

Indice generale

Presentazione di Andrea Lenzi	XV
Presentazione di Evelina Lamma e Paolo Tanganelli	XVI
Prefazione di Tiziana Bellini	XVII
Organizzazione e obiettivi del libro	XVIII

PARTE 1 – CHIMICA GENERALE MEDICA

1

Struttura della materia 1

- 1.1** Materia ed elementi 1
 - 1.1.1** Composizione in elementi del corpo umano 1
- 1.2** L'atomo: i suoi costituenti 2
 - 1.2.1** Mole e molecola 3
- 1.3** L'atomo: la sua storia in breve 4
- 1.4** L'atomo: fondamenti della teoria atomica 5
 - 1.4.1** Numeri quantici 5
 - 1.4.2** Forma degli orbitali 7
 - 1.4.3** Configurazione elettronica 7
- 1.5** Tavola periodica 9
 - 1.5.1** Configurazione elettronica esterna e volume atomico 11
 - 1.5.2** Potenziale di ionizzazione, affinità elettronica ed elettronegatività 11



Proprietà magnetiche del nucleo e risonanza magnetica nucleare 8
Importanza biologica degli elementi di transizione e di altre sostanze elementari di interesse biomedico 10

APPENDICE Nomenclatura IUPAC e tradizionale 11

- Formule di struttura 13
- Regole generali della nomenclatura inorganica 13
- Classi di composti 15
- Esercizi svolti 22

2

Chimica nucleare e radioattività 23

- 2.1** Nucleo atomico 23
- 2.2** Decadimento radioattivo 24
- 2.3** Decadimento alfa (α) 25

2.4 Decadimento beta (β) 25**2.4.1** Decadimento β^- 25**2.4.2** Decadimento β^+ e cattura elettronica 26**2.5 Radiazioni gamma (γ) e raggi X** 28**2.6 Interazione radiazione-materia** 28**2.6.1** Potere penetrante delle radiazioni direttamente ionizzanti α e β 29**2.6.2** Potere penetrante dei fotoni γ e X 30**2.6.3** Effetti biologici delle radiazioni 30**2.7 Unità di misura delle radiazioni** 31**2.7.1** Dosi 32*Tomografia a emissione di positroni* 27*Applicazioni cliniche dei raggi X* 28*Uso delle radiazioni nella medicina: radiodiagnostica e radioterapia* 33*Radioterapia: impiego delle radiazioni ionizzanti per la cura dei tumori* 33

3

Legami chimici

 36**3.1 Classificazione dei legami chimici** 37**3.2 Legami covalenti** 37**3.2.1** Legami covalenti omopolari ed eteropolari 38**3.2.2** Legame di coordinazione (legame dativo) 39**3.2.3** Complessi di coordinazione 40**3.2.4** Legami σ e legami π 41**3.2.5** Ibridazione degli orbitali 42**3.3 Legami elettrostatici** 44**3.3.1** Legame ionico 44**3.3.2** Legami dipolari 44**3.3.3** Legami ione-dipolo 45**3.3.4** Legame idrogeno 46**3.3.5** Legami di Van der Waals 46**3.4 Legame idrofobico o interazione idrofobica** 48*Chelanti in medicina* 41*Importanza biologica degli ioni idrati* 45*Importanza biologica dei legami deboli* 49

4

Stati di aggregazione della materia

 50**4.1 Stato aeriforme** 50**4.1.1** Leggi dei gas 50**4.1.2** Temperatura assoluta ed equazione di stato dei gas 52• **Unità di misura della pressione** 53**4.1.3** Teoria cinetica dei gas 54**4.1.4** Gas reali 55**4.1.5** Gas e vapori 55**4.2 Equilibrio gas-liquido: evaporazione e condensazione** 56**4.3 Stato liquido** 57**4.3.1** Ebollizione 57**4.3.2** Calore di evaporazione 58**4.3.3** Tensione superficiale 59**4.4 Stato solido** 61**4.4.1** Diagrammi di fase 61**4.4.2** Solidi vetrosi 62*Legge di Boyle e respirazione* 50*Termoregolazione* 58*Tensione superficiale e respirazione* 60

