
Sommario		
Problemi		
COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA		
6A	Piogge acide	
6B	Embolia gassosa (o sindrome da decompressione)	
6C	Gli elettroliti nei fluidi biologici: il concetto di equivalente in ambito medico	167
6D	Idrati e inquinamento atmosferico: il degrado di edifici e monumenti	
6E	Emulsioni e agenti emulsionanti	
6F	Osmosi inversa e desalinizzazione	
6G	Emodialisi	
6H	L'aria e la sua composizione. Aria inspirata ed espirata	184
6I	Esempi di soluzioni rilevanti per aspetti biomedici	184
6J	Osmolarità dei liquidi intracellulari ed extracellulari	185
CAPITOLO 7 Cinetica chimica		
7.1	Misurare la velocità delle reazioni	187
7.2	Definizione di cinetica di reazione	188
7.3	Reazioni a più stadi e moleolarità	190
7.4	Collisioni molecolari	191
7.5	Fattori che influenzano la velocità di una reazione	193
A.	La natura dei reagenti	193
B.	La concentrazione	193
C.	La temperatura	195
D.	La presenza di un catalizzatore	196
7.6	Ordine di una reazione	196
A.	Reazioni del primo ordine	197
B.	Reazioni del secondo ordine	199
C.	Reazioni di ordine zero	199
7.7	La legge di Arrhenius e la teoria degli urti efficaci	200
7.8	L'energia di attivazione	203
A.	Energia di attivazione e distribuzione di Maxwell-Boltzmann	205
7.9	La teoria dello stato di transizione	206
7.10	I catalizzatori omogenei ed eterogenei	207
A.	Catalisi omogenea	208
B.	Catalisi eterogenea	209
7.11	Cenni sui catalizzatori biologici: gli enzimi	210
Sommario		
Problemi		
COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA		
7A	Perché la febbre alta è pericolosa	
7B	Cinetica del decadimento radioattivo	
7C	Effetti di un abbassamento della temperatura corporea	
7D	Farmaci a rilascio prolungato	
CAPITOLO 8 Equilibrio chimico		
8.1	Reazioni reversibili e irreversibili	213
8.2	Costante di equilibrio e legge d'azione di massa	215
8.3	Equilibrio chimico omogeneo ed eterogeneo	220
8.4	Differenza tra equilibrio chimico e stato stazionario	222
8.5	Il principio dell'equilibrio mobile o di Le Châtelier	223
A.	Aggiunta di un componente alla reazione	223
B.	Rimozione di un componente della reazione	225
C.	Variazione della pressione	226
D.	Variazione della temperatura	226
E.	L'effetto di un catalizzatore	229
8.6	Quoziente di reazione	229
8.7	Solubilità e prodotto di solubilità	232
8.8	Effetto dello ione comune	238
8.9	Equilibri multipli	239
8.10	Rilevanza degli equilibri chimici nei processi biologici	241
Sommario		
Problemi		
COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA		
8A	Gli occhiali da sole e il principio di Le Châtelier	
8B	Il processo di Haber	
APPROFONDIMENTI		
8.1	Costante di equilibrio e costanti di velocità	

CAPITOLO 9 Principi di termodinamica e principi di bioenergetica

9.1	I sistemi termodinamici	243
9.2	Definizioni delle funzioni di stato	244
A.	Stato standard e grandezze standard	244
9.3	I principi della termodinamica	245
A.	Energia interna, lavoro, calore	245
9.4	Primo principio della termodinamica	247
9.5	Entalpia	249
A.	Entalpia standard di formazione e variazione di entalpia standard di reazione	250
9.6	Trasformazioni esotermiche ed endotermiche (cambiamenti di stato)	251
9.7	Trasformazioni reversibili ed irreversibili (esoergoniche, endoergoniche)	252
9.8	Entropia e secondo principio della termodinamica	255
A.	Interpretazione molecolare dell'entropia: l'equazione di Boltzmann	256
9.9	Terzo principio della termodinamica e variazione di entropia di reazione	257
9.10	Energia libera di Gibbs	258
A.	Relazione tra energia libera, quoziente di reazione e costante di equilibrio	259
9.11	Energia libera ed equilibrio chimico	260
9.12	Principi di bioenergetica nei sistemi biologici	262
A.	L'ATP come principale valuta energetica della cellula	262
B.	Accoppiamento energetico	262
C.	Energia libera, spontaneità ed equilibrio nei sistemi aperti	263
D.	Conclusioni	263

Sommario

Problemi

APPROFONDIMENTI

9.1	Il lavoro di espansione	244
9.2	La legge di Hess	244

CAPITOLO 10 Acidi, basi, sali e pH. Soluzioni tampone

10.1	Gli acidi e le basi	265
10.2	Forza degli acidi e delle basi	267

10.3	Reazioni acido-base e coppie acido-base coniugate secondo Brønsted-Lowry	268
A.	La teoria di Brønsted-Lowry	268
B.	Relazione tra la struttura chimica e la forza degli acidi	271
10.4	Il punto di equilibrio di una reazione acido-base	272
10.5	Le costanti di dissociazione	274
A.	Costante di dissociazione acida, K_a e pK_a	274
B.	Costante di dissociazione basica, K_b e pK_b	276
10.6	Le proprietà degli acidi e delle basi	276
A.	Neutralizzazione	276
B.	Reazione con i metalli	277
C.	Reazione con idrossidi metallici	277
D.	Reazione con ossidi metallici	277
E.	Reazione con carbonati e bicarbonati	278
F.	Reazione con ammoniaca e ammine	278
10.7	Le proprietà acide e basiche dell'acqua pura	279
A.	I sali. Comportamento acido o basico dei sali in acqua	282
10.8	Il concetto di pH e pOH	283
10.9	Le titolazioni per calcolare la concentrazione	288
10.10	Soluzioni tampone	290
A.	Come funzionano i tamponi?	291
B.	Il pH dei tamponi	292
C.	Il potere tampone	293
D.	Il pH e i tamponi del sangue: importanza nell'ambito biomedico	294
10.11	Il pH di un tampone	295
10.12	TRIS, HEPES e gli altri tamponi dai nomi strani	298
10.13	Solubilità e pH. Esempi di interesse biomedico: ossalato di calcio, fosfato di calcio e urato di sodio	299

Sommario

Problemi

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA

10A	Alcuni importanti acidi e basi
10B	Farmaci antiacido
10C	Acidosi respiratoria e metabolica
10D	L'alcalosi e il trucco del velocista

APPROFONDIMENTI

10.1	Le definizioni di acido e base	267
10.2	Formule per il calcolo del pH in alcuni casi semplici	286
10.3	Il potere tampone	

10.4 Il grado di dissociazione	
10.5 Qual è l'andamento di una titolazione acido-base?	
10.6 L'equilibrio acido-base nei fluidi biologici: il tampone acido carbonico/bicarbonato, il tampone diidrogeno fosfato/idrogenofosfato	297

CAPITOLO 11 Reazioni di ossido-riduzione ed elettrochimica 301

11.1 Il numero di ossidazione e le reazioni di ossido-riduzione	301
11.2 Bilanciamento delle equazioni di ossido-riduzione	304
A. Bilanciamento di equazioni con il metodo delle semireazioni	304
B. Bilanciamento di equazioni per reazioni che avvengono in ambiente basico	308
11.3 Sistemi elettrochimici: celle galvaniche o pile	308
A. Semicelle (o semielementi)	310
B. Tipi di conduttori	311
11.4 La fem di cella in condizioni standard	312
A. Potenziale redox (di riduzione) standard (semicella)	313
B. Forza degli agenti ossidanti e riducenti	317
11.5 Reazioni spontanee e lavoro chimico: relazione tra variazione di energia libera di Gibbs e differenza di potenziale	318
A. Relazione tra il potenziale standard di cella e la costante di equilibrio	323
11.6 La fem di cella in condizioni non standard	323
A. L'equazione di Nernst	324
B. Pile a concentrazione	326
11.7 L'elettrolisi	327
11.8 Importanza delle reazioni di ossido-riduzione in ambito biomedico	329
A. Ossigeno come accettore di elettroni: bilancio termodinamico della respirazione cellulare	329
B. Le reazioni di Fenton e Haber-Weiss	330

