

INDICE

1 ATOMI E LEGAMI

- 1.1 Atomi e particelle subatomiche** 1
 - 1.1.1 Numero atomico e numero di massa 2
 - 1.1.2 Nuclidi e isotopi 3
 - 1.1.3 Ioni 3
- 1.2 Peso atomico e peso molecolare** 4
 - 1.2.1 Mole 5
- 1.3 Elettroni negli atomi** 5
 - 1.3.1 Spettri atomici 6
 - 1.3.2 Atomo di Bohr 6
 - 1.3.3 Natura dualistica dell'elettrone 8
 - 1.3.4 Numeri quantici ed orbitali 9
- 1.4 Configurazione elettronica degli atomi** 10
 - 1.4.1 Periodicità della configurazione elettronica degli elementi 13
 - 1.4.2 Potenziali di ionizzazione. Affinità elettronica 15
- 1.5 Legame chimico e teoria di Lewis** 18
- 1.6 Legame ionico** 19
 - 1.6.7 Formazione del legame ionico e struttura cristallina 19
- 1.7 Legame covalente** 20
 - 1.7.1 Forma delle molecole 21
 - 1.7.2 Energia e lunghezza di legame 23
 - 1.7.3 Risonanza 24
 - 1.7.4 Elettronegatività 24
 - 1.7.5 Legame polare e dipoli 25
 - 1.7.6 Legame coordinativo 26
- 1.8 Forze di van der Waals** 27
- 1.9 Legame di idrogeno** 27

2 PROPRIETÀ DELLA MATERIA

- 2.1 Stato gassoso** 29
 - 2.1.1 Leggi dei gas 30

- 2.2 Liquidi** 33
 - 2.2.1 Equilibrio liquido-vapore e tensione di vapore dei liquidi 34
 - 2.2.2 Variazione della tensione di vapore con la temperatura 34
 - 2.2.3 Punto di ebollizione 35
- 2.3 Solidi** 36
 - 2.3.1 Tensione di vapore dei solidi ed equilibri solido-vapore 37
- 2.4 Soluzioni** 38
 - 2.4.1 Concentrazione delle soluzioni 39
 - 2.4.2 Solubilità 40
 - 2.4.3 Tensione di vapore delle soluzioni 41
 - 2.4.4 Innalzamento ebullioscopico ed abbassamento crioscopico 42
 - 2.4.5 Osmosi e pressione osmotica 44
 - 2.4.6 Osmolarità 45
 - 2.4.7 Forza ionica 46

3 REAZIONI CHIMICHE E TRASFORMAZIONI NUCLEARI

- 3.1 Trasformazioni fisiche e trasformazioni chimiche** 47
- 3.2 Reazioni e legge di conservazione di massa** 48
 - 3.2.1 Rappresentazione di reagenti e prodotti 48
- 3.3 Rappresentazione delle reazioni. Equazioni di reazione** 49
 - 3.3.1 Numero di ossidazione 50
 - 3.3.2 Reazioni che decorrono senza variazione dei numeri di ossidazione 52
 - 3.3.3 Reazioni di ossidoriduzione 54
 - 3.3.4 Ossidoriduzione nei sistemi biologici 56
- 3.4 Uso delle equazioni di reazione, stechiometria** 56
- 3.5 Trasformazioni nucleari** 57
 - 3.5.1 Decadimento radioattivo 57

- 3.5.2 Velocità del decadimento radioattivo e tempo di semitrasformazione dei radioisotopi 58
- 3.5.3 Unità di misura 59
- 3.5.4 Interazioni delle radiazioni con la materia 59
- 3.5.5 Applicazioni dei radionuclidi in medicina 60

4 CINETICA ED EQUILIBRIO DELLE TRASFORMAZIONI CHIMICHE

- 4.1 **Reazioni omogenee e reazioni eterogenee** 64
- 4.2 **Velocità di reazione e cinetica chimica** 64
- 4.3 **Teoria della collisione** 65
- 4.4 **Costanti di velocità e legge di velocità** 66
 - 4.4.1 Ordine di reazione e molecolarità 67
 - 4.4.2 Dipendenza della concentrazione dal tempo di reazione 68
 - 4.4.3 Tempo di dimezzamento 68
- 4.5 **Energia di attivazione** 69
 - 4.5.1 Diagrammi di reazione e teoria del complesso attivato 69
- 4.6 **Effetti della temperatura** 70
 - 4.6.1 Equazione di Arrhenius 71
 - 4.6.2 Distribuzione delle energie tra le particelle di un sistema 71
- 4.7 **Reazioni promosse dalle radiazioni** 72
- 4.8 **Catalizzatori** 72
 - 4.8.1 Tipi di catalizzatori e di catalisi 73
 - 4.8.2 Caratteristiche di catalizzatori ed enzimi 74
- 4.9 **Equilibrio nelle reazioni** 74
 - 4.9.1 Costante di equilibrio e legge di azione di massa 75
 - 4.9.2 Fattori che influenzano l'equilibrio e principio di Le Chatelier 76
 - 4.9.3 Fattori che influenzano la costante di equilibrio 77
 - 4.9.4 Catalizzatori ed equilibrio 78
 - 4.9.5 Determinazione della costante di equilibrio 78

