

Comprende



versione Ebook
e Software di simulazione



E. Chiricozzi • D. Colombo • F. Magni • O. Marin • P. Palestini • V. Tugnoli

Elementi di 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!



Utilizza il codice personale contenuto nel riquadro per registrarti al sito **edisesuniversita.it** e attivare 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 **edisesuniversita.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 **edisesuniversita.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.
- **Software di simulazione:** un vastissimo database di quesiti a risposta multipla per effettuare esercitazioni sull'**intero programma** o su **argomenti specifici**.

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

Elementi di Chimica e Biochimica

Elena Chiricozzi
Diego Colombo
Fulvio Magni
Oriano Marin
Paola Palestini
Vitaliano Tugnoli

E. Chiricozzi, D. Colombo, F. Magni, O. Marin, P. Palestini, V. Tugnoli

Elementi di Chimica e Biochimica

Copyright © 2022 EdiSES Edizioni S.r.l. – Napoli

9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
2027	2026	2025	2024	2023	2022				

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:

V Colore di Francesco Omaggio – Pordenone

Stampato presso la:

PrintSprint S. r. l. - Napoli

per conto della

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

www.edisesuniversita.it

assistenza.edises.it

ISBN 978-88-3623-079-2

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

ELENA CHIRICOZZI

Università degli Studi di Milano

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

VITALIANO TUGNOLI

Università degli Studi di Bologna

Revisione del testo a cura di:

PAOLA PALESTINI

Università degli Studi di Milano-Bicocca

Prefazione

La chimica generale, la chimica 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.

Un obiettivo considerato imprescindibile è stato quello di rendere coordinata la materia allo scopo di favorire l'apprendimento di tutti gli studenti universitari delle lauree sanitarie 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.

Ogni capitolo è preceduto dai “Concetti chiave”, in cui vengono sintetizzati in poche righe i passaggi fondamentali del capitolo. A chiusura del capitolo sono presenti una serie di domande aperte, che permetteranno allo studente di fare un'autovalutazione dell'apprendimento.

Tale struttura è arricchita da una serie di materiale usufruibile *on-line* per approfondire alcuni argomenti e avere informazioni su metodi innovativi, curiosità o aspetti peculiari.

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.

Indice generale

Prefazione	V
------------	---

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

1.1 Materia e chimica	2
1.2 Stati di aggregazione della materia	2
1.3 Cambiamenti di stato	3
1.4 Proprietà della materia	4
1.5 Energia	5
1.6 Conservazione dell'energia e della materia	6
1.7 Composizione della materia	7
<i>Domande</i>	8

Capitolo 2 Struttura della materia: l'atomo	9
---	---

2.1 Atomo	10
2.2 Massa atomica	11
2.3 Numero atomico e numero di massa	11
2.4 Numero di neutroni	11
2.5 Isotopi	12
2.6 Disposizione degli elettroni in un atomo	13
2.7 Sottolivelli di energia	13
2.8 Gas nobili	15
2.9 Tavola periodica degli elementi	15
2.10 Energia di ionizzazione e affinità elettronica	17
2.11 Elettronegatività	17
<i>Domande</i>	18

Capitolo 3 Radioattività	19
--------------------------	----

3.1 Scoperta della radioattività	19
3.2 Vari tipi di radiazioni emesse dalle sostanze radioattive	20
3.3 Reazioni nucleari	21

3.4 Radioattività naturale e artificiale	22
3.5 Unità di misura delle radiazioni	23
3.6 Radioisotopi	24
3.7 Tempo di dimezzamento	24
3.8 Uso di radioisotopi in medicina	26
Domande	27
Capitolo 4 Legame chimico	29
4.1 Molecole	30
4.2 Stabilità degli atomi	30
4.3 Simboli e formule	30
4.4 Rappresentazione della struttura elettronica	31
4.5 Formazione degli ioni	31
4.6 Raggio ionico	32
4.7 Legame ionico	33
4.8 Ioni poliatomici	33
4.9 Nomenclatura	34
4.10 Legame covalente	35
4.10.1 Legami covalenti non polari e polari	36
4.11 Legame a ponte di idrogeno	37
4.12 Altri legami deboli	38
4.13 Forza del legame chimico	38
4.14 Risonanza	38
4.15 Peso molecolare	39
4.15.1 Calcolo del peso molecolare di un composto	39
4.16 Mole	40
Domande	41
Capitolo 5 Reazioni chimiche redox e non redox	43
5.1 Equazioni chimiche	44
5.2 Reazioni di equilibrio	45
5.3 Reazioni reversibili e irreversibili	46
5.4 Energia di attivazione e velocità di una reazione	46
5.5 Principali fattori che influenzano le reazioni chimiche all'equilibrio	47
5.5.1 Principio di Le Châtelier	47
5.5.2 Effetto della concentrazione	47
5.5.3 Effetto della temperatura	48
5.5.4 Effetto di un catalizzatore	49
5.6 Reazioni di ossido-riduzione	49
5.6.1 Ossidazione	50
5.6.2 Riduzione	51
Domande	52