Sommario

Sommario delle reazioni

Problemi

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA

11A I processi d'elettrodo dal punto di vista molecolare	
---	--

11B Il battito cardiaco e l'elettrocardiogramma	
11C Cos'è una batteria	

APPROFONDIMENTI

11.1 Rappresentazione schematica di una cella galvanica	
11.2 L'equazione di Nernst della semicella	

CAPITOLO 12 Chimica nucleare 333

12.1 La scoperta della radioattività	333
12.2 La radioattività	334
12.3 Il nucleo e la radioattività	336
A. Radioisotopi e nuclei stabili	336
B. Decadimento beta (β^- e β^+)	336
C. Emissioni alfa	338
D. Emissioni gamma e raggi X	339
E. Cattura elettronica	340
12.4 L'emivita nucleare	340
12.5 La misura delle radiazioni nucleari	342
A. Intensità e unità di misura	343
B. Energia	345
12.6 Unità di misura rispetto all'effetto di tossicità biologica	345
12.7 La medicina nucleare: correlazioni di interesse per applicazioni biomediche	348
A. Diagnostica medica per immagini	348
B. Terapia radiante (radioterapia)	352
12.8 La fusione nucleare	353
12.9 La fissione nucleare e l'energia atomica	354

Sommario

Sommario delle reazioni

Problemi

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA

12A Datazione radioattiva	
12B Il problema del radon negli ambienti domestici	
12C Come le radiazioni danneggiano i tessuti: i radicali liberi	
12D Cenni alle proprietà magnetiche del nucleo come base per lo strumento diagnostico della risonanza magnetica nucleare	351
12E Emissione di materiale radioattivo in seguito ad incidenti nucleari	

CAPITOLO 13 Proprietà del carbonio e reattività dei composti organici 357

13.1 Introduzione alla chimica organica e proprietà del carbonio	357
13.2 Come ottenere composti organici	

A.	Isolamento da fonti naturali	
B.	Sintesi in laboratorio	
13.3	Rappresentazione dei composti organici, in particolare dei composti carboniosi	359
A.	Carbocationi e carboanioni	360
B.	Stabilità dei carbocationi	361
C.	Stabilità dei carboanioni	362
13.4	Formazione di legami covalenti per sovrapposizione di orbitali atomici e ibridazione del carbonio	363
A.	Forma degli orbitali atomici	363
B.	Formazione di un legame covalente per sovrapposizione di orbitali atomici	363
C.	Ibridazione di orbitali atomici	364
D.	Orbitali ibridi sp^3 : angoli di legame di circa 109.5°	364
E.	Orbitali ibridi sp^2 : angoli di legame di circa 120°	365
F.	Orbitali ibridi sp : angoli di legame di circa 180°	366
13.5	Gruppi funzionali e reattività dei composti organici	367
A.	Alcoli	369
B.	Ammine	370
C.	Aldeidi e chetoni	371
D.	Acidi carbossilici	372
E.	Esteri carbossilici	373
F.	Ammidi	374
G.	Tipi di reazioni organiche	374
H.	Nucleofili ed elettrofili	375
13.6	Effetto induttivo	375
A.	Effetto induttivo elettrone-attrattore	375
B.	Effetto induttivo elettrone-donatore	376
C.	Attrazioni di elettroni per risonanza	376
13.7	Effetto di delocalizzazione o effetto mesomerico	376
13.8	Rottura di un legame: omolitico ed eterolitico	377
A.	Radicali liberi e stress ossidativo	378
13.9	Acidità e basicità dei composti organici	378
Sommario		
Problemi		
COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA		
13A	Taxolo: una storia di ricerca e scoperta	

CAPITOLO 14 Idrocarburi: alcani e cicloalcani

14.1	Introduzione agli alcani	383
14.2	Scrivere le formule di struttura degli alcani	384

14.3	Isomeri costituzionali	386
14.4	Nomenclatura	388
A.	Nomenclatura IUPAC	388
B.	Nomi comuni	391
C.	Classificazione degli atomi di carbonio e di idrogeno	392
14.5	Come ottenere gli alcani	
14.6	Cicloalcani	393
14.7	Forme di alcani e cicloalcani	394
A.	Alcani	394
B.	Cicloalcani	395
14.8	Isomeria <i>cis-trans</i> nei cicloalcani	398
14.9	Proprietà chimico-fisiche di alcani e cicloalcani	401
A.	Punti di fusione ed ebollizione	401
B.	Solubilità: un caso in cui “il simile scioglie il simile”	402
C.	Densità	402
14.10	Reazioni caratteristiche degli alcani	405
A.	Ossidazione	405
B.	Sostituzione radicalica	405
14.11	Alcuni importanti alogenuri alchilici	
A.	Clorofluorocarburi	
B.	Solventi	

Sommario

Sommario delle reazioni chiave

Problemi

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA

14A	Il velenoso pesce palla	
14B	Numero di ottani: cosa significano i numeri alle pompe di benzina	
14C	L'impatto ambientale dei freon	

APPROFONDIMENTI

14.1	Rilevanza biomedica degli alcani	403
-------------	----------------------------------	-----

CAPITOLO 15 Idrocarburi: alcheni e alchini

15.1	Gli alcheni e gli alchini	409
15.2	Struttura degli alcheni e degli alchini	410
A.	Alcheni	410
B.	Stereoisomeria <i>cis-trans</i> negli alcheni	411
C.	Forma degli alchini	412
15.3	Nomenclatura di alcheni e alchini	412
A.	Nomi IUPAC	412
B.	Nomi comuni	414
C.	Configurazioni <i>cis</i> e <i>trans</i> degli alcheni	414

D. Cicloalcheni	415	16.5 Reazioni di β -eliminazione	446
E. Dieni, trieni e polieni	417	A. Meccanismo E1	448
15.4 Proprietà chimico-fisiche degli alcheni e degli alchini	419	B. Meccanismo E2	448
15.5 I terpeni		16.6 Competizione tra le reazioni di sostituzione nucleofila e le reazioni di eliminazione	450
15.6 Reazioni caratteristiche degli alcheni	420	A. Confronto tra reazioni S_N1 ed E1	451
A. Addizione di acidi alogenidrici (idroalogenazione)	421	B. Confronto tra reazioni S_N2 ed E2	451
B. Addizione di acqua: idratazione catalizzata da acidi	426	Sommario	
C. Addizione di cloro e bromo (alogenazione)	429	Sommario delle reazioni chiave	
D. Addizione di idrogeno: riduzione (idrogenazione)	430	Problemi	
15.7 Reazioni di polimerizzazione dell'etilene e degli etileni sostituiti		COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA	
A. Struttura dei polietileni		16A L'impatto ambientale dei clorofluorocarburi	
B. Polietilene a bassa densità (LDPE)		CAPITOLO 17 Idrocarburi aromatici e derivati	455
C. Polietilene ad alta densità (HDPE)		17.1 La struttura del benzene	455
15.8 Delocalizzazione elettronica e dieni coniugati	431	A. Modello di Kekulé del benzene	456
Sommario		B. Modello degli orbitali molecolari del benzene	456
Sommario delle reazioni		C. Struttura di risonanza del benzene	457
Problemi		D. Energia di risonanza del benzene	458
COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA		17.2 L'aromaticità	459
15A Etilene: un regolatore della crescita delle piante		17.3 Assegnazione dei nomi ai composti aromatici	461
15B Doppi legami <i>cis</i> negli acidi grassi		A. Benzeni monosostituiti	461
15C Il caso delle varietà Iowa e New York del tarlo del grano europeo (<i>Pyrausta nubilalis</i>)		B. Benzeni disostituiti	462
15D Isomeria <i>cis-trans</i> nel processo della visione		C. Benzeni polisostituiti	462
15E Il riciclaggio delle materie plastiche		D. Idrocarburi policiclici aromatici	464
APPROFONDIMENTI		17.4 Reazioni del benzene e dei suoi derivati	465
15.1 Rilevanza biomedica degli alcheni	419	A. Clorurazione e bromurazione	467
CAPITOLO 16 Alogenuri alchilici	433	B. Nitrazione e solfonazione	468
16.1 Alogenuri alchilici o alogenoalcani	433	C. Alchilazione di Friedel-Crafts	470
16.2 Nomenclatura degli alogenuri alchilici	434	D. Acilazione di Friedel-Crafts	471
A. Nomi IUPAC	434	17.5 I fenoli	473
B. Nomi comuni	434	A. Struttura e nomenclatura	473
16.3 Reazioni caratteristiche degli alogenuri alchilici	435	B. Acidità dei fenoli	473
16.4 Reazioni di sostituzione nucleofila	436	C. Ossidazione dei fenoli	474
A. Meccanismo S_N2	437	17.6 L'effetto dei sostituenti legati al benzene sulla sostituzione elettrofila aromatica	475
B. Meccanismo S_N1	439	A. Effetto di un gruppo sostituente su un'ulteriore sostituzione	475
C. Struttura del nucleofilo	440	B. Teoria degli effetti orientanti	479
D. Struttura dell'alogenuro alchilico	441	C. Teoria degli effetti attivanti-disattivanti	482
E. Gruppo uscente	442	Sommario	
F. Solvente	442	Sommario delle reazioni chiave	
		Problemi	

