

# Indice

## Parte 1 CHIMICA GENERALE MEDICA

### 1

## Struttura della materia

- 1.1** La materia e gli elementi 1
  - 1.1.1** La composizione in elementi del corpo umano 1
- 1.2** L'atomo: la sua storia in breve 1
  - 1.2.1** I costituenti dell'atomo 2
  - 1.2.2** Mole e molecola 4
- 1.3** Gli elettroni 4
  - 1.3.1** I numeri quantici 5
  - 1.3.2** La forma degli orbitali 6
  - 1.3.3** La configurazione elettronica 6
- 1.4** La tavola periodica 7
  - 1.4.1** La configurazione elettronica esterna e il volume atomico 9
  - 1.4.2** Il potenziale di ionizzazione, l'affinità elettronica e l'elettronegatività 9

### ESERCIZI 10



*L'importanza biologica degli elementi di transizione 8*

### 2

## Chimica nucleare e radioattività

- 2.1** Il nucleo dell'atomo 13
- 2.2** Decadimento radioattivo 14
- 2.3** Decadimento alfa ( $\alpha$ ) 15
- 2.4** Decadimento beta ( $\beta$ ) 15
  - 2.4.1** Decadimento  $\beta^-$  15
  - 2.4.2** Decadimento  $\beta^+$  e cattura elettronica 16
- 2.5** Radiazioni gamma ( $\gamma$ ) e raggi X 18
- 2.6** Interazione radiazione-materia 18
  - 2.6.1** Potere penetrante delle radiazioni direttamente ionizzanti  $\alpha$  e  $\beta$  19
  - 2.6.2** Potere penetrante dei fotoni  $\gamma$  e X 20
  - 2.6.3** Effetti biologici delle radiazioni 20

**2.7 Unità di misura delle radiazioni** 21**2.7.1** Dosi 22**ESERCIZI** 25*Tomografia a emissione di positroni* 17*Uso delle radiazioni nella medicina: radiodiagnostica e radioterapia* 23*Radioterapia: impiego delle radiazioni ionizzanti per la cura dei tumori* 23**3****I legami chimici****3.1 Classificazione dei legami chimici** 27**3.2 Legami covalenti** 28**3.2.1** Orbitali di legame e di antilegame 29**3.2.2** Legami covalenti omopolari ed eteropolari 31**3.2.3** Legame di coordinazione o dativo 31**3.2.4** Complessi di coordinazione 32**3.2.5** Legami  $\sigma$  e legami  $\pi$  34**3.2.6** Ibridazione degli orbitali 34**3.3 I legami elettrostatici** 36**3.3.1** Il legame ionico 36**3.3.2** Legami dipolari 36**3.3.3** Legami ione-dipolo 37**3.3.4** I legami a idrogeno 38**3.3.5** Legami di Van der Waals 38**3.4 Il legame idrofobico** 39**ESERCIZI** 41*L'importanza biologica degli ioni idrati* 37*L'importanza biologica dei legami deboli* 40**4****Gli stati di aggregazione della materia****4.1 Lo stato aeriforme** 43**4.1.1** Leggi dei gas 43**4.1.2** Temperatura assoluta ed equazione di stato dei gas 45*Unità di misura della pressione* 46**4.1.3** La teoria cinetica dei gas 47**4.1.4** Gas reali 48**4.1.5** Gas e vapori 48**4.2 L'equilibrio gas-liquido: evaporazione e condensazione** 49**4.3 Lo stato liquido** 50**4.3.1** Ebollizione 50**4.3.2** Calore di evaporazione 51**4.3.3** Tensione superficiale 52**4.4 Lo stato solido** 54**4.4.1** Solidi vetrosi 54**ESERCIZI** 56*Legge di Boyle e respirazione* 43*La termoregolazione* 51*Tensione superficiale e respirazione* 53

## 5

## Termodinamica e bioenergetica

- 5.1 Termodinamica** 57
  - 5.1.1** I sistemi termodinamici 57
  - 5.1.2** L'entalpia 58
  - 5.1.3** L'entropia 60
  - 5.1.4** Entropia e informazione 61
  - 5.1.5** L'energia libera 62
- 5.2 Energia libera ed equilibrio** 63
  - 5.2.1** Trasformazioni reversibili e irreversibili 64
- 5.3 Bioenergetica** 64