Capitolo 6 Miscele liquide 53

6.1 Miscele	53
6.2 Proprietà generali delle soluzioni	54
6.3 Struttura dell'acqua	55
6.4 Tensione superficiale dell'acqua	56
6.5 Idrolisi	57
6.6 Solventi diversi dall'acqua	58
6.7 Fattori che influenzano la solubilità di un soluto	58
6.7.1 Temperatura	58
6.7.2 Pressione	58
6.7.3 Natura del solvente	58
6.8 Importanza delle soluzioni	59
6.9 Modi di esprimere la concentrazione delle soluzioni	59
6.9.1 Percentuale	59
6.9.2 Parti per milione	59
6.9.3 Molarità	59
6.9.4 Milliequivalenti per litro	60
6.10 Proprietà colligative delle soluzioni	60
6.10.1 Abbassamento della tensione di vapore del solvente	60
6.10.2 Effetto del soluto sui punti di ebollizione e di congelamento	61
6.10.3 Osmosi e pressione osmotica	61
6.11 Tonicità delle soluzioni	63
6.11.1 Soluzioni isotoniche	63
6.11.2 Soluzioni ipotoniche	64
6.11.3 Soluzioni ipertoniche	64
6.12 Tipi di soluzioni	65
6.12.1 Soluzioni diluite e concentrate	65
6.12.2 Soluzioni sature	65
6.12.3 Soluzioni non sature	65
6.13 Conducibilità delle soluzioni	66
6.14 Sospensioni	67
6.15 Colloidi	67
6.15.1 Gel e sol	67
6.15.2 Dialisi	68
6.15.3 Emodialisi	68
6.16 Emulsioni	68
Domande	69

Capitolo 7 Acidi, basi e tamponi 71

7.1 Acidi	71
7.1.1 Proprietà degli acidi	74
7.1.2 Usi degli acidi	75
7.2 Basi	76
7.2.1 Proprietà delle basi	77
7.2.2 Usi delle basi	77

7.3	Acidi e basi forti e deboli	77
7.4	Ionizzazione dell'acqua	79
7.5	pH	80
7.6	Sali	81
7.6.1	pH delle soluzioni acquose dei sali	81
7.6.2	Usi dei sali	82
7.7	Soluzioni tampone	83
	Approfondimento: Acidosi e alcalosi	
	Domande	85

Capitolo 8 Introduzione alla chimica organica 87

8.1	Importanza della chimica organica	87
8.1.1	Confronto tra i composti organici e inorganici	88
8.2	Legami	88
8.3	Formule di struttura	89
8.4	Isomeri	90
8.5	Orientazione tridimensionale dei legami intorno all'atomo di carbonio	90
8.6	Capacità di legame del carbonio	91
8.7	Composti del carbonio con altri elementi	92

Materiale online 8A *Taxol: una storia di ricerca e scoperta*

Concetti chiave 92

Capitolo 9 Idrocarburi 93

9.1	Alcani	93
9.1.1	Formula generale degli alcani	95
9.1.2	Formule di struttura razionali	96
9.1.3	Gruppi alchilici	97

Materiale online 9A *Cicloalcani*

Materiale online 9B *Alogenuri alchilici*

9.2	Alcheni	98
9.3	Alchini	100
9.4	Alcune reazioni degli idrocarburi	101

Materiale online 9C *Presenza in natura degli idrocarburi, loro proprietà e utilizzi*

Materiale online 9D *Polimeri*

9.5	Idrocarburi aromatici: il benzene	101
9.5.1	Struttura del benzene	102
9.5.2	Proprietà del benzene	103
9.5.3	Derivati del benzene	103

Materiale online 9E *Polimeri*

	Domande	105
--	----------------	-----

Capitolo 10 Alcoli ed eteri	107
10.1 Alcoli	107
Materiale online 10A Uso degli alcoli	
10.1.1 Classificazione degli alcoli	108
10.1.2 Reazioni degli alcoli	109
Materiale online 10B Etilometro; controllo e misurazione dell'alcol nell'aria espirata	
10.2 Tioli	109
10.3 Eteri	110
10.3.1 Etere come anestetico	111
Materiale online 10C Ossido di etilene: uno sterilizzante	
Domande	111
Capitolo 11 Altri composti organici	113
11.1 Aldeidi	114
11.1.1 Preparazione per ossidazione degli alcoli primari	114
11.1.2 Nomenclatura delle aldeidi	114
Materiale online 11A Uso delle aldeidi	
11.1.3 Reazioni delle aldeidi	115
11.2 Chetoni	115
11.2.1 Preparazione per ossidazione degli alcoli secondari	115
11.2.2 Nomenclatura dei chetoni	116
Materiale online 11B Uso dei chetoni	
11.3 Emiacetali ed emichetali	116
11.4 Acidi carbossilici	117
11.4.1 Preparazione per ossidazione delle aldeidi	117
11.4.2 Nomenclatura degli acidi carbossilici	118
11.4.3 Proprietà e reazioni degli acidi carbossilici	119
Materiale online 11C Acidi carbossilici importanti dal punto di vista medico	
11.5 Esteri	119
11.5.1 Tioesteri	120
Materiale online 11D Esteri come agenti aromatizzanti	
11.5.2 Esteri fosforici	120
11.6 Ammine	121
11.6.1 Reazioni delle ammine	122
Materiale online 11E Solubilità dei farmaci nei liquidi corporei	
11.7 Amminoacidi	123
11.8 Ammidi	123
11.8.1 Formazione delle ammidi	123
11.8.2 Proprietà delle ammidi	124
Materiale online 11F L'aspartame, il peptide dolce	
Domande	125