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA

17A	DDT: una manna e una sciagura	464
17B	Idrocarburi policiclici aromatici cancerogeni e fumo	465
17C	Ione ioduro e gozzo	
17D	Il gruppo nitro negli esplosivi	
17E	La capsaicina, per chi ama il piccante	
17F	FD & C Giallo N. 6 (Giallo Tramonto)	

CAPITOLO 18 Stereoisomeria e configurazione molecolare

18.1	L'enantiomeria	485
18.2	Come indicare la configurazione di uno stereocentro e regole di priorità	492
A.	Convenzione E/Z	495
18.3	Stereoisomeri possibili per una molecola con più di uno stereocentro	496
A.	Molecole con due stereocentri	496
B.	Epimeri	499
C.	Composti meso (mesocomposti)	499
D.	Molecole con tre o più stereocentri	501
18.4	Potere ottico rotatorio specifico	502
A.	Piano della luce polarizzata	502
B.	Il polarimetro	502
C.	Miscele racemiche	503
D.	Risoluzione di una miscela racemica	503
18.5	L'importanza della chiralità nel mondo biologico	503
A.	Chiralità nelle biomolecole	504
B.	Come fa un enzima a distinguere tra una molecola di substrato e il suo enantiomero?	504

Sommario

Problemi

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA**18A** Farmaci chirali**APPROFONDIMENTI****18.1** Effetti biologici degli enantiomeri – il caso della talidomide

CAPITOLO 19 Alcoli, eteri, tioli e tioeteri

19.1	Strutture, nomi e proprietà fisiche degli alcoli	508
A.	Struttura degli alcoli	508
B.	Nomenclatura	508
C.	Proprietà fisiche degli alcoli	511

19.2	Reazioni caratteristiche degli alcoli	512
A.	Acidità degli alcoli	513
B.	Disidratazione di alcoli ad alcheni catalizzata da acidi	513
C.	Ossidazione di alcoli primari e secondari	516
D.	Attivazione di un alcol per le reazioni di sostituzione nucleofila	518
19.3	Strutture, nomi e proprietà fisiche degli eteri	518
A.	Struttura	518
B.	Nomenclatura	518
C.	Proprietà fisiche	519
19.4	Strutture, nomi e proprietà fisiche dei tioli	520
A.	Struttura	520
B.	Nomenclatura	520
C.	Proprietà fisiche	522
D.	Reazioni dei tioli	522
19.5	Tioeteri	524
19.6	Epossidi	524
19.7	Alcoli commercialmente importanti	524
A.	Rilevanza biomedica dell'etanolo	526

Sommario

Sommario delle reazioni chiave

Problemi

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA**19A** L'importanza del legame idrogeno nelle interazioni farmaco-recettore**19B** Etilometro: controllo e misurazione dell'alcol nell'aria espirata**19C** Ossido di etilene: uno sterilizzante chimico**19D** Eteri e anestesia**APPROFONDIMENTI****19.1** Rilevanza biologica dei gruppi ossidrilico e sulfidrilico 523

CAPITOLO 20 Ammine

20.1	Struttura delle ammine	527
20.2	Nomenclatura delle ammine	529
A.	Nomi IUPAC	529
B.	Nomi comuni	531
20.3	Proprietà fisiche delle ammine	532
20.4	Basicità delle ammine	532
20.5	Reazioni caratteristiche delle ammine	535
20.6	Nucleofilità delle ammine e alchilazione	536
20.7	Ammonio quaternario: la colina	536
20.8	Nitrosammine	537

- A.** Ossidazione delle ammine e formazione delle nitrosammine 537

20.9 Esempi di importanza biomedica: l'urea 538

Sommario

Sommario delle reazioni chiave

Problemi

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA

20A Anfetamine

20B Alcaloidi

20C Tranquillanti

20D Solubilità dei farmaci nei fluidi corporei

20E Epinefrina: un prototipo per lo sviluppo di nuovi broncodilatatori

CAPITOLO 21 Aldeidi e chetoni 541

21.1 Aldeidi e chetoni 541

21.2 Nomenclatura delle aldeidi e dei chetoni 542

A. Nomenclatura IUPAC 542

B. Nomi comuni 544

21.3 Proprietà chimico-fisiche delle aldeidi e dei chetoni 545

21.4 Reazioni caratteristiche delle aldeidi e dei chetoni 546

A. Addizione di alcoli: formazione di emiacetali e acetali 546

B. Addizione di ammoniaca e di ammine: formazione di immine 549

C. Acidità degli idrogeni in α ed anioni enolato 550

D. Condensazione aldolica 551

E. Ossidazione 553

F. Riduzione 555

21.5 Tautomeria cheto-enolica e sua importanza biologica 557

Sommario

Sommario delle reazioni chiave

Problemi

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA

21A Dal trifoglio ammuffito a un anticoagulante del sangue

APPROFONDIMENTI

21.1 Condensazione aldolica nelle reazioni enzimatiche: il ruolo dell'aldolasi

21.2 Tautomeria cheto-enolica nelle reazioni enzimatiche di isomerizzazione

21.3 Tautomeria cheto-enolica e importanza biologica 558

CAPITOLO 22 Acidi carbossilici 561

22.1 Gli acidi carbossilici 561

22.2 Nomenclatura degli acidi carbossilici 561

A. Nomenclatura IUPAC 561

B. Nomi comuni 562

22.3 Proprietà chimico-fisiche degli acidi carbossilici 565

22.4 Gli acidi grassi, i saponi e i detergenti sintetici

A. Gli acidi grassi

B. Struttura e preparazione dei saponi

C. Azione detergente del sapone

D. Detergenti sintetici

22.5 Reazioni caratteristiche degli acidi carbossilici 566

A. Acidità 566

B. Reazioni con le basi 568

C. Riduzione 570

D. Esterificazione di Fischer 571

E. Formazione dei lattoni 572

F. Conversione in alogenuri acilici 573

G. Decarbossilazione 573

Sommario

Sommario delle reazioni chiave

Problemi

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA

22A Gli acidi grassi *trans*: cosa sono e come evitarli?