**ESERCIZI** 67

*Invecchiamento: una necessità termodinamica* 66  
*Il folding delle proteine: un rischio termodinamico* 66

## 6

## Miscele e soluzioni

- 6.1 Tipi di miscele** 69
- 6.2 Tipi di soluzioni** 70
  - 6.2.1** Soluzioni gassose 70
  - 6.2.2** Soluzioni liquide 71
  - 6.2.3** Soluzioni solide 71
- 6.3 Solubilità** 72
- 6.4 L'acqua come solvente** 73
  - 6.4.1** L'acqua e i soluti ionici 74
  - 6.4.2** L'acqua e i soluti molecolari 74
  - 6.4.3** Considerazioni energetiche 75
- 6.5 Solubilità dei gas nei liquidi (acqua)** 75
  - 6.5.1** Solubilità di gas che reagiscono con l'acqua o con altre molecole 77
- 6.6 Concentrazione delle soluzioni** 78
  - 6.6.1** Rapporto peso/peso 78
  - 6.6.2** Rapporto peso/volume 79
  - 6.6.3** Rapporto volume/volume 80
  - 6.6.4** Diluizioni 80
  - 6.6.5** La concentrazione nelle miscele di gas 81

**ESERCIZI** 85

*Gli alginati* 72  
*La legge di Henry in medicina* 77  
*L'ossigenazione* 82  
*Insufficienti disponibilità di ossigeno* 84

## 7

## Le proprietà colligative delle soluzioni

- 7.1 Abbassamento della pressione di vapore** 87
- 7.2 Innalzamento della temperatura di ebollizione** 88
- 7.3 Abbassamento della temperatura di congelamento** 89
- 7.4 Osmosi e pressione osmotica** 89
  - 7.4.1** Tipi di membrane e passaggio di soluti 89
  - 7.4.2** Diffusione 90

- 7.4.3 Osmosi 90
- 7.4.4 Osmolarità 92
- 7.4.5 Confronto tra le proprietà osmotiche delle soluzioni 93
- 7.4.6 L'osmolarità dei liquidi intracellulari ed extracellulari 94
- 7.4.7 I meccanismi fisiologici di controllo dell'osmolarità plasmatica 96

#### ESERCIZI 99



- Abbassamento della pressione di vapore e termoregolazione* 88
- Osmosi inversa, ultrafiltrazione e dialisi* 92
- Soluzioni impiegate nella clinica* 93
- Il ruolo del rene* 97
- La somministrazione di fluidi per via endovenosa e il mantenimento dell'osmolarità* 98
- Dalla teoria alla pratica: come correggere una situazione di alterata osmolarità?* 98

## 8

### Cinetica ed equilibri chimici

- 8.1 Le molecole dei reagenti devono urtarsi** 101
  - 8.1.1 Reazioni a più stadi 102
  - 8.1.2 Ordine di una reazione 102
  - 8.1.3 Tempo di dimezzamento e costante di velocità 104
- 8.2 La legge di Arrhenius** 105
  - 8.2.1 Gli urti devono avvenire con l'orientamento corretto: il fattore sterico 105
  - 8.2.2 Le molecole devono avere un'energia sufficiente per reagire: l'energia di attivazione 106
- 8.3 I catalizzatori** 107
  - 8.3.1 Le reazioni catalizzate da enzimi 107
- 8.4 Altri fattori che influenzano la velocità di una reazione** 108
- 8.5 Equilibrio chimico** 110
  - 8.5.1 Costante di equilibrio ed energia libera 111
- 8.6 Il principio dell'equilibrio mobile (principio di Le Châtelier)** 113
  - 8.6.1 Effetto della temperatura sulla costante di equilibrio 114
- 8.7 Equilibri multipli** 115
- 8.8 Equilibri eterogenei** 116
- 8.9 Stato stazionario** 116