Capitolo 12 Carboidrati	127
12.1 Introduzione	127
12.2 Monosaccaridi o zuccheri semplici	128
12.2.1 Isomeria ottica dei monosaccaridi naturali	130
Materiale online 12A L'isomeria delle molecole biologiche	
12.2.2 Ciclizzazione dei monosaccaridi	131
12.2.3 Glucosio	132
Materiale online 12B Le soluzioni glucosate	
Materiale online 12C L'emoglobina glicata	
12.2.4 Galattosio	133
12.2.5 Fruttosio	134
12.2.6 Amminozuccheri	135
12.3 Reazioni dei monosaccaridi	135
12.3.1 Ossidazione	135
Materiale online 12D Dosaggio degli zuccheri nei campioni biologici	
Materiale online 12D La cataratta nel paziente diabetico	
12.3.2 Riduzione	136
12.4 Disaccaridi	136
12.4.1 Maltosio	137
12.4.2 Saccarosio	137
Materiale online 12F Il potere edulcorante degli zuccheri e dei sostituti	
12.4.3 Lattosio	137
12.5 Polisaccaridi	138
12.5.1 Omopolisaccaridi	138
12.5.2 Eteropolisaccaridi	142
Domande	143
Capitolo 13 Lipidi	145
13.1 Introduzione	145
13.2 Acidi grassi	146
13.3 Trigliceridi: grassi e olii	149
13.3.1 Solubilità in acqua dei trigliceridi	150
13.3.2 Idrolisi dei trigliceridi	150
13.3.3 Idrogenazione. I grassi vegetali	
13.3.4 Ossidazione e conservazione dei trigliceridi	150
13.4 Fosfolipidi	151
13.4.1 Glicerofosfolipidi	151
13.4.2 Fosfoglycerolipidi	153
13.5 Glicolipidi	153
13.6 Steroli e Steroidi	154
Materiale online 13A Derivati degli acidi grassi	
Materiale online 13B Saponi e azione detergente	
Materiale online 13C Glicerofosfolipidi e membrane biologiche	
Domande	155

Capitolo 14 Nucleotidi e acidi nucleici 157

14.1 Introduzione	157
14.2 Costituenti degli acidi nucleici	159
14.2.1 Basi azotate	159
14.2.2 Monosaccaridi	159
14.2.3 Fosfato	160
14.3 Polimerizzazione dei nucleotidi	163
14.4 Struttura degli acidi nucleici	164
14.4.1 Struttura primaria	164
14.4.2 Struttura secondaria del DNA	164
14.4.3 Strutture di ordine superiore del DNA	165
14.5 Metabolismo degli acidi nucleici	166
Materiale online 14A La gotta	
Domande	168

Capitolo 15 Proteine 169

15.1 Introduzione	170
15.2 Dal genoma al proteoma	170
15.3 Amminoacidi	171
15.3.1 Classificazione degli amminoacidi	173
15.3.2 Proprietà acido-base degli amminoacidi	175
15.3.3 Gli amminoacidi e la dieta	176
15.4 Legame peptidico	176
15.5 Struttura delle proteine	178
Materiale online 15A Biochimica al computer	
15.5.1 Ripiegamento o folding delle proteine	178
15.5.2 Livelli strutturali	179
15.6 Emoglobina	184
15.7 Collagene	184

Materiale online 15B Proteine del trasporto dell'ossigeno: emoglobina e mioglobina

Materiale online 15C L'emoglobina e il monossido di carbonio

Materiale online 15D Patologie legate all'emoglobina

15.8 Glicoproteine	186
15.9 Lipoproteine plasmatiche	186
15.10 Denaturazione delle proteine	188
Materiale online 15E Metodi di analisi delle proteine	
Domande	189

Capitolo 16 Enzimi 191

16.1 Introduzione	191
16.2 Nomenclatura e classificazione	192
16.3 Struttura degli enzimi	193
16.4 Meccanismo di azione degli enzimi	194

16.5 Attività enzimatica	195
16.5.1 Fattori che influenzano l'attività enzimatica	197
16.6 Regolazione dell'attività enzimatica	198
16.6.1 Inibizione enzimatica	198
16.6.2 Regolazione allosterica	200
16.6.3 Regolazione covalente	200
16.7 Impiego in campo diagnostico degli enzimi	202
Domande	203
Capitolo 17 Strategie del metabolismo: digestione e bioenergetica	205
17.1 Introduzione	205
17.2 Macromolecole: digestione e assorbimento dei nutrienti	206
17.2.1 La digestione nella bocca	206
17.2.2 La digestione nello stomaco	206
17.2.3 La digestione nell'intestino e l'assorbimento	207
Materiale online 17A Difetti di digestione e assorbimento dei carboidrati	
Materiale online 17B Assorbimento di ferro e vitamine	
17.3 Concetti generali del metabolismo	210
17.4 Bioenergetica e ATP	211
17.5 Bioenergetica e coenzimi	212
Domande	213
Capitolo 18 Metabolismo dei carboidrati	215
18.1 Introduzione	215
18.2 Glicolisi	217
18.2.1 Ingresso nella via glicolitica di esosi alternativi al glucosio	220
18.3 Glicogenosintesi	220
18.4 Glicogenolisi	222
18.5 Via dei pentosi fosfato	223
18.6 Destino del piruvato in aerobiosi: trasformazione in acetil-CoA e ciclo di Krebs	224
18.7 Catena respiratoria e fosforilazione ossidativa	226
18.8 Gluconeogenesi	229
Domande	230
Capitolo 19 Metabolismo dei lipidi	231
19.1 Introduzione	231
19.2 Idrolisi dei trigliceridi e β -ossidazione degli acidi grassi	232
19.3 Lipogenesi	237
19.4 Il colesterolo	240
19.5 Sintesi di trigliceridi e dei glicerofosfolipidi	240
Domande	241