5

Termodinamica e bioenergetica 64

5.1 Termodinamica 64

5.1.1 Sistemi termodinamici 64

5.1.2 Entalpia 65

5.1.3 Entropia 67

5.1.4 Entropia e informazione 68

5.1.5 Energia libera 69

5.2 Energia libera ed equilibrio 70

5.2.1 Trasformazioni reversibili e irreversibili 71

5.3 Bioenergetica 72



Invecchiamento: una necessità termodinamica 73

Folding delle proteine: un rischio termodinamico 73

6

Miscele e soluzioni 75

6.1 Tipi di miscele 75

6.2 Tipi di soluzioni 76

6.2.1 Soluzioni gassose 76

6.2.2 Soluzioni liquide 77

6.2.3 Soluzioni solide 77

6.3 Solubilità 78

6.4 Acqua come solvente 79

6.4.1 Acqua e soluti ionici 80

6.4.2 Acqua e soluti molecolari 80

6.4.3 Considerazioni energetiche 81

6.5 Solubilità dei gas nei liquidi (acqua) 81

6.5.1 Solubilità di gas che reagiscono con l'acqua o con altre molecole 83

6.6 Concentrazione delle soluzioni 84

6.6.1 Rapporto peso/peso 84

6.6.2 Rapporto peso/volume 85

6.6.3 Rapporto volume/volume 86

6.6.4 Diluizioni 86

6.6.5 Concentrazione nelle miscele di gas 87



Alginati 78

Legge di Henry in medicina 83

Ossigenazione 88

Disponibilità insufficiente di ossigeno 91

7

Proprietà colligative delle soluzioni 92

7.1 Abbassamento della pressione di vapore 92

7.2 Innalzamento della temperatura di ebollizione 93

7.3 Abbassamento della temperatura di congelamento 94

7.4 Osmosi e pressione osmotica 94

7.4.1 Tipi di membrane e passaggio di soluti 94

7.4.2 Diffusione 95

7.4.3 Osmosi 96

7.4.4 Osmolarità 97

7.4.5 Confronto tra le proprietà osmotiche delle soluzioni 98

7.4.6 Osmolarità dei liquidi intracellulari ed extracellulari 99

7.4.7 Meccanismi fisiologici di controllo dell'osmolarità plasmatica 102



Abbassamento della pressione di vapore e termoregolazione 93

Osmosi inversa, ultrafiltrazione e dialisi 97

Soluzioni maggiormente impiegate nella clinica 99

Ruolo del rene 103

Somministrazione di fluidi per via endovenosa e mantenimento dell'osmolarità 103

Dalla teoria alla pratica: come correggere una situazione di alterata osmolarità? 104