#### ESERCIZI 118



- La febbre e la terapia con il freddo* 109
- Farmacocinetica* 109

## 9

### Acidi, basi e sali

- 9.1 La teoria di Arrhenius** 119
- 9.2 La teoria di Brønsted e Lowry** 120
- 9.3 Dissociazione dell'acqua** 120
  - 9.3.1 Il pH 121
- 9.4 Costanti di dissociazione** 122
  - 9.4.1 Acidi forti e acidi deboli 123
  - 9.4.2 Il calcolo del pH di una soluzione di acido forte o di acido debole 124
  - 9.4.3 Acidi poliprotici 124
  - 9.4.4 Elettroliti anfoteri 125
- 9.5 Reazione acido-base: i sali** 125
  - 9.5.1 Il pH delle soluzioni saline (idrolisi salina) 126

- 9.6 Prodotto di solubilità** 127
- 9.7 Soluzioni tampone** 130
  - 9.7.1** Efficienza di un tampone 131
  - 9.7.2** Indicatori di pH 132
- 9.8 I tamponi del sangue** 133
  - 9.8.1** Il tampone bicarbonato 134
  - 9.8.2** Il tampone fosfato 134
  - 9.8.3** Il tampone proteina/proteinato 135

#### ESERCIZI 140



- Le reazioni acido-base in medicina: gli antiacidi* 127
- Il prodotto di solubilità nella clinica* 129
- La colica renale e il prodotto di solubilità* 129
- Equilibrio acido-base* 135
- Emogasanalisi* 136
- Gli ioni nel sangue, l'elettroneutralità, il gap anionico (AG)* 138

## 10

### Elettrochimica

- 10.1 I conduttori** 141
- 10.2 I potenziali di membrana** 142
  - 10.2.1** Potenziale di diffusione 143
    - Unità di misura dell'energia elettrica* 143
  - 10.2.2** Equilibrio di Donnan 144
  - 10.2.3** Potenziale di membrana in condizioni di stato stazionario 145
  - 10.2.4** Il potenziale della membrana cellulare 146
- 10.3 Ossidazioni e riduzioni** 146
  - 10.3.1** Il numero di ossidazione 147
  - 10.3.2** Le ossido-riduzioni dei composti organici 148
  - 10.3.3** Il bilanciamento delle reazioni di ossido-riduzione 149
- 10.4 I semielementi** 150
  - 10.4.1** I potenziali di riduzione e l'equazione di Nernst 150
  - 10.4.2** La reazione tra potenziali di riduzione e costante di equilibrio 151
- 10.5 La pila** 152
- 10.6 L'elettrolisi** 154
  - 10.6.1** L'equivalente elettrochimico 155

#### ESERCIZI 158



- L'elettroforesi delle proteine* 142
- L'azione disinfettante dell'acqua ossigenata* 148
- Emogasanalizzatore* 155

## Parte 2 CHIMICA ORGANICA

## 11

### Il carbonio nei composti organici

- 11.1** La rappresentazione dei composti del carbonio: le formule di struttura 159
- 11.2** L'ibridazione degli orbitali del carbonio 160
- 11.3** I gruppi funzionali 163
- 11.4** La rappresentazione tridimensionale dei composti organici 164
- 11.5** Isomeria 164
  - 11.5.1** Isomeria strutturale 165

- 11.5.2 Stereoisomeria 165
- 11.5.3 Isomeria conformazionale 166
- 11.5.4 Isomeria geometrica o isomeria *cis-trans* 168
- 11.5.5 Isomeria ottica o enantiomeria 169
  - La misurazione dell'attività ottica* 169
- 11.5.6 Proiezioni di Fischer e configurazioni 170
- 11.6 Ossidazioni e riduzioni 171
  - Il sistema R-S* 171
- 11.7 Reazioni organiche: omolisi ed eterolisi 172
- 11.8 Effetto induttivo 173
- 11.9 Nucleofili ed elettrofili 173
- 11.10 Acidità e basicità dei composti organici 174