Capitolo 20 Metabolismo delle proteine	243
20.1 Funzioni degli amminoacidi	243
20.2 Bilancio dell'azoto e amminoacidi	244
20.3 Sintesi degli amminoacidi	245
20.4 Eliminazione del gruppo amminico	245
20.4.1 Transamminazione	245
20.4.2 Deamminazione ossidativa del glutammato	246
20.5 Destino dello scheletro carbonioso degli amminoacidi	247
20.6 Formazione dell'urea o ureogenesi	247
20.7 Altre reazioni degli amminoacidi	248
Materiale online 20A Metabolismo dell'emoglobina	
Domande	249
Capitolo 21 Biochimica del tessuto nervoso	251
21.1 Concetti generali	251
21.2 Molecole fondamentali e metabolismo del sistema nervoso	253
21.2.1 Metabolismo glucidico	
21.2.2 Metabolismo lipidico	254
22.2.3 Metabolismo amminoacidico	255
21.3 Interazioni neurone-neurone: neurotrasmettitori	256
Materiale online 21A Encefalopatie metaboliche	
Domande	261
Capitolo 22 Biochimica del tessuto muscolare scheletrico	263
22.1 Concetti generali	263
22.2 Muscolo scheletrico	264
22.2.1 Organizzazione del sistema contrattile	267
22.2.2 Meccanismo della contrazione	269
22.2.3 Tipi di fibre muscolari scheletriche	274
22.2.4 Substrati utilizzati dal muscolo scheletrico	275
Materiale online 22A Muscolo cardiaco	
Materiale online 22A Muscolo liscio	
Domande	278
Capitolo 23 Biochimica della nutrizione	279
23.1 Concetti generali	280
23.2 Fabbisogno energetico e valore energetico dei nutrienti	282
23.3 Macronutrienti	283
23.3.1 Acqua	284
23.3.2 Proteine	285
23.3.3 Glucidi	287

23.3.4 Lipidi	288
23.3.5 Basi azotate	289
23.3.6 Etanolo	290
23.4 Vitamine	290
23.4.1 Vitamine liposolubili	291
23.4.2 Vitamine idrosolubili	299
23.5 Fattori vitamino-simili	308
23.6 Componenti minerali	309
23.6.1 Elementi in ultratracce	314
23.7 Componenti bioattivi	315
23.7.1 Fibra alimentare	315
23.7.2 Probiotici e prebiotici	316
23.7.3 Molecole antiossidanti	316
<i>Domande</i>	317
Capitolo 24 Regolazione ormonale del metabolismo energetico	319
24.1 Concetti generali	319
24.2 Insulina	320
24.3 Glucagone	322
24.4 Adrenalina	323
24.5 Cortisolo	323
<i>Domande</i>	324
Indice analitico	325

Capitolo 9

Idrocarburi

CONCETTI CHIAVE

- Gli idrocarburi sono composti organici che contengono solo gli elementi carbonio e idrogeno. Il più semplice degli idrocarburi contiene solo un atomo di carbonio, ha formula molecolare CH_4 e si chiama metano, quello con due atomi di carbonio si chiama etano e quello che ne contiene tre si chiama propano. Questi composti vengono chiamati alcani.
- La formula molecolare generale degli alcani è $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$. Il nome degli alcani presenta la desinenza -ano. A partire dal pentano, il nome degli alcani contiene un prefisso che indica il numero di atomi di carbonio contenuti nel composto.
- Quando un alcano perde un atomo di idrogeno, si forma un gruppo alchilico, il cui nome si ottiene cambiando la desinenza -ano in -ile. Il gruppo alchilico che contiene un atomo di carbonio e che deriva quindi dal metano si chiama metile (CH_3^-). Il gruppo alchilico che deriva dall'etano si chiama etile (C_2H_5^-).
- Negli alcheni vi è la presenza di un doppio legame tra due degli atomi di carbonio. Il nome degli alcheni finisce con la desinenza -ene; essi hanno la formula molecolare C_nH_{2n} .
- Gli alchini contengono, invece, un triplo legame tra due degli atomi di carbonio, hanno formula generale $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ ed il loro nome finisce in -ino.
- Un idrocarburo saturo contiene atomi di carbonio legati tra loro solo attraverso legami semplici. Un idrocarburo insaturo contiene uno o più legami doppi o tripli tra gli atomi di carbonio. Gli idrocarburi saturi, reagendo con l'ossigeno, possono subire reazioni di ossidazione complete o incomplete, con produzione di anidride carbonica o di ossido di carbonio; gli idrocarburi insaturi, reagendo con l'idrogeno, possono venire ridotti ai corrispondenti idrocarburi saturi.
- Il benzene (C_6H_6) è il capostipite dei composti aromatici e ha la forma di un esagono regolare con un atomo di idrogeno legato a ciascun carbonio.
- Alcuni derivati del benzene sono il toluene e lo xilene.
- Alcuni composti policiclici aromatici sono il naftalene, l'antracene, il fenantrene e il benzopirene.

9.1 Alcani

Come suggerisce il nome, gli **idrocarburi** sono composti che contengono carbonio e idrogeno.