8

Cinetica ed equilibri chimici 105

8.1 Le molecole dei reagenti devono urtarsi 105

8.1.1 Reazioni a più stadi 106

8.1.2 Ordine di una reazione 107

8.1.3 Tempo di dimezzamento e costante di velocità 108

8.2 Legge di Arrhenius 109

8.2.1 Gli urti devono avvenire con l'orientamento corretto: il fattore sterico 109

8.2.2 Le molecole devono avere un'energia sufficiente per reagire: l'energia di attivazione 110

8.3 Catalizzatori 111

8.3.1 Catalizzatori omogenei ed eterogenei 112

8.3.2 Reazioni catalizzate da enzimi 112

8.4 Altri fattori che influenzano la velocità di una reazione 114

8.5 Equilibrio chimico 116

8.5.1 Costante di equilibrio ed energia libera 117

8.6 Principio dell'equilibrio mobile (principio di Le Châtelier) 119

8.6.1 Effetto della temperatura sulla costante di equilibrio 120

8.7 Equilibri multipli 121

8.8 Equilibri eterogenei 122

8.9 Stato stazionario 122



Febbre e terapia con il freddo 114

Farmacocinetica 115

Catabolismo anaerobico negli eritrociti 123

APPENDICE Reazioni chimiche: definizioni e tipologie 124

Definizione e leggi di conservazione 124

Equazioni chimiche 124

Tipi di reazioni 124

Equazioni in forma ionica 125

9

Acidi, basi e sali 127

9.1 Teoria di Arrhenius 127

9.2 Teoria di Brønsted e Lowry 127

9.3 Teoria di Lewis 128

9.4 Dissociazione dell'acqua 129

9.4.1 pH 130

9.5 Costanti di dissociazione 130

9.5.1 Acidi forti e acidi deboli 131

9.5.2 Struttura chimica e forza degli acidi 132

9.5.3 Calcolo del pH di una soluzione di acido forte o di acido debole 133

9.5.4 Acidi poliprotici 134

9.5.5 Elettroliti anfoteri 134

9.6 Reazioni acido-base: i sali 135

9.6.1 pH delle soluzioni saline (idrolisi salina) 135

9.7 Prodotto di solubilità 137**9.8 Soluzioni tampone** 140**9.8.1** Efficienza di un tampone 140**9.8.2** Indicatori di pH 141**9.9 Tamponi del sangue** 143**9.9.1** Tampone bicarbonato 144**9.9.2** Tampone fosfato 144**9.9.3** Tampone proteina/proteinato 144**9.9.4** Emoglobina come tampone 145*Reazioni acido-base in medicina: gli antiacidi* 136*Prodotto di solubilità nella clinica* 138*Colica renale e prodotto di solubilità* 139*Equilibrio acido-base* 145*Emogasanalisi* 146*Ioni nel sangue, elettroneutralità e gap anionico (AG)* 148**10****Elettrochimica** 150**10.1 Ossidazioni e riduzioni** 150**10.1.1** Numero di ossidazione 151**10.1.2** Ossidoriduzioni dei composti organici 152**10.1.3** Bilanciamento delle reazioni di ossidoriduzione 153**10.2 Semielementi** 154• **Unità di misura dell'energia elettrica** 154**10.2.1** Potenziali di riduzione ed equazione di Nernst 155**10.2.2** Relazione tra potenziali di riduzione e costante di equilibrio 155**10.3 Conduttori** 156**10.4 La pila** 157• **Rappresentazione schematica di una pila** 159**10.5 Potenziali di membrana** 159**10.5.1** Potenziale di diffusione 160**10.5.2** Equilibrio di Donnan 160**10.5.3** Potenziale di membrana in condizioni di stato stazionario 161**10.6 Elettrolisi** 163**10.6.1** Equivalente elettrochimico 164*Azione disinfettante dell'acqua ossigenata* 152*Elettroforesi delle proteine* 156*Potenziale della membrana cellulare* 162**PARTE 2 – CHIMICA ORGANICA****11****Il carbonio nei composti organici** 165**11.1 Rappresentazione dei composti del carbonio: le formule di struttura** 165**11.2 Ibridazione degli orbitali del carbonio** 166**11.3 Gruppi funzionali** 169**11.4 Rappresentazione tridimensionale dei composti organici** 170**11.5 Isomeria** 170**11.5.1** Isomeria strutturale 171**11.5.2** Stereoisomeria 171**11.5.3** Isomeria conformazionale 172

- 11.5.4 Isomeria geometrica o isomeria *cis-trans* 174
- 11.5.5 Isomeria ottica o enantiomeria 175
 - La misurazione dell'attività ottica 175
- 11.5.6 Proiezioni di Fischer e configurazioni 176
 - Il sistema *R-S* e la convenzione *E/Z* 177
- 11.6 Ossidazioni e riduzioni 178
- 11.7 Reazioni organiche: omolisi ed eterolisi 178
- 11.8 Effetto induttivo 179
- 11.9 Nucleofili ed elettrofili 180
- 11.10 Acidità e basicità dei composti organici 180