**ESERCIZI** 175*Recettori, farmaci ed enantiomeria* 170

## 12

### Idrocarburi e alogenuri alchilici

- 12.1 Alcani e cicloalcani 177
  - La nomenclatura IUPAC* 178
  - 12.1.1 Tensione di legame nei cicloalcani 178
  - 12.1.2 Reazioni degli alcani 180
  - 12.1.3 Alcani di interesse biologico 181
- 12.2 Alcheni 181
  - 12.2.1 Delocalizzazione elettronica e dieni coniugati 181
  - 12.2.2 Reazioni degli alcheni e dei dieni coniugati 183
- 12.3 Alchini 185
  - 12.3.1 Reazioni degli alchini 186
- 12.4 I composti aromatici 186
  - 12.4.1 Areni, idrocarburi aromatici 188
  - 12.4.2 Reazioni dei composti aromatici 189
- 12.5 Alogenuri alchilici 190
  - 12.5.1 Reazione degli alogenuri alchilici: le sostituzioni nucleofile 191
  - 12.5.2 Meccanismo delle sostituzioni nucleofile:  $S_N2$  e  $S_N1$  192
  - 12.5.3 Reazioni di eliminazione 194

**ESERCIZI** 195*Gli anestetici per inalazione* 190

## 13

### Gruppi funzionali contenenti eteroatomi

- 13.1 Gli alcoli 198
  - 13.1.1 Sintesi degli alcoli 199
  - 13.1.2 Ossidazione degli alcoli 199
  - 13.1.3 Reazioni con rottura del legame C-O 200
  - 13.1.4 Reazioni con rottura del legame O-H 201
  - 13.1.5 Alcoli aromatici: i fenoli 203
- 13.2 Tioli 204
- 13.3 Eteri e tioeteri 205

**13.4 Ammine** 205**13.4.1** Basicità delle ammine 206**13.4.2** Le ammine come reagenti nucleofili 206**13.4.3** Ossidazione delle ammine 207**ESERCIZI** 209*L'alcol come disinfettante* 202*Metabolismo dell'etanolo* 202*Farmaci mucolitici* 205*Le monoamminossidasi* 208*Le ammine biogene* 208*Le reazioni con acido nitroso* 209**14****Aldeidi e chetoni****14.1** Nomenclatura e proprietà 211**14.2** Sintesi di aldeidi e chetoni 212**14.3** Reazioni di aldeidi e chetoni 212**14.3.1** Riduzione e ossidazione 213**14.3.2** La reattività verso l'addizione nucleofila 214**14.3.3** Reazioni nucleofile: formazione di aldeidi idrate, emiacetali e acetali 214**14.3.4** Addizione di ammine 215**14.4** Acidità dei composti carbonilici e sue conseguenze 216**14.4.1** Tautomeria cheto-enolica 217**14.4.2** Importanza biologica della tautomeria 217**14.4.3** Condensazione aldolica 219**ESERCIZI** 221*Una nuova vita per la reazione di Tollens: il silver staining* 213*La rodopsina, l'immina della visione* 216*I corpi chetonici* 221**15****Acidi carbossilici e derivati****15.1** Nomenclatura 223**15.1.1** Acidi con altri gruppi funzionali 224**15.1.2** Derivati degli acidi carbossilici 224**15.2** Proprietà degli acidi carbossilici 225**15.2.1** Acidità 225**15.3** Sintesi degli acidi carbossilici 226**15.4** Reazioni di acidi carbossilici e derivati 226**15.4.1** Alogenuri acilici 227**15.4.2** Anidridi 227**15.4.3** Tioesteri 227**15.4.4** Acidi carbossilici 228**15.4.5** Esteri 229**15.4.6** Ammidi 230**15.5** Idrolisi dei derivati degli acidi carbossilici 230**15.5.1** Idrolisi acida 230**15.5.2** Idrolisi basica (saponificazione) 230**15.6** Condensazione di Claisen 232**15.7** Reazioni degli acidi carbossilici contenenti altri gruppi funzionali 232

- 15.7.1 Ossiacidi e formazione dei lattoni 232
- 15.7.2 Decarbossilazione dei chetoacidi e degli acidi policarbossilici 233
- 15.7.3 Decarbossilazione degli amminoacidi 233