Si consideri l'idrocarburo che contiene un solo atomo di carbonio. Poiché il carbonio forma quattro legami, quattro atomi di idrogeno devono essere legati ad esso. Questo idrocarburo viene chiamato metano e ha la formula di struttura riportata in [Fig. 9.1a](#).

Se due atomi di carbonio sono legati insieme, sei atomi di idrogeno possono essere legati ad essi. Questo idrocarburo viene chiamato **etano**, ha formula molecolare C_2H_6 e la struttura mostrata in [Fig. 9.1b](#).

L'idrocarburo a tre atomi di carbonio contiene otto atomi di idrogeno. Questo composto, C_3H_8 , viene chiamato **propano**.

Questi composti sono chiamati **alcani** e sono considerati composti saturi, in quanto in essi si ritrovano solo legami covalenti semplici tra gli atomi di carbonio. Nella [Tabella 9.1](#) vengono elencati alcuni degli idrocarburi saturi. Per i primi quattro termini della serie, il loro nome non segue una regola sistematica, poiché è stato assegnato ad essi prima che il sistema della nomenclatura chimica fosse adottato. Comunque, a partire dal composto che contiene cinque atomi di carbonio, il nome dei successivi termini della serie viene assegnato secondo una regola di nomenclatura ben precisa. Si fa precedere al suffisso **-ano** un prefisso che indica il numero degli atomi di carbonio. Ad esempio, il pentano contiene cinque atomi di carbonio, l'esano ne contiene sei e così via. Come mostrato in [Tabella 9.1](#), nello scrivere le formule di struttura si può semplificare adottando una notazione razionale, che verrà discussa successivamente.

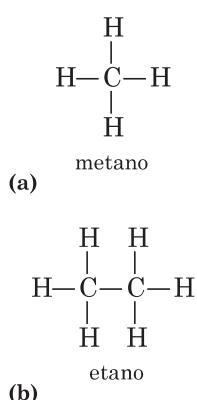


FIGURA 9.1
Metano **(a)** ed
etano **(b)**.

TABELLA 9.1 Alcani

Numero di atomi di carbonio	Nome	Formula molecolare	Formula di struttura	Formula di struttura razionale
1	Metano	CH_4	<pre> H H—C—H H </pre>	CH_4
2	Etano	C_2H_6	<pre> H H H—C—C—H H H </pre>	$CH_3—CH_3$ o CH_3CH_3
3	Propano	C_3H_8	<pre> H H H H—C—C—C—H H H H </pre>	$CH_3—CH_2—CH_3$ $CH_3CH_2CH_3$
4	Butano	C_4H_{10}	<pre> H H H H H—C—C—C—C—H H H H H—C—H H </pre>	$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$ $CH_3CH_2CH_2CH_3$ $CH_3—CH(CH_3)—CH_3$ $CH_3CH(CH_3)CH_3$

TABELLA 9.1 Continua

Numero di atomi di carbonio	Nome	Formula molecolare	Formula di struttura	Formula di struttura razionale
5	Pentano	C ₅ H ₁₂	3 isomeri ^a	
6	Esano	C ₆ H ₁₄	5 isomeri	
7	Eptano	C ₇ H ₁₆	9 isomeri	
8	Ottano	C ₈ H ₁₈	18 isomeri	
9	Nonano	C ₉ H ₂₀	35 isomeri	
10	Decano	C ₁₀ H ₂₂	75 isomeri	

^a Il numero di isomeri aumenta rapidamente all'aumentare del numero di atomi di carbonio. C₄₀H₈₂ ha 62.491.178.805.831 possibili isomeri.

9.1.1 Formula generale degli alcani

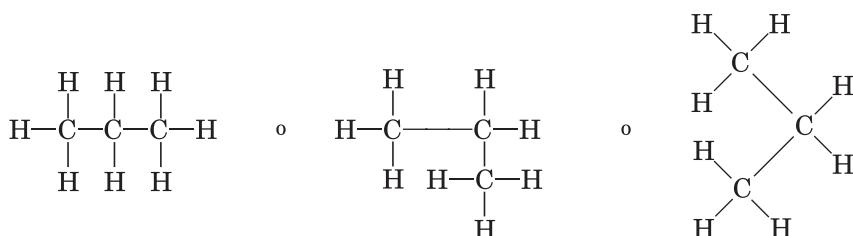
La formula generale degli alcani è:



dove n rappresenta il numero di atomi di carbonio. Questo significa che se un alcano contiene n atomi di carbonio, il numero degli atomi di idrogeno è il doppio di essi più due. Il butano contiene quattro atomi di carbonio; il numero degli atomi di idrogeno contenuti sarà $[(2 \times 4) + 2]$, cioè 10, in accordo con la formula molecolare riportata nella **TABELLA 9.1**. Analogamente, l'ottano ha otto atomi di carbonio e quindi conterrà $[(2 \times 8) + 2]$, cioè 18 atomi di idrogeno. Continuando con un più grande numero di atomi di carbonio, l'alcane contenente 16 atomi di carbonio conterrà $[(2 \times 16) + 2]$, cioè 34 atomi di idrogeno e avrà formula molecolare C₁₆H₃₄.