22B Gli esteri come agenti aromatizzanti

22C Corpi chetonici e diabete

APPROFONDIMENTI

22.1 Meccanismo dell'esterificazione di Fischer

22.2 Meccanismo della formazione dei lattoni

CAPITOLO 23 Alogenuri acilici, anidridi degli acidi carbossilici, esteri, ammidi e acil fosfati 577

23.1 Alogenuri acilici, anidridi degli acidi carbossilici, esteri, ammidi e acil fosfati 577

A. Alogenuri acilici 578

B. Anidridi 578

C. Esteri 578

D. Tioesteri 579

E. Ammidi 580

F. Acil fosfati e loro importanza in biochimica 581

23.2 Come si preparano gli esteri 581

23.3 Come si preparano le ammidi 582

23.4	Reazioni caratteristiche degli alogenuri acilici, delle anidridi, degli esteri e delle ammidi	582	24.4	Disaccaridi e oligosaccaridi	611
A.	Reazione con acqua: idrolisi	584	A.	Saccarosio	611
B.	Reazione con alcoli	588	B.	Lattosio	612
C.	Reazioni con ammoniaca e ammine	590	C.	Maltosio	612
D.	Condensazione di Claisen	592	D.	Potere dolcificante relativo	613
23.5	Anidridi ed esteri dell'acido fosforico	594	E.	Derivati degli oligosaccaridi	614
A.	Anidridi dell'acido fosforico	594	24.5	Polisaccaridi	614
B.	Esteri dell'acido fosforico	595	A.	Amido: amilosio e amilopectina	614
23.6	La polimerizzazione a stadi		B.	Glicogeno	615
A.	Poliammidi		C.	Cellulosa	615
B.	Poliesteri		24.6	Polisaccaridi acidi	616
C.	Policarbonati		A.	Acido ialuronico	617
Sommario			B.	Eparina	617
Sommario delle reazioni chiave			Sommario		
Problemi			Sommario delle reazioni chiave		
COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA			Problemi		
23A	Le piretrine: insetticidi naturali di origine vegetale		COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA		
23B	Le penicilline e le cefalosporine: antibiotici β -lattamici		24A	Galattosemia	
21C	Dalla corteccia del salice all'aspirina ed oltre		24B	Dosaggio del glucosio	
23D	Filtri solari e creme solari a protezione totale contro le radiazioni ultraviolette		24C	Gruppi sanguigni A, B, AB e O	
23E	I barbiturici	591	24D	Esiste una connessione tra carboidrati e obesità?	
APPROFONDIMENTI			24E	<i>N</i> -acetil-D-glucosammina, acido <i>N</i> -acetil-D-muramico e meccanismo della penicillina	
23.1	ATP e legami fosfoanidridici: la "valuta energetica" della cellula	595	APPROFONDIMENTI		
CAPITOLO 24 Carboidrati			24.1	Esempio di reazione di Maillard	
24.1	Monosaccaridi: i carboidrati più semplici	597	24.2	Funzioni del glicogeno e di alcuni eteropolisaccaridi di interesse biomedico	
A.	Struttura e nomenclatura	598	CAPITOLO 25 Lipidi		
B.	Formule di proiezione di Fischer	599	25.1	Lipidi	619
C.	D- ed L-Monosaccaridi	600	A.	Classificazione per funzione	619
D.	Monosaccaridi importanti	602	B.	Classificazione per struttura	620
E.	Epimeri	603	25.2	Acidi grassi	620
24.2	Strutture cicliche dei monosaccaridi	604	25.3	Struttura e nomenclatura dei trigliceridi	624
A.	Proiezioni di Haworth	604	25.4	Proprietà dei trigliceridi	625
B.	Mutarotazione	606	A.	Stato fisico	625
24.3	Reazioni caratteristiche dei monosaccaridi	607	B.	Idrogenazione	626
A.	Formazione dei glicosidi (acetali)	607	25.5	Struttura dei lipidi complessi	628
B.	Riduzione ad alditoli	608	25.6	Lipidi e struttura della membrana	629
C.	Ossidazione ad acidi aldonici (zuccheri riducenti)	609	25.7	Glicerofosfolipidi	631
D.	Ossidazione ad acidi uronici	610	25.8	Sfingolipidi	633
E.	Formazione di esteri fosforici	610	25.9	Glicolipidi	634
F.	Reazione di Maillard	611	25.10	Steroidi	636
			A.	Colesterolo	636
			B.	Lipoproteine: trasportatori di colesterolo	637
			C.	Trasporto del colesterolo nelle LDL	638

D.	Trasporto del colesterolo nelle HDL	638
E.	Livelli di LDL e HDL	639
F.	Funzioni del colesterolo di membrana	639
25.11	Ormoni steroidei	641
A.	Ormoni adrenocorticotici	641
B.	Ormoni sessuali	642
25.12	Acidi biliari	645
25.13	Vitamina D	645
25.14	Prostaglandine, trombossani e leucotrieni	
25.15	Trasporto di membrana	
A.	Trasporto passivo	
B.	Trasporto attivo	
C.	Recettori di membrana	
Sommario		
Problemi		

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA		
25A	Burro e margarina: chi è il più salutare?	
25B	Malattie da accumulo lipidico	
25C	Steroidi anabolizzanti	
25D	Contraccettivi orali	
25E	Azione dei farmaci antinfiammatori	
25F	Perché dovremmo mangiare più salmone?	

CAPITOLO 26 Amminoacidi e proteine		
26.1	Le numerose funzioni delle proteine	647
26.2	Amminoacidi	649
26.3	Gli amminoacidi esistono come zwitterioni	654
26.4	Caratteristiche degli amminoacidi	657
26.5	Amminoacidi non comuni	659
26.6	Gli amminoacidi si combinano per formare proteine	660
26.7	Proprietà delle proteine	664
26.8	Struttura primaria delle proteine	667
26.9	Struttura secondaria delle proteine	670
26.10	Struttura terziaria delle proteine	671
A.	Mioglobina: un esempio di struttura proteica	674
26.11	Struttura quaternaria delle proteine	676
A.	Emoglobina: un classico esempio di struttura quaternaria	678
26.12	Denaturazione delle proteine	679
Sommario		
Problemi		

COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA		
26A	Ruolo metabolico e implicazioni fisiopatologiche dell'ornitina	
26B	L'aspartame, il peptide dolce	
26C	AGE e invecchiamento	
26D	Ormoni peptidici – piccole molecole con grandi effetti	
26E	Anemia falciforme	
26F	Malattie dipendenti dalla conformazione delle proteine o dei peptidi	
26G	Chirurgia laser e denaturazione delle proteine	
APPROFONDIMENTI		
26.1	Glicina: modello diprotico	
26.2	Attivazione del gruppo carbossilico e formazione del legame peptidico	662
26.3	Struttura del legame peptidico	

CAPITOLO 27 Nucleotidi, acidi nucleici ed ereditarietà		
27.1	DNA ed RNA quali molecole dell'ereditarietà	681
27.2	Gli acidi nucleici	682
A.	Basi azotate	682
B.	Zuccheri	682
C.	Fosfato	684
27.3	La struttura del DNA e dell'RNA	686
A.	Struttura primaria	686
B.	Struttura secondaria del DNA	688
C.	Strutture di ordine superiore del DNA	691
27.4	Le classi dell'RNA	
27.5	I geni	
27.6	Le applicazioni mediche dell'RNA	
A.	Micro RNA	
B.	RNA interferente piccolo (siRNA)	
C.	CRISPR	
D.	Vaccini a RNA	
27.7	La replicazione del DNA	
27.8	L'amplificazione del DNA	
Sommario		
Problemi		
COLLEGAMENTI ALLA CHIMICA		
27A	Chi possiede i tuoi geni	
27B	L'impronta del DNA	
27C	Telomeri, telomerasi e immortalità	
27D	Creazione di un genoma sintetico	

27E I Neandertal si estinsero?

27F Stress ossidativo e modificazioni non enzimatiche delle macromolecole biologiche 694

CAPITOLO 28 Enzimi

CAPITOLO 29 La comunicazione chimica: neurotrasmettitori e ormoni

Appendici

I Notazione esponenziale

II Cifre significative

Risposte

Glossario

Indice analitico

701



CONTENUTI

- 4.1** Reazioni chimiche: definizioni
- 4.2** Bilanciamento delle reazioni
Come... Bilanciare un'equazione chimica
- 4.3** Come predire se gli ioni in soluzione acquosa reagiranno tra loro. Reazioni di precipitazione
- 4.4** Le reazioni di ossido-riduzione
- 4.5** Peso formula e peso molecolare (massa molecolare)
- 4.6** Il concetto di mole, il suo utilizzo per calcolare le relazioni di massa e il numero di Avogadro
- 4.7** Come calcolare le relazioni di massa nelle reazioni chimiche
- 4.8** Il calore di reazione

4.1 Reazioni chimiche: definizioni

Nel Capitolo 1 è stato spiegato come la chimica sia interessata principalmente a due punti: la struttura della materia e le trasformazioni di una forma della materia in un'altra. Nei Capitoli 2 e 3 è stato discusso il primo punto, ora l'attenzione verrà rivolta al secondo punto. In una trasformazione chimica, chiamata anche **reazione chimica**, uno o più **reagenti** (i materiali di partenza) si trasformano in uno o più **prodotti**. In molti casi la trasformazione è favorita dalla presenza di un **catalizzatore**, una sostanza che aumenta la velocità della reazione senza essere consumata nel processo. Il ruolo dei catalizzatori e il meccanismo con cui accelerano le reazioni saranno approfonditi nel Capitolo 7, dedicato alla cinetica chimica. Le reazioni chimiche avvengono ovunque intorno a noi. Esse alimentano e mantengono in vita le cellule dei tessuti viventi; hanno luogo quando accendiamo un fiammifero, cuciniamo la cena, mettiamo in moto un'auto, ascoltiamo una radio portatile, o guardiamo la televisione. La maggior parte dei processi industriali coinvolge reazioni chimiche; essi includono la raffinazione del petrolio e il trattamento dei generi alimentari, così come la fabbricazione di farmaci, plastiche, fibre sintetiche, fertilizzanti, esplosivi e molti altri materiali.