**ESERCIZI** 237

*I derivati organici dell'acido fosforico: composti chiave in biochimica* 234

**Parte 3 PROPEDEUTICA BIOCHIMICA**

## 16

## Carboidrati

- 16.1 Classificazione e nomenclatura 239
- 16.2 Stereoisomeria 240
- 16.3 Monosaccaridi 240
  - 16.3.1 Formazione degli emiacetali ciclici 242
  - 16.3.2 Legame glicosidico 244
- 16.4 Reazioni dei monosaccaridi 245
  - 16.4.1 Ossidazione: acidi aldonici, uronici e aldarici 245
  - 16.4.2 Riduzione: alditoli e desossizuccheri 246
  - 16.4.3 Tautomeria: conversione aldosi-chetosi e amminozuccheri 247
- 16.5 Disaccaridi 249
- 16.6 Oligosaccaridi e loro derivati 250
- 16.7 Polisaccaridi 251
  - 16.7.1 Omopolisaccaridi 251
  - 16.7.2 Eteropolisaccaridi 253

**ESERCIZI** 254

*Dal profumo del caffè all'invecchiamento: la glicazione delle proteine e la reazione di Maillard* 248  
*L'intolleranza al lattosio* 250

## 17

## Lipidi

- 17.1 Acidi grassi 257
  - 17.1.1 Nomenclatura 258
  - 17.1.2 Insaturazione e proprietà fisiche 258
  - 17.1.3 Insaturazione e proprietà chimiche 259
  - 17.1.4 Acidi grassi essenziali 259
- 17.2 Trigliceridi (triacilgliceroli) 261
  - 17.2.1 Funzioni degli acilgliceroli 261
  - 17.2.2 Grassi, oli, margarine 262
  - 17.2.3 Saponificazione dei trigliceridi 262
- 17.3 Lipidi di membrana 263
  - 17.3.1 Glicerofosfolipidi 263
  - 17.3.2 Sfingolipidi 264
  - 17.3.3 Colesterolo 264
  - 17.3.4 La membrana cellulare 265