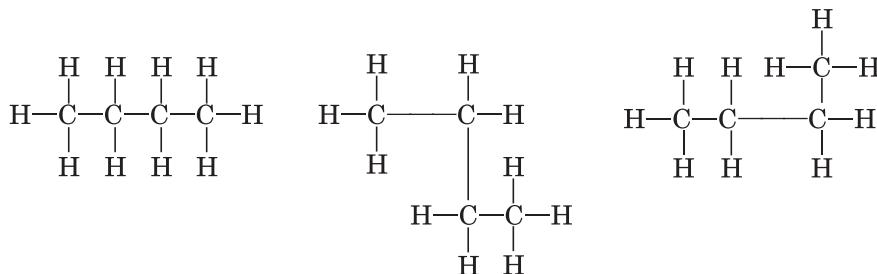
Gli atomi di carbonio legati con un legame semplice mostrano una **libera rotazione** intorno ad esso, cioè gli atomi di carbonio possono ruotare l'uno rispetto all'altro lungo l'asse passante per il legame. Quindi, per il composto avente formula molecolare C₃H₈, il propano, si può avere:

Libera rotazione

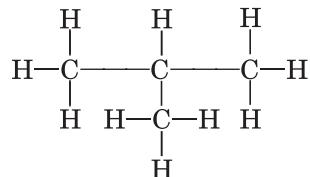


Comunque, queste formule rappresentano sempre lo stesso tipo di composto, costituito da una catena di tre atomi di carbonio; per comodità esso verrà indicato come un composto avente una catena lineare.

Nel caso del butano, C_4H_{10} , si possono scrivere diverse strutture per un composto avente quattro atomi di carbonio legati uno all'altro:



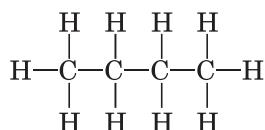
Anche queste strutture rappresentano sempre lo stesso composto perché derivano dalla rotazione intorno al legame carbonio-carbonio. Invece, il composto:



che ha sempre formula molecolare C_4H_{10} , non può formare una catena lineare di atomi di carbonio solamente con una rotazione intorno a un legame semplice. Quindi è un isomero del butano, infatti ha la stessa formula molecolare del composto precedente, ma differente formula di struttura (si veda il Capitolo 13).

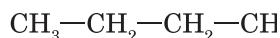
9.1.2 Formule di struttura razionali

Rappresentare una formula di struttura che mostri tutti i legami spesso risulta poco pratico. Pertanto, frequentemente si usa condensare la formula, scrivendo gli atomi di idrogeno sulla destra, vicino all'atomo di carbonio. Vi sono diversi modi per rappresentare le formule di struttura condensate, ognuno dei quali può essere utilizzato in base alla specifica convenienza. Ad esempio, la formula:



n-butano

può essere condensata a:



Eliminando i legami e assumendo che essi siano comunque presenti, la formula può essere ulteriormente condensata e scritta come:



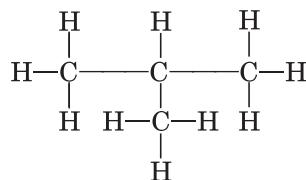
Semplificando ulteriormente, un alcano può essere rappresentato anche con una semplice linea spezzata, i cui vertici corrispondono agli atomi di carbonio della molecola e in cui gli atomi di idrogeno non vengono mostrati. Nel caso del butano si ha:



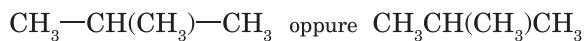
Raggruppando gli arrangiamenti di atomi uguali e indicando il numero di tali arrangiamenti con un numero in pedice, un'altra formula razionale dello stesso composto può essere scritta come:



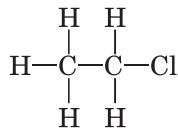
Per un composto ramificato, ogni gruppo legato alla catena lineare principale viene indicato in parentesi subito dopo l'atomo di carbonio al quale è legato. Ad esempio, la formula del composto:



può essere condensata razionalizzando nel modo:



Qualche volta gli atomi di carbonio vengono raggruppati. Ad esempio, la formula del composto:



può essere condensata a:



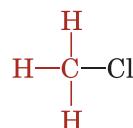
9.1.3 Gruppi alchilici

Quando un atomo di idrogeno viene rimosso da un alcano, si ha la formazione di un **gruppo alchilico**. Il nome dei gruppi alchilici si ottiene cambiando la desinenza *-ano* dell'alcane nella desinenza *-ile*. Dal metano si ottiene il gruppo **metile**. Dall'etano si ottiene l'**etile**. Il gruppo alchilico che contiene tre atomi di carbonio e che deriva dal propano si chiama **propile** ([Tabella 9.2](#)).

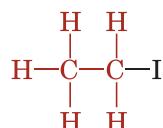
TABELLA 9.2 I più semplici gruppi alchilici

Nome del gruppo alchilico	Formula di struttura razionale
Metilico (metile)	CH_3-
Etilico (etile)	$\text{CH}_3\text{--CH}_2-$
<i>n</i> -Propilico (<i>n</i> -propile)	$\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2-$
Isopropilico (isopropile)	$\text{CH}_3\text{--CH--CH}_3$
<i>n</i> -Butilico (<i>n</i> -butile)	$\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2-$
Isobutilico (isobutile)	$\text{CH}_3\text{--CH--}(\text{CH}_3)\text{--CH}_2-$
<i>sec</i> -Butilico (<i>sec</i> -butile)	$\text{CH}_3\text{--CH--CH}_2\text{--CH}_3$
<i>terz</i> -Butilico (<i>terz</i> -butile)	$\text{CH}_3\text{--C--}(\text{CH}_3)\text{--CH}_3$

Il composto CH_3Cl , la cui formula di struttura è:



formato da un gruppo metile legato ad un atomo di cloro, viene quindi chiamato cloruro di metile. Il composto $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$ contiene il gruppo etilico e un atomo di iodio; esso viene chiamato ioduro di etile.