In questo capitolo verranno discussi quattro aspetti delle reazioni chimiche: (1) come scrivere e bilanciare le reazioni chimiche, (2) i tipi di reazioni chimiche e (3) le relazioni di massa nelle reazioni chimiche, (4) il guadagno e la perdita di calore. Nella **Tabella 4.1** sono riassunte le varie tipologie di reazioni.

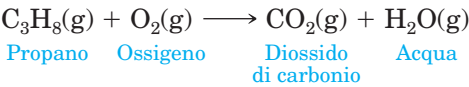
TABELLA 4.1 Tipi di reazione

Tipo di reazione	Descrizione	Reazione generale	Esempio
Sintesi	Più reagenti formano un unico prodotto	$A + B \longrightarrow AB$	$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$
Decomposizione	Un composto si scinde in sostanze più semplici	$AB \longrightarrow A + B$	$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$
Sostituzione semplice	Un elemento sostituisce un altro in un composto	$A + BC \longrightarrow AC + B$	$Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$
Doppio scambio	Due composti si scambiano ioni	$AB + CD \longrightarrow AD + CB$	$Na_2SO_4 + BaCl_2 \longrightarrow BaSO_4 + 2NaCl$
Precipitazione	Due soluzioni acquose reagiscono formando un solido insolubile	$AB(aq) + CD(aq) \longrightarrow AD(s) \downarrow + CB(aq)$	$AgNO_3 + NaCl \longrightarrow AgCl \downarrow + NaNO_3$
Acido-base	Un acido reagisce con una base	Acido + Base $\longrightarrow$ Sale + H_2O oppure specie coniugate	$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$
Neutralizzazione	Caso particolare di reazione acido-base in cui si formano sale e acqua	Acido + Base $\longrightarrow$ Sale + H_2O	$H_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$
Combustione	Una sostanza reagisce con O_2 producendo ossidi e liberando energia	$C_xH_y + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$	$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$
Redox	Avviene trasferimento di elettroni con variazione dei numeri di ossidazione	$Red_1 + Ox_2 \longrightarrow Ox_1 + Red_2$	$Fe + Cu^{2+} \longrightarrow Fe^{2+} + Cu$

* Precipitazione è un caso di doppio scambio; neutralizzazione è il caso tipico delle reazioni acido-base

4.2 Bilanciamento delle reazioni

Quando il propano, che è il componente principale del gas in bombola o GPL (gas da petrolio liquefatto), brucia nell'aria, in pratica reagisce con l'ossigeno dell'aria. Questi due reagenti si trasformano nei prodotti diossido di carbonio ed acqua, attraverso una reazione chimica chiamata **combustione**. Questa reazione chimica viene scritta nella forma di **equazione chimica**, utilizzando le formule chimiche dei reagenti e dei prodotti; viene poi inserita una freccia per indicare in quale direzione procede la reazione. Inoltre, è importante indicare lo stato di ciascun reagente e di ciascun prodotto: liquido, solido o gas. Vengono usati i simboli (g) per gas, (ℓ) per liquido, (s) per solido, (aq) per una sostanza disciolta in acqua. Il simbolo appropriato viene inserito subito dopo ciascun reagente e ciascun prodotto. Nella reazione di combustione considerata, il propano, l'ossigeno e il diossido di carbonio sono gas e la temperatura della fiamma che viene prodotta dal propano che brucia è sufficientemente alta perché si formi acqua allo stato gassoso (vapore).

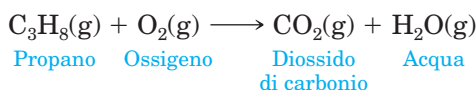


Tuttavia, l'equazione scritta è incompleta. Sebbene ci mostri le formule delle sostanze di partenza e dei prodotti (come ogni equazione chimica deve fare) e lo stato fisico di ciascuno di essi, essa non dà alcuna indicazione sulle loro quantità: in pratica, non è bilanciata. Ciò significa che il numero di atomi presenti nella parte sinistra della reazione non è uguale al numero di atomi presenti nella parte destra. Dalla **legge di conservazione della massa** (Sezione 2.3A), sappiamo che nelle reazioni chimiche gli atomi non vengono né distrutti né creati; semplicemente, si trasferiscono da una sostanza all'altra. Quindi, tutti gli atomi presenti all'inizio della reazione (quelli a sinistra dell'equazione) debbono essere ancora presenti alla fine della reazione (nella parte destra dell'equazione). Nell'equazione scritta, invece, sono presenti tre atomi di carbonio a sinistra dell'equazione, uno solo a destra.

Riguardo la rappresentazione della reazione precisiamo che, quando i membri dell'equazione chimica sono legati da **una sola freccia**, la reazione è considerata procedere completamente nel senso indicato sino alla trasformazione totale di almeno un reagente in prodotti (**reazione completa o quantitativa o irreversibile**). Quando i membri dell'equazione chimica sono legati da **due frecce**, la reazione non procede fino al completamento, ma raggiungerà uno stato di equilibrio caratterizzato, come si vedrà nei prossimi capitoli, dalla presenza di determinate quantità dei reagenti iniziali e dei prodotti finali (**reazione di equilibrio o reversibile**).

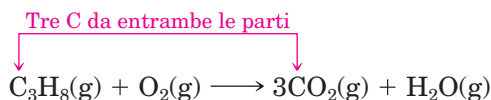
COME... Bilanciare un'equazione chimica

Per bilanciare un'equazione, dobbiamo inserire numeri davanti alle formule fino a che il numero di ciascun tipo di atomi nei prodotti è lo stesso di quello presente nei materiali di partenza. Questi numeri vengono chiamati **coefficienti**. Come esempio, bilanciamo la nostra equazione del propano:

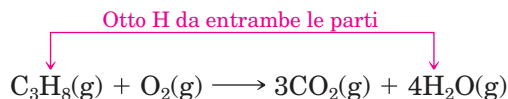


Per bilanciare un'equazione:

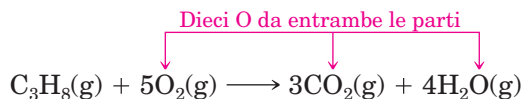
1. Si inizia con gli atomi che compaiono in un solo composto a sinistra e in un solo composto a destra. Nell'equazione che si riferisce alla reazione tra propano e ossigeno, si inizia con il carbonio o con l'idrogeno.
2. Se un atomo compare come singolo elemento – come, per esempio O_2 , nella reazione del propano con l'ossigeno – questo elemento va bilanciato per ultimo.
3. Quando si bilancia una reazione, si possono cambiare solo i coefficienti, non le formule chimiche. Per esempio, se si ha H_2O a sinistra dell'equazione, ma si ha bisogno di due ossigeni, si può aggiungere il coefficiente "2" e leggere $2\text{H}_2\text{O}$. Non si possono però ottenere due atomi di ossigeno cambiando la formula ad H_2O_2 . Questo non si può fare perché il prodotto è l'acqua, H_2O , e non il perossido d'ossigeno, H_2O_2 . Nell'equazione di combustione del propano con l'ossigeno, si può cominciare con il carbonio. Ci sono tre atomi di carbonio a sinistra e un solo carbonio a destra. Se mettiamo un 3 davanti alla CO_2 (indicando che si formano tre molecole di CO_2), appariranno tre atomi di carbonio da entrambe le parti, così gli atomi di carbonio risulteranno bilanciati:



Successivamente, vengono considerati gli atomi di idrogeno. Ce ne sono otto a sinistra e due a destra. Se poniamo un 4 davanti a H_2O , ci saranno otto atomi di idrogeno da entrambe le parti e gli idrogeni risulteranno bilanciati:

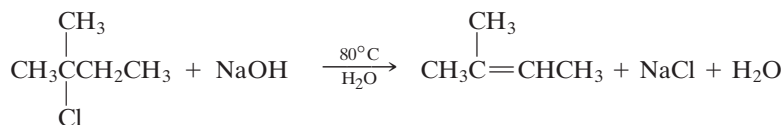


Il solo atomo non ancora bilanciato è l'ossigeno. Ricordiamo che questo elemento è stato lasciato per ultimo (regola 2). Ci sono due atomi di ossigeno a sinistra e dieci a destra. Se mettiamo un 5 davanti a O_2 a sinistra, bilanceremo anche gli atomi di ossigeno e arriveremo al bilanciamento dell'equazione:

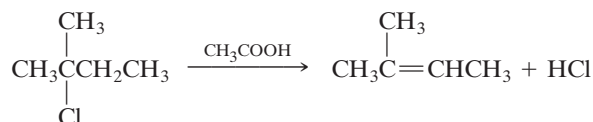


SOLUZIONE

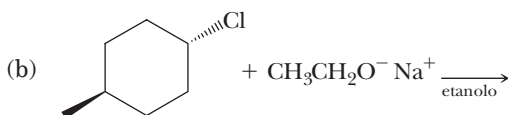
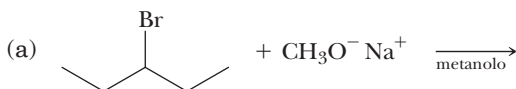
- (a) Un alogenuro alchilico 3° è riscaldato con una base forte. Predomina la reazione di eliminazione con meccanismo E2 per dare il 2-metil-2-butene come prodotto principale.



- (b) Un alogenuro alchilico 3° sciolto in acido acetico, un solvente che favorisce la formazione di carbocationi, forma un carbocatione 3° che perde un protone per dare 2-metil-2-butene come prodotto principale. La reazione avviene con meccanismo E1.

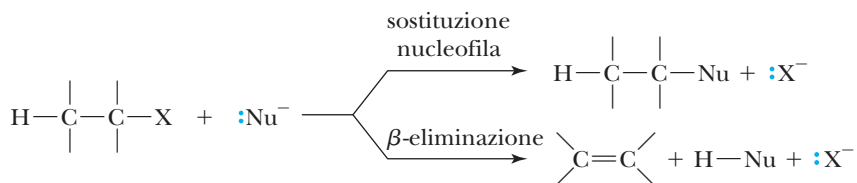
**PROBLEMA 16.5**

Si stabilisca se ciascuna reazione di β -eliminazione procede prevalentemente con meccanismo E1 o E2 e si scrivano le formule di struttura dei prodotti organici principali.



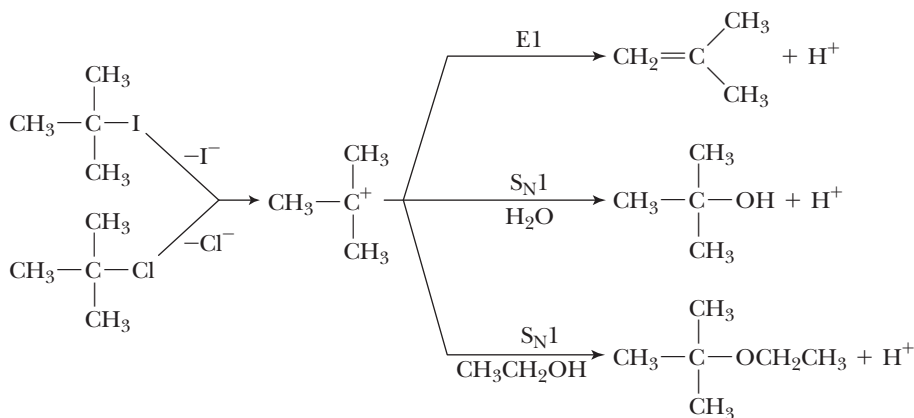
16.6 Competizione tra le reazioni di sostituzione nucleofila e le reazioni di eliminazione

Finora, abbiamo preso in considerazione due tipi di reazione degli alogenuri alchilici: sostituzione nucleofila e β -eliminazione. Molti dei nucleofili che abbiamo esaminato – ad esempio, lo ione idrossido e gli ioni alcossidi – sono anche basi forti. Di conseguenza, la sostituzione nucleofila e la β -eliminazione sono spesso reazioni in competizione e il rapporto tra i prodotti formati da tali reazioni dipende dalle loro velocità relative.



A. Confronto tra reazioni S_N1 ed E1

Le reazioni di alogenuri alchilici secondari e terziari che avvengono in solventi protici polari danno miscele di prodotti di sostituzione ed eliminazione. In entrambe le reazioni, lo stadio 1 consiste nella formazione di un intermedio carbocationico. Questo stadio è, quindi, seguito o (1) dalla perdita di un protone per dare un alchene, o (2) dalla reazione col solvente per dare un prodotto di sostituzione (S_N1). In solventi polari protici, i prodotti formati dipendono esclusivamente dalla struttura del particolare carbocatione coinvolto nella reazione. Ad esempio, il cloruro di *terz*-butile e lo ioduro di *terz*-butile in etanolo acquoso all'80% reagiscono entrambi con il solvente, dando la stessa miscela di prodotti di sostituzione ed eliminazione:



Poiché lo ione ioduro è un miglior gruppo uscente rispetto allo ione cloruro, lo ioduro di *terz*-butile reagisce ad una velocità di oltre 100 volte maggiore rispetto al cloruro di *terz*-butile. Tuttavia, il rapporto tra i prodotti è lo stesso.

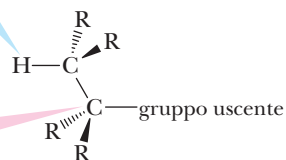
B. Confronto tra reazioni S_N2 ed E2

È notevolmente più facile prevedere il rapporto tra i prodotti di sostituzione ed eliminazione per le reazioni di alogenuri alchilici con reagenti che agiscono sia da nucleofili, sia da basi. Le linee guida sono le seguenti:

1. Ramificazioni al carbonio α o ai carboni β aumentano l'ingombro sterico intorno al carbonio α e rallentano notevolmente le reazioni S_N2 . Al contrario, ramificazioni al carbonio α o ai carboni β aumentano la velocità di reazioni E2 a causa dell'aumentata stabilità dell'alchene che si produce.
2. Maggiore è la forza come nucleofilo del reagente che porta l'attacco, maggiore è il rapporto tra i prodotti S_N2 rispetto a quelli E2. Al contrario, maggiore è la basicità del reagente che porta l'attacco, maggiore è il rapporto tra i prodotti E2 rispetto a quelli S_N2 .