**ESERCIZI** 266

*La cascata dell'acido arachidonico e l'azione dei FANS* 260

## 18

## Vitamine, nucleotidi e acidi nucleici

### 18.1 Eterocicli 269

18.1.1 Eterocicli contenenti ossigeno 269

18.1.2 Eterocicli pentatomici contenenti azoto 269

18.1.3 Composti biologici contenenti strutture di eterocicli pentatomici 270

18.1.4 Eterocicli esatomici contenenti azoto 272

### 18.2 Vitamine 273

### 18.3 Basi azotate, nucleosidi e nucleotidi 274

18.3.1 I nucleotidi 276

18.3.2 Coenzimi 278

### 18.4 Acidi nucleici 280

18.4.1 Il DNA 281

*La determinazione della struttura del DNA* 283

18.4.2 L'RNA 284

### ESERCIZI 285



*Le malattie da avitaminosi e da sovradosaggio di vitamine* 273

*Effetti dell'alterata regolazione dei nucleotidi ciclici* 277

*Gli agenti intercalanti* 283

## 19

## Amminoacidi e proteine

### 19.1 Gli amminoacidi naturali 287

19.1.1 Proprietà acido-base degli amminoacidi 288

19.1.2 Classificazione degli amminoacidi 290

### 19.2 Il legame peptidico 292

19.2.1 Formazione del legame peptidico *in vivo* 294

### 19.3 I livelli di struttura delle proteine 296

19.3.1 Struttura primaria 296

19.3.2 Struttura secondaria 296

19.3.3 Strutture supersecondarie 297

19.3.4 Struttura terziaria 298

19.3.5 Struttura quaternaria 298

### 19.4 Interazione con le proteine 299

### 19.5 La forma delle proteine 300

19.5.1 Proteine fibrose 300

19.5.2 Proteine globulari 300

### 19.6 Le proteine di membrana 301

### 19.7 Il folding delle proteine 302

### ESERCIZI 304



*I dosaggi radioimmunologici* 300

*Le amiloidosi, malattie da misfolding* 302

*La proteina prionica* 303

### Soluzioni degli esercizi 306

### Indice analitico 324

## FONTI DELLE ILLUSTRAZIONI

- Fig. 2.2 LPS.  
Fig. 2.4 ebook.scuola.zanichelli.it.  
Fig. 2.6 Wikipedia.  
Fig. 2.13 uniroma2.it.  
Fig. 2.19 Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica.  
Fig. 2.20 tiroideonline.eu.  
Fig. 3.25.a, c G. Valitutti, M. Falasca, A. Tifi, A. Gentile, *Chimica: concetti e modelli.blu*, Zanichelli, Bologna 2014.  
Fig. 3.25.b D. Nelson, M. Cox, *I principi di Biochimica di Lehninger*, Zanichelli, Bologna 2014.  
Fig. 3.26 G. Valitutti et al., *Op. cit.*  
Fig. 4.2 D. Sadava, D. Hillis, H. Craig Heller, M. Berenbaum, *Biologia*, Zanichelli, Bologna 2014.  
Fig. 4.13 socratic.org.  
Fig. 5.1 D. Pinzani, C. Panero, G. Bagni, *Sperimentare la chimica*, Zanichelli, Bologna 2015.  
Fig. 5.5 Marina Lohrbach / Shutterstock.  
Fig. 5.10 D. Sadava et al., *Op. cit.*  
Fig. 5.11 D. Nelson, M. Cox, *Op. cit.*  
Fig. 6.2 Designua / Shutterstock.  
Fig. 6.3 Komsan Loonprom / Shutterstock.  
Fig. 6.4 G. Valitutti et al., *Op. cit.*  
Fig. 6.10 Littlesam / Shutterstock.  
Fig. 7.2 Science Photo Library.  
Fig. 7.7 7.uc.cl.  
Fig. 9.1 Science Photo Library.  
Fig. 9.4 Wikimedia Commons.  
Fig. 9.5 anatomybox.com.  
Fig. 9.6 calcoli.renali.com.  
Fig. 9.10 Carlo Erba.  
Fig. 9.12.a inran.it.  
Fig. 9.12.b tntmedical.com.vn.  
Fig. 9.12.c congress.wooky.it.  
Fig. 10.1 G. Valitutti et al., *Op. cit.*  
Fig. 10.9 my-personaltrainer.it.  
Fig. 10.11 Flat World Knowledge.  
Fig. 11.1 Alchetron.  
Fig. 11.23 D. Sadava, D. Hillis, H. Craig Heller, M. Berenbaum, *Chimica organica, biochimica e biotecnologie*, Zanichelli, Bologna 2016.  
Fig. 12.16, 12.20, 12.26, 13.1 H. Hart, C. Hadad, L. Craine, D. Hart, *Chimica organica*, Zanichelli, Bologna 2012.  
Fig. 14.1 Science Photo Library.  
Fig. 14.2 Jose Luis Calvo / Shutterstock.  
Fig. 14.8.b Petarg / Shutterstock.  
Fig. 15.3 Science Photo Library.  
Fig. 15.11 Sadava, D. Hillis, H. Craig Heller, M. Berenbaum, *Chimica organica, biochimica e biotecnologie*, Zanichelli, Bologna 2016.  
Fig. 16.16 Wikimedia Commons.  
Fig. 16.20 D. Nelson, M. Cox, *Op. cit.*  
Fig. 17.3 BCA Chemistry, Word Press.  
Fig. 17.9 Science Photo Library.  
Fig. 18.2 H. Hart et al., *Op. cit.*  
Fig. 18.9, 18.19 Science Photo Library.  
Fig. 18.27 M. Cox et al., *Op. cit.*  
Fig. 18.28 D. Nelson, M. Cox, *Op. cit.*  
Fig. 18.29 Profiles in Science.  
Fig. 18.30 kcl.ac.uk.  
Fig. 18.31 M. Cox et al., *Op. cit.*  
Fig. 18.32, 19.8 D. Nelson, M. Cox, *Op. cit.*  
Fig. 19.13 Pearson Education.  
Fig. 19.14, 19.15, 19.16 D. Nelson, M. Cox, *Op. cit.*  
Fig. 19.18 Slide Player.  
Fig. 19.20 Wikimedia Commons.  
Fig. 19.21 Science Photo Library.  
Fig. 19.22 D. Sadava et al., *Op. cit.*  
Fig. 19.24 D. Nelson, M. Cox, *Op. cit.*  
Fig. 19.25 Science Photo Library.