Recettori, farmaci ed enantiomeria 176

12

Idrocarburi e alogenuri alchilici 182

- 12.1 Principali tipi di reazioni in chimica organica 182
 - 12.1.1 Reazioni di addizione 182
 - 12.1.2 Reazioni di sostituzione 182
 - 12.1.3 Reazioni di eliminazione 183
- 12.2 Alcani e cicloalcani 183
 - 12.2.1 Tensione di legame nei cicloalcani 183
 - 12.2.2 Reazioni degli alcani 184
 - 12.2.3 Alcani di interesse biologico 185
- 12.3 Alcheni 185
 - 12.3.1 Delocalizzazione elettronica e dieni coniugati 185
 - 12.3.2 Reazioni degli alcheni e dei dieni coniugati 187
- 12.4 Alchini 189
 - 12.4.1 Reazioni degli alchini 190
- 12.5 Composti aromatici 190
 - 12.5.1 Areni, idrocarburi aromatici 192
 - 12.5.2 Reazioni dei composti aromatici 193
- 12.6 Alogenuri alchilici 195
 - 12.6.1 Reazioni degli alogenuri alchilici: le sostituzioni nucleofile 196
 - 12.6.2 Meccanismo delle sostituzioni nucleofile: S_N2 e S_N1 197
 - 12.6.3 Reazioni di eliminazione 199



Tossicità dei composti aromatici 194
Anestetici per inalazione 195

APPENDICE Nomenclatura IUPAC dei composti organici 200

13

Gruppi funzionali contenenti eteroatomi 202

- 13.1 Alcoli 202
 - 13.1.1 Sintesi degli alcoli 204
 - 13.1.2 Ossidazione degli alcoli 204
 - 13.1.3 Reazioni con rottura del legame C—O 205
 - 13.1.4 Reazioni con rottura del legame O—H 206
 - 13.1.5 Alcoli aromatici: i fenoli 208
- 13.2 Tioli 209
- 13.3 Eteri e tioeteri 210
- 13.4 Epossidi 211

13.5 Ammine 212**13.5.1** Basicità delle ammine 212**13.5.2** Ammine come reagenti nucleofili 213• **Ammonio quaternario: l'esempio della colina** 214**13.5.3** Ossidazione delle ammine 215*Alcol come disinfettante* 207*Metabolismo dell'etanolo* 207*Farmaci mucolitici* 210*Reattività chimica e implicazioni cliniche degli epossidi* 211*Ruolo fisiologico degli epossidi* 211*Ruoli biologici della colina* 214*Monoamminossidasi* 215*Ammine biogene* 215*Reazioni con acido nitroso* 216**14****Aldeidi e chetoni** 217**14.1** Nomenclatura e proprietà 217**14.2** Sintesi di aldeidi e chetoni 218**14.3** Reazioni di aldeidi e chetoni 218**14.3.1** Riduzione e ossidazione 219**14.3.2** Reattività verso l'addizione nucleofila 220**14.3.3** Reazioni nucleofile: formazione di aldeidi idrate, emiacetali e acetali 220**14.3.4** Addizione di ammine 221**14.4** Acidità dei composti carbonilici e sue conseguenze 222**14.4.1** Tautomeria cheto-enolica 223**14.4.2** Importanza biologica della tautomeria 224**14.4.3** Condensazione aldolica 225*Una nuova vita per la reazione di Tollens: il silver staining* 219*Rodopsina, l'immagina della visione* 222*Corpi chetonici* 227**15****Acidi carbossilici e derivati** 228**15.1** Nomenclatura 228**15.1.1** Acidi con altri gruppi funzionali 229**15.1.2** Derivati degli acidi carbossilici 229**15.2** Proprietà degli acidi carbossilici 230**15.2.1** Acidità 230**15.3** Sintesi degli acidi carbossilici 231**15.4** Reazioni di acidi carbossilici e derivati 231**15.4.1** Alogenuri acilici 232**15.4.2** Anidridi 232**15.4.3** Tioesteri 232**15.4.4** Acidi carbossilici 233**15.4.5** Esteri 234**15.4.6** Ammidi 235**15.5** Idrolisi dei derivati degli acidi carbossilici 235**15.5.1** Idrolisi acida 235**15.5.2** Idrolisi basica (saponificazione) 235**15.6** Condensazione di Claisen 237**15.7** Reazioni degli acidi carbossilici contenenti altri gruppi funzionali 237