L'attacco della base sull'idrogeno β in una E2 è solo scarsamente influenzato dalla ramificazione presente sul carbonio α ; la formazione dell'alchene è favorita

L'attacco del tipo S_N2 di un nucleofilo è impedito dalle ramificazioni sui carboni α e β



Gli alogenuri alchilici primari reagiscono con basi/nucleofili per dare prevalentemente prodotti di sostituzione. Con basi forti, come lo ione idrossido e lo ione etossido, si forma una certa percentuale di

TABELLA 16.7 Sommario dei confronti tra le reazioni di sostituzione ed eliminazione degli alogenuri alchilici

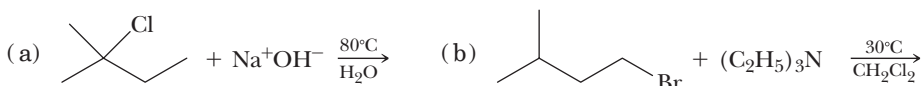
Tipo di alogenuro alchilico	Reazione	Commenti
Metilico CH_3X	$\text{S}_{\text{N}}2$ $\text{S}_{\text{N}}1$	Unica reazione di sostituzione osservata. La reazione di sostituzione $\text{S}_{\text{N}}1$ degli alogenuri metilici non avviene mai. Il carbocatione metilico è così instabile da non formarsi mai in soluzione.
Primario RCH_2X	$\text{S}_{\text{N}}2$ $\text{E}2$ $\text{S}_{\text{N}}1 > \text{E}1$	Reazione principale con basi forti, come HO^- e EtO^- . Reazione principale anche con buoni nucleofili/basi deboli come I^- e CH_3COO^- . Reazione principale con basi forti, caratterizzate da ingombro sterico, come il <i>terz</i> -butossido di potassio. Non si formano mai in soluzione carbocationi primari; perciò, le reazioni $\text{S}_{\text{N}}1$ ed $\text{E}1$ degli alogenuri primari non vengono mai osservate.
Secondario R_2CHX	$\text{S}_{\text{N}}2$ $\text{E}2$ $\text{S}_{\text{N}}1 > \text{E}1$	Reazione principale con basi deboli/buoni nucleofili come I^- e CH_3COO^- . Reazione principale con basi forti/buoni nucleofili, come HO^- e EtO^- . Comune in reazioni con nucleofili deboli in solventi polari protici, come acqua, metanolo ed etanolo.
Terziario R_3CX	$\text{S}_{\text{N}}2$ $\text{E}2$ $\text{S}_{\text{N}}1 > \text{E}1$	Le reazioni $\text{S}_{\text{N}}2$ di alogenuri terziari non avvengono mai, a causa dell'estremo affollamento intorno al carbonio 3° . Reazione principale con basi forti, come HO^- e RO^- . Reazioni principali con nucleofili deboli/basi deboli.

prodotto di eliminazione $\text{E}2$, ma tale percentuale è bassa rispetto a quella del prodotto formato dalla sostituzione $\text{S}_{\text{N}}2$. Con basi forti, di grosse dimensioni, come lo ione *terz*-butossido, il prodotto di eliminazione $\text{E}2$ diventa quello principale. Gli alogenuri terziari danno solo prodotti di eliminazione con tutte le basi forti anche se sono buoni nucleofili.

Gli alogenuri secondari sono nella zona di confine e la sostituzione o l'eliminazione possono essere favorite in funzione della/del particolare base/nucleofilo, solvente e temperatura alla quale viene condotta la reazione. L'eliminazione è favorita da basi forti/buoni nucleofili – ad esempio, lo ione idrossido e lo ione etossido. La sostituzione è favorita da basi deboli/deboli nucleofili – ad esempio, lo ione acetato. Nella **Ta-bella 16.7** sono riassunte queste generalizzazioni circa la competizione tra reazioni di eliminazione e sostituzione degli alogenuri alchilici.

ESEMPIO 16.6 Competizione tra sostituzione nucleofila ed eliminazione

Si stabilisca se ciascuna reazione procede prevalentemente tramite una sostituzione ($\text{S}_{\text{N}}1$ o $\text{S}_{\text{N}}2$) o tramite una eliminazione ($\text{E}1$ o $\text{E}2$) o se le due reazioni avvengono in competizione tra di loro e si scrivano le formule di struttura del(i) prodotto(i) organico(i) prevalente(i).



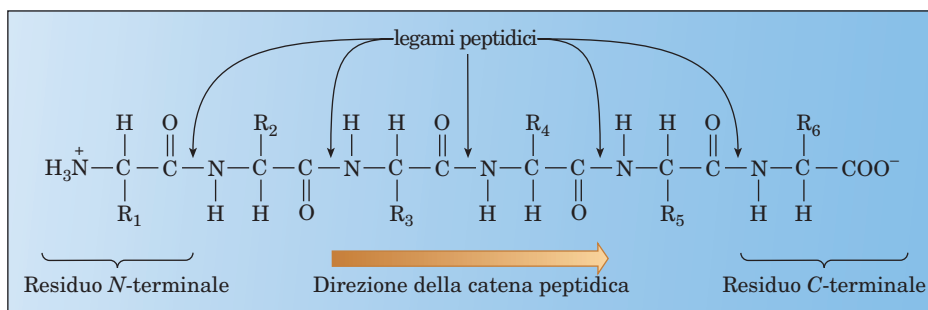


FIGURA 26.4 Un piccolo peptide che mostra la direzione della catena peptidica (dall'N-terminale al C-terminale).

26.7 Proprietà delle proteine

Le proprietà delle proteine sono da ricondurre alle proprietà dello scheletro polipeptidico e delle catene laterali. Lo scheletro peptidico è costituito dalla sequenza ripetitiva di atomi indicata dalla linea orizzontale nella **Figura 26.4**. Gli atomi lungo lo scheletro sono N—C—C—N—C—C— e così via. Si ricordi che, per convenzione, i peptidi sono scritti con l'N-terminale a sinistra. Come si vedrà, gran parte delle caratteristiche strutturali di una proteina è dovuta alle interazioni che coinvolgono atomi dello scheletro peptidico, senza tener conto della natura dei gruppi R sulle catene laterali.

Anche se il legame peptidico è di solito scritto come un gruppo carbonilico legato ad un gruppo N—H, esso può presentare risonanza. Le due strutture limite di risonanza per il legame peptidico sono riportate nella **Figura 26.5**. La prima struttura limite mostra un doppio legame tra il carbonio e l'ossigeno, mentre la seconda presenta il doppio legame tra il carbonio e l'azoto. L'ibrido, naturalmente, non è nessuna delle due; nella struttura reale, il legame carbonio-azoto ha un considerevole carattere di doppio legame, circa il 40%. Perciò, nell'ibrido, sia l'atomo di carbonio che l'atomo di azoto sono ibridati sp^2 ed essi, insieme ai quattro atomi a cui sono legati, giacciono nello stesso piano (**Figura 26.5**). Gli angoli di legame attorno al carbonio carbonilico e all'azoto ammidico sono approssimativamente di 120°. Per gli atomi di un legame peptidico sono possibili due configurazioni, a causa del parziale carattere di doppio legame del legame tra carbonio ed azoto. Nella prima, i due atomi di carbonio in α sono *cis* l'uno rispetto all'altro; nella seconda, essi risultano essere *trans*. Quest'ultima configurazione è favorita poiché gli atomi di carbonio in α , con i gruppi ingombranti ad essi legati, si trovano più lontani tra loro rispetto a quanto lo siano nella configurazione *cis*. Praticamente tutti i legami peptidici delle proteine studiate fino ad oggi hanno configurazione *trans*.

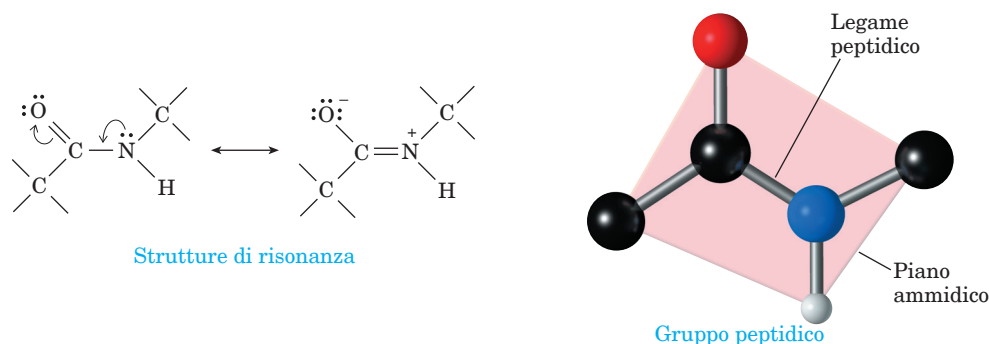


FIGURA 26.5 Le strutture di risonanza del legame peptidico danno luogo ad un gruppo planare.