Approfondimento 9A Cicloalcani



Approfondimento 9B Alogenuri alchilici

9.2 Alcheni

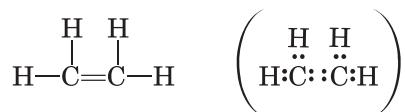
Negli alcani sono presenti solo legami semplici tra gli atomi di carbonio (tali composti vengono anche chiamati **idrocarburi saturi**).

Gli **alcheni** sono caratterizzati invece dalla presenza di un legame doppio tra due degli atomi di carbonio presenti nel composto (tali composti, assieme agli alchini, vengono anche chiamati **idrocarburi insaturi**).



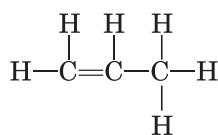
Si prendano in considerazione due atomi di carbonio legati con un doppio legame. Siccome per la formazione di questi legami vengono impegnati due elettroni per ogni atomo di carbonio, possono essere formati dai due atomi di

carbonio in questione solo altri quattro legami semplici. Infatti, per ogni legame semplice vengono condivisi due elettroni, mentre per ogni legame doppio ne vengono condivisi quattro. Quindi, l'idrocarburo che contiene due atomi di carbonio legati con un doppio legame è:



che ha formula molecolare C_2H_4 ed è chiamato **etene**.

Quando tre atomi di carbonio sono organizzati in una catena con un doppio legame tra due di essi, $\text{C}=\text{C}-\text{C}$, quanti atomi di idrogeno possono essere legati ad essi? La risposta è sei e la formula di struttura corrispondente è indicata di seguito.



La formula molecolare di questo composto è C_3H_6 e il suo nome è **propene**. Il nome di tutti gli alcheni si può far derivare da quello dell'alcane corrispondente cambiando la desinenza *-ano* in *-ene* (**Tabella 9.3**).

Si confrontino la formula di struttura dell'etano (C_2H_6) e quella dell'etene (C_2H_4).

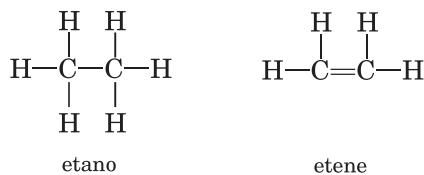


TABELLA 9.3 Alcuni alcheni semplici

Numero di atomi di carbonio	Nome	Formula molecolare	Formula di struttura	Formula di struttura razionale
2	Etene	C_2H_4	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$
3	Propene	C_3H_6	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C}=\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$
4	1-Butene	C_4H_8	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C} & -\text{C}=\text{C}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$
	2-Butene	C_4H_8	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C} & =\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$

L'alcano con tre atomi di carbonio è il propano, l'alchene corrispondente è il propene. Analogamente, l'alcano con quattro atomi di carbonio è il butano, l'alchene corrispondente è il butene. I nomi e le formule di struttura di alcuni alcheni sono elencati nella **Tabella 9.3**.

La formula molecolare generale degli alcheni è:



Gli alcheni con un solo doppio legame contengono quindi un numero doppio di atomi di idrogeno rispetto al numero di atomi di carbonio. Quindi, ad esempio, l'ottene contiene 8 atomi di carbonio e 16 atomi di idrogeno. Analogamente, la formula molecolare di un alchene che contiene 15 atomi di carbonio sarà $\text{C}_{15}\text{H}_{30}$. Gli idrocarburi con più di un doppio legame vengono chiamati **polieni** (dieni, trieni e via dicendo) o, più in generale, **idrocarburi poliinsaturi**.

9.3 Alchini

Si prendano in considerazione due atomi di carbonio legati con un triplo legame.

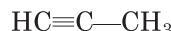


Quanti atomi di idrogeno possono essere legati a questi atomi di carbonio? La risposta in questo caso è due. La formula molecolare del corrispondente composto è C_2H_2 e il suo nome è **etino**. La sua formula di struttura è:



Il suo nome comune è acetilene, ma tale nome non viene più usato perché la sua desinenza *-ene* potrebbe denotare un alchene, mentre questo composto contiene un triplo legame e non un doppio legame tra i due atomi di carbonio.

Nel caso di una catena con tre atomi di carbonio, due dei quali legati con un triplo legame, solo quattro atomi di idrogeno possono essere legati a questi tre atomi di carbonio. Il composto risulta essere quindi:



con formula molecolare C_3H_4 , che viene chiamato propino. L'etino e il propino sono alchini e sono composti che contengono un triplo legame tra due degli atomi di carbonio presenti nella molecola. Il loro nome si ottiene da quello degli alcani corrispondenti cambiando la desinenza *-ano* in *-ino*. La formula molecolare generale di questa classe di composti è:

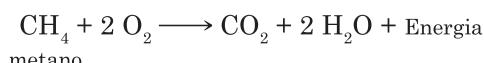


Quindi l'esino, che contiene sei atomi di carbonio, ha formula molecolare C_6H_{10} . Analogamente, l'ottino ha formula molecolare C_8H_{14} .

Gli alchini sono composti relativamente rari e normalmente non sono presenti nell'organismo umano.