- 15.7.1 Ossiacidi e formazione dei lattoni 237
- 15.7.2 Decarbossilazione dei chetoacidi e degli acidi policarbossilici 238
- 15.7.3 Decarbossilazione degli amminoacidi 238

15.8 Derivati organici dell'acido fosforico: composti chiave in biochimica 239

- 15.8.1 Importanza degli acilfosfati in biochimica 239
- 15.8.2 Formazione dei tioesteri dagli acilfosfati 241
- 15.8.3 Formazione delle ammidi dagli acilfosfati 243



Utilizzo degli esteri come profarmaci nella chimica medica 245

PARTE 3 – PROPEDEUTICA BIOCHIMICA

16

Carboidrati 248

- 16.1 Classificazione e nomenclatura 248
- 16.2 Stereoisomeria 249
- 16.3 Monosaccaridi 249
 - 16.3.1 Formazione degli emiacetali ciclici 251
 - 16.3.2 Legame glicosidico 252
- 16.4 Reazioni dei monosaccaridi 254
 - 16.4.1 Ossidazione: acidi aldonici, uronici e aldarici 254
 - 16.4.2 Riduzione: alditoli e deossizuccheri 255
 - 16.4.3 Tautomeria: conversione aldosi-chetosi e amminozuccheri 255
- 16.5 Disaccaridi 258
- 16.6 Oligosaccaridi e loro derivati 259
- 16.7 Polisaccaridi 260
 - 16.7.1 Omopolisaccaridi 260
 - 16.7.2 Eteropolisaccaridi 261



Dal profumo del caffè all'invecchiamento: la glicazione delle proteine e la reazione di Maillard 256
Intolleranza al lattosio 258

17

Lipidi 263

- 17.1 Acidi grassi 263
 - 17.1.1 Nomenclatura 264
 - 17.1.2 Insaturazione e proprietà fisiche 264
 - 17.1.3 Insaturazione e proprietà chimiche 265
 - 17.1.4 Acidi grassi essenziali 265
- 17.2 Trigliceridi (triacilgliceroli) 267
 - 17.2.1 Funzioni degli acilgliceroli 268
 - 17.2.2 Grassi, oli, margarine 269
 - 17.2.3 Saponificazione dei trigliceridi 269
- 17.3 Lipidi di membrana 269
 - 17.3.1 Glicerofosfolipidi 270
 - 17.3.2 Sfingolipidi 271
 - 17.3.3 Colesterolo 271
 - 17.3.4 Membrana cellulare 271
- 17.4 Derivati steroidei di interesse biomedico 273

- 17.4.1 Struttura chimica 273
- 17.4.2 Ormoni steroidei 273
- 17.4.3 Derivati sintetici usati in farmacologia 274
- 17.4.4 Metabolismo e meccanismo di azione 274
- 17.4.5 Altri derivati steroidei non ormonali 274



- Cascata dell'acido arachidonico e azione dei FANS 266
- Quoziente respiratorio 268

18

Vitamine, nucleotidi e acidi nucleici 275

18.1 Eterocicli 275

- 18.1.1 Eterocicli contenenti ossigeno 275
- 18.1.2 Eterocicli pentatomici contenenti azoto 275
- 18.1.3 Composti biologici contenenti strutture di eterocicli pentatomici 276
- 18.1.4 Eterocicli esatomici contenenti azoto 278

18.2 Vitamine 279

18.3 Basi azotate, nucleosidi e nucleotidi 280

- 18.3.1 Nucleotidi 282
- 18.3.2 Coenzimi 284

18.4 Acidi nucleici 286

- 18.4.1 DNA 287
- 18.4.2 RNA 289
- Determinazione della struttura del DNA 289



- Malattie da avitaminosi e da sovradosaggio di vitamine 279
- Effetti dell'alterata regolazione dei nucleotidi ciclici 283
- Agenti intercalanti 289