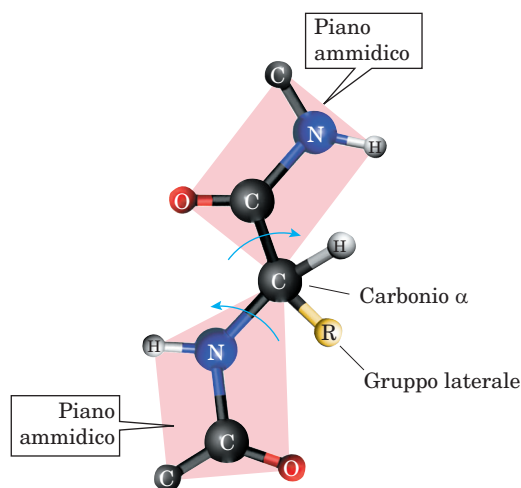


FIGURA 26.6 Natura planare del legame peptidico. La planarità e rigidità dei gruppi peptidici è rappresentata con una ombreggiatura.

Il punto isoelettrico di una proteina corrisponde al pH al quale è presente un numero uguale di cariche positive e negative (la proteina non ha carica *netta*). Ad ogni pH al di sopra del punto isoelettrico le molecole proteiche hanno una carica netta negativa; ad ogni pH al di sotto del punto isoelettrico hanno, invece, una carica netta positiva. Alcune proteine, come l'emoglobina, hanno un numero quasi uguale di gruppi acidi e basici; il punto isoelettrico dell'emoglobina è a pH 6.8. Altre, come l'albumina sierica, hanno più gruppi acidi che gruppi basici; il punto isoelettrico di questa proteina è a pH 4.9. In ogni caso, poiché le proteine si comportano come zwitterioni, fungono da tampone, per esempio nel sangue (**Figura 26.7**).

La solubilità in acqua di molecole grandi come le proteine dipende spesso dalle forze repulsive tra le cariche sulla loro superficie. Quando le proteine sono in soluzione ad un pH al quale hanno una carica netta positiva o negativa, la presenza di tali cariche causa una repulsione tra le loro molecole. Gli effetti repulsivi risultano minimi al punto isoelettrico, al quale le proteine tendono a formare aggregati di due o più molecole, riducendo la loro solubilità. Di conseguenza, *le proteine sono meno solubili in acqua al loro punto isoelettrico e possono precipitare a questo valore di pH*.

Come abbiamo sottolineato nella Sezione 26.1, le proteine hanno molte funzioni. Per comprendere queste funzioni, dobbiamo comprendere i quattro livelli di organizzazione delle loro strutture. La *struttura primaria* descrive la sequenza lineare di amminoacidi nella catena polipeptidica. La *struttura secondaria* si riferisce ad alcune forme di organizzazione spaziale della catena polipeptidica di tipo ripetitivo, come la conformazione ad α -elica o a foglietto β -ripiegato (Sezione 26.9). La *struttura terziaria* descrive la conformazione tridimensionale globale della catena polipeptidica (Sezione 26.10). La *struttura quaternaria* (Sezione 26.11) riguarda le proteine contenenti più di una catena polipeptidica (subunità) e indica come le diverse catene sono spazialmente correlate tra loro.

Il legame definisce il piano ammidico e ha un'enorme influenza sulla struttura delle proteine. C'è libertà di rotazione attorno ai due legami del carbonio α , ma non c'è libera rotazione attorno ai legami carbonio-azoto. Una catena di amminoacidi legati mediante legami peptidici può essere immaginata come una serie di carte da gioco legate da angoli girevoli, come mostrato nella **Figura 26.6**. La rigidità del piano ammidico limita il possibile orientamento del peptide.

Le 20 diverse catene laterali degli amminoacidi determinano il resto della proprietà fisiche e chimiche delle proteine. Tra queste proprietà, il comportamento acido-base riveste una notevole importanza. Come gli amminoacidi (Sezione 26.3), anche le proteine hanno la capacità di cambiare la propria carica netta a seconda del pH dell'ambiente. Le catene laterali degli acidi glutammico e aspartico forniscono i gruppi acidi, mentre l'arginina e la lisina forniscono i gruppi basici (l'istidina fa lo stesso, ma questa catena laterale è meno basica rispetto alle altre) (si vedano le strutture di questi amminoacidi in Figura 26.1).



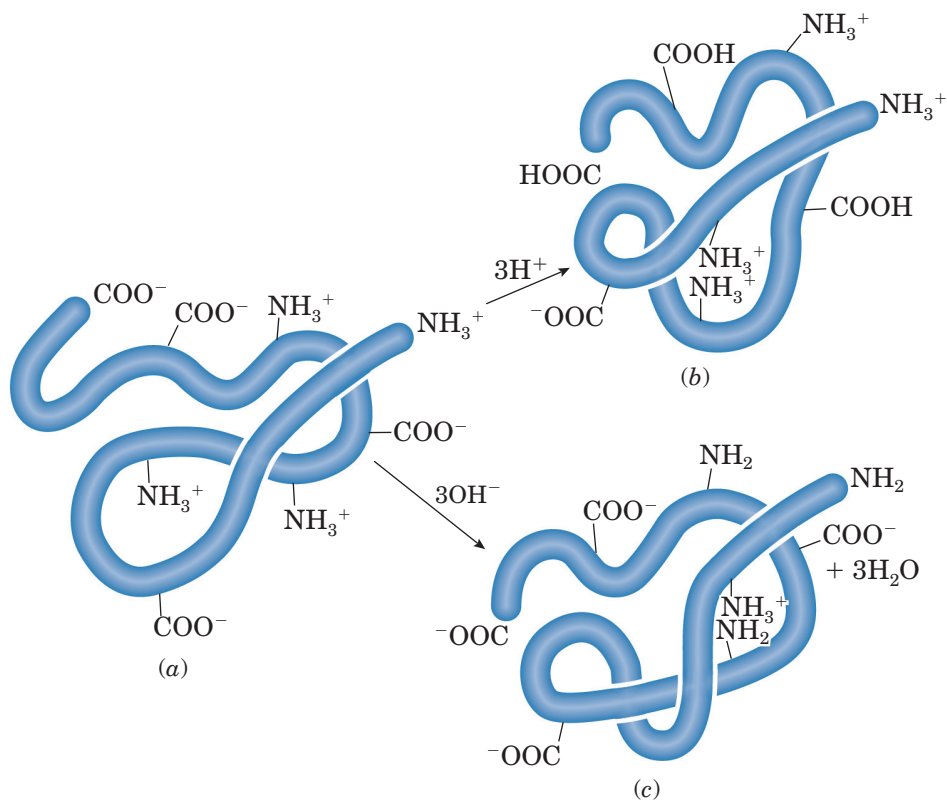


FIGURA 26.7 Schema di una proteina (a) al suo punto isoelettrico e meccanismo della sua azione tampone quando vengono aggiunti ioni (b) H^+ o (c) OH^- .

ESEMPIO 26.7 Caratteristiche delle proteine

Si dispone di una soluzione acquosa a pH 7 di albumina sierica, in cui le proteine sono solubili. Avendo a disposizione 1M di HCl e 1M di NaOH, cosa si potrebbe fare per far precipitare l'albumina dalla soluzione?

STRATEGIA

Determinare il pI della proteina e modificare il pH della soluzione in modo da raggiungere il punto isoelettrico della proteina.

SOLUZIONE

La soluzione si trova a pH 7 e il pI dell'albumina sierica è 4,9. Pertanto, si deve aggiungere HCl alla soluzione finché il pH diventa 4,9 o finché si inizia a formare un precipitato.

PROBLEMA 26.7

Si dispone di una soluzione acquosa di emoglobina a pH 5,5, in cui le proteine sono solubili. Avendo a disposizione 1M di HCl e 1M di NaOH, cosa si potrebbe fare per far precipitare l'emoglobina dalla soluzione?



Semestre Filtro 2026-2027

F.A. Bettelheim

Chimica e Propedeutica Biochimica

Manuale conforme al **Syllabus**
per il **semestre filtro 2026-2027**

Nel volume trovi strumenti utili per studiare meglio

Accedi ai **contenuti digitali** e alle risorse pensate per supportarti
nella preparazione al **semestre filtro**.



Eddie,
l'assistente virtuale
per sintesi e quiz



APP EXAM MANAGER
con migliaia
di quiz di Chimica



Versione
Ebook

Le risorse digitali sono accessibili tramite il **codice personale** presente nel volume.
Attivazione online. Servizio gratuito con validità di **18 mesi**.

EdiSES
EDIZIONI