9.4 Alcune reazioni degli idrocarburi

Gli alcani, **idrocarburi saturi**, reagendo con l'ossigeno (O_2), possono essere completamente ossidati (si veda il Capitolo 5) fino a produrre anidride carbonica, acqua ed energia, secondo la seguente reazione, detta reazione di **combustione**:



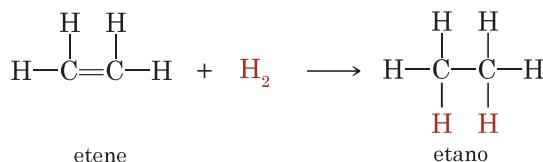
Combustione

Per combustione incompleta degli alcani si ottiene ossido di carbonio anziché anidride carbonica. La reazione per la combustione incompleta del metano è:



La combustione incompleta degli idrocarburi componenti la benzina produce anche ossido di carbonio, che viene emesso con i fumi di scarico delle automobili ed è uno dei principali inquinanti dell'atmosfera. L'ossido di carbonio è un composto mortale per l'uomo, in quanto si combina con l'emoglobina e impedisce che questa trasporti l'ossigeno alle cellule.

Quando un alchene, **idrocarburo insaturo**, reagisce con l'idrogeno (H_2) avviene una reazione di riduzione (si veda il Capitolo 5) detta di **addizione**: gli atomi di idrogeno si addizionano al doppio legame e lasciano un legame semplice tra i due atomi di carbonio, generando l'alcane corrispondente.



Addizione

Le reazioni di addizione possono portare, quindi, alla formazione di composti saturi (alcani) a partire da quelli insaturi (alcheni). Un'applicazione pratica di questo tipo di reazioni verrà discussa nel caso dell'idrogenazione dei grassi e degli oli (si veda il Capitolo 14).



Approfondimento 9C Presenza in natura degli idrocarburi, loro proprietà e utilizzi



Approfondimento 9D Polimeri

9.5 Idrocarburi aromatici: il benzene

Il termine **aromatico** è stato inizialmente introdotto per identificare alcuni composti che possedevano un odore gradevole e un comportamento chimico-fisico simile. Studi successivi hanno dimostrato che molti di questi composti possedevano

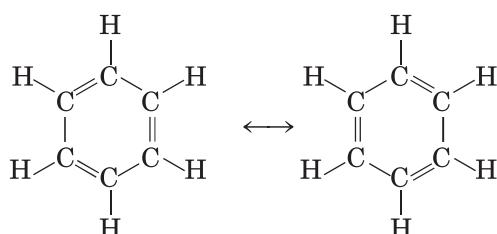
Aromatico

tutti una struttura ciclica. Comunque, non tutti i composti con un odore gradevole hanno una struttura ciclica. Attualmente, il termine aromatico viene usato per individuare quei composti organici che contengono legami simili a quelli contenuti nel più importante composto di questa classe, il **benzene**.

9.5.1 Struttura del benzene

Il **benzene** ha come formula molecolare C_6H_6 . Poiché vi è un atomo di idrogeno per ogni atomo di carbonio, la sua formula di struttura dovrebbe contenere alcuni doppi legami tra i sei atomi di carbonio, in maniera tale da soddisfare la regola per la quale ogni atomo di carbonio può formare quattro legami. Se questo fosse vero, il benzene dovrebbe avere una struttura analoga a quella degli idrocarburi insaturi e una reattività simile ad essi. Ma, contrariamente a quanto ipotizzabile, il benzene è un composto abbastanza stabile e poco reattivo nelle reazioni tipiche degli alcheni.

La struttura del benzene fu dedotta per la prima volta da Kekulé nel 1865. Egli arrivò alla conclusione che i sei atomi di carbonio del benzene erano legati per formare una struttura ciclica con un legame semplice e uno doppio alternati e in cui a ciascun atomo di carbonio era legato uno degli atomi di idrogeno. Inoltre, Kekulé suggerì che la posizione dei legami doppi e semplici potesse cambiare, generando così le due strutture di risonanza indicate di seguito.



strutture di risonanza del benzene

La reale struttura del benzene è un ibrido di risonanza delle due strutture di Kekulé equivalenti. I sei legami C—C sono tutti identici e non sono né singoli né doppi, bensì un ibrido tra i due tipi. Questo è dovuto al fatto che nel benzene, come in tutti i composti aromatici, esiste un sistema di delocalizzazione.

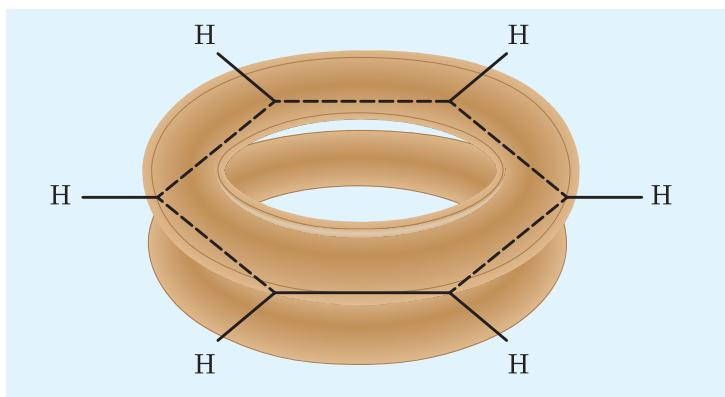


FIGURA 9.2
Struttura a nuvole elettroniche del benzene.

E. Chiricozzi • D. Colombo • F. Magni • O. Marin • P. Palestini • V. Tugnoli

Elementi di 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**.



€ 27,00



9 788836 230792