19

Amminoacidi e proteine 291

19.1 Amminoacidi naturali 291

- 19.1.1 Proprietà acido-base degli amminoacidi 292
- 19.1.2 Classificazione degli amminoacidi 294

19.2 Legame peptidico 296

- 19.2.1 Formazione del legame peptidico *in vivo* 298

19.3 Livelli di struttura delle proteine 300

- 19.3.1 Struttura primaria 300
- 19.3.2 Struttura secondaria 300
- 19.3.3 Strutture supersecondarie 301
- 19.3.4 Struttura terziaria 302
- 19.3.5 Struttura quaternaria 303

19.4 Interazioni con le proteine 303

19.5 Forma delle proteine 304

- 19.5.1 Proteine fibrose 304
- 19.5.2 Proteine globulari 305

19.6 Proteine di membrana 305

19.7 Folding delle proteine 306



- Amminoacidi essenziali, semi-essenziali e non essenziali 296
- Dosaggi radioimmunologici 304
- Amiloidosi, malattie da misfolding 306
- Proteina prionica 307

20

Stress ossidativo: un disequilibrio redox 309

20.1 Specie ossidanti e radicali 309**20.1.1** Specie reattive dell'ossigeno (ROS) 310**20.1.2** Ossigeno e teoria degli orbitali molecolari (MO) 310**20.2 Origine delle ROS** 313**20.2.1** Catena respiratoria mitocondriale come fonte di ROS 314**20.2.2** NADPH ossidasi 314**20.2.3** Mieloperossidasi 316**20.3 Antiossidanti** 316**20.3.1** Antiossidanti esogeni 316**20.3.2** Antiossidanti endogeni 318**20.4 Stress ossidativo** 320**20.4.1** Bersagli cellulari delle ROS 320*Stress ossidativo e malattie* 321**Referenze iconografiche** 324**Esercizi** 325**Indice analitico** 351**Le risorse digitali**

A questo indirizzo sono disponibili le risorse digitali di complemento al libro:

universita.zanichelli.it/bellini3e

Per accedere alle risorse protette è necessario registrarsi su **my.zanichelli.it** inserendo il codice di attivazione personale che si trova sull'etichetta adesiva nella prima pagina del libro.

Nel sito del libro è possibile:

- accedere alla **Guida allo studio** interattiva, per tenere traccia dei progressi nello studio rispetto al syllabus ministeriale;
- ripassare con i **Riassunti del capitolo** sui contenuti del syllabus e le applicazioni cliniche;
- trovare le **risposte commentate agli esercizi** al termine del volume;
- consultare l'elenco delle **Unità Didattiche Elementari (UDE)** principali e secondarie per ogni capitolo, con indicati, per ciascun argomento, grado di conoscenza, competenza e abilità richieste, e scaricare le **tabelle riepilogative** delle UDE di tutto il libro;
- consultare il **Glossario interattivo**;

- imparare con l'aiuto delle **flashcard**;
- trovare i link per i **test interattivi di autovalutazione** e il **Simulatore interattivo** per allenarsi all'esame;
- guardare i **video** segnalati nel testo;
- consultare la **tavola periodica interattiva**;
- accedere direttamente alla versione **Ebook**.

Le risorse sono visualizzabili direttamente anche sullo smartphone scaricando l'app **laZ Guarda!**.

Le risorse digitali sono disponibili per chi acquista il libro nuovo.

L'accesso all'Ebook e alle risorse digitali protette è personale, non condivisibile e non cedibile, né autonomamente né con la cessione del libro cartaceo.

L'app laZ Guarda!

Con l'app **laZ Guarda!** si può accedere ai contenuti digitali in modo immediato usando un device portatile, come lo smartphone o il tablet. Inquadrando le icone simili a quella qui a lato, a inizio di ogni capitolo, si può accedere ai test interattivi, ai video, alle flashcard e ad altre risorse digitali.

L'app **laZ Guarda!** si scarica da App Store (sistemi operativi Apple) o da Google Play (sistemi operativi Android).