5 ACIDI E BASI

- 5.1 **Acidità e basicità** 79

- 5.1.1 Prodotto ionico dell'acqua e pH 80
- 5.1.2 Forza degli acidi e delle basi in ambiente acquoso 81
- 5.1.3 Acidi poliprotici e basi polivalenti 82
- 5.1.4 Calcolo approssimato del pH di soluzioni acquose di acidi e basi 83
- 5.1.5 Misura del pH con indicatori 84
- 5.1.6 Salificazione 85

5.2 **Acidi e basi secondo Brönsted** 86

- 5.2.1 Coppie coniugate acido-base 86
- 5.2.2 Idrolisi dei sali 88

5.3 **Soluzioni tampone** 89

- 5.3.1 pH delle soluzioni tampone 90
- 5.3.2 Potere tamponante di una soluzione 91
- 5.3.3 Il sangue come tampone 92

5.4 **Acidi e basi secondo Lewis** 93

6 ASPETTI ENERGETICI DELLE TRASFORMAZIONI CHIMICHE

6.1 **Definizioni** 95

6.2 **Primo principio della termodinamica** 97

- 6.2.1 Entalpia 97
- 6.2.2 Entalpie di reazione e legge di Hess 98
- 6.2.3 Trasformazioni reversibili e irreversibili 99
- 6.2.4 Forme di energia e loro degradazione 99

6.3 **Entropia e secondo principio della termodinamica** 100

6.4 **Energia libera e spontaneità delle reazioni** 101

- 6.4.1 Misura dell'energia libera 102
- 6.4.2 Calcolo della costante di equilibrio 103

6.5 **Trasformazione di energia chimica in energia elettrica** 103

- 6.5.1 Conducibilità degli elettroliti 103
- 6.5.2 Potenziale elettrico 104
- 6.5.3 Pile o celle galvaniche 104
- 6.5.4 Potenziale all'elettrodo e potenziale standard 106
- 6.5.5 Serie di potenziali e spontaneità delle reazioni di ossidoriduzione 106
- 6.5.6 Legge di Nernst 108
- 6.5.7 Pile a concentrazione e piaccametri 110
- 6.5.8 Tensioni delle pile e costanti di equilibrio delle reazioni di ossidoriduzione 110

7 PROPRIETÀ GENERALI DEI COMPOSTI ORGANICI

- 7.1 Composti organici** 111
 - 7.1.1 Gruppi funzionali 114
 - 7.1.2 Cenni di nomenclatura 114
- 7.2 Il legame covalente nei composti organici** 116
 - 7.2.1 Orbitali molecolari 117
- 7.3 Orbitali ibridi** 118
 - 7.3.1 Ibridi sp^3 : legame σ 119
 - 7.3.2 Ibridi sp^2 ed sp : legame π 120
 - 7.3.3 Teoria della valenza e risonanza 122
- 7.4 Isomeria** 123
 - 7.4.1 Isomeri di struttura 123
 - 7.4.2 Stereoisomeri 124
- 7.5 Chiralità** 125
 - 7.5.1 Composti con più stereocentri e forme meso 126
 - 7.5.2 Configurazione assoluta e relativa 129
 - 7.5.3 Nomenclatura dei composti chirali 129
 - 7.5.4 Attività ottica degli stereoisomeri 132
- 7.6 Isomeri geometrici cis-trans** 133
 - 7.6.1 Nomenclatura degli isomeri geometrici: sistema *E*, *Z* 134
- 7.7 Isomeria conformazionale** 135

8 REATTIVITÀ DEL CARBONIO sp^3

- 8.1 Generalità sulla reattività dei composti organici** 141
 - 8.1.1 Idrocarburi saturi o alcani 142
 - 8.1.2 Reattività 143
 - 8.1.3 Reazioni radicaliche e meccanismi di reazione 144
 - 8.1.4 Velocità globale di più reazioni e reazioni concorrenti 147
 - 8.1.5 Reazioni di ossidazione degli alcani 148
 - 8.1.6 Cicloalcani e loro reazioni 150
- 8.2 Alogenoalcani e sostituzione nucleofila** 151
 - 8.2.1 Reagenti nucleofili ed elettrofili 151
 - 8.2.2 Reazioni di sostituzione nucleofila 152
 - 8.2.3 Reazioni di eliminazione e solvolisi 156
- 8.3 Alcoli, eteri e analoghi solforati** 157
 - 8.3.1 Reazioni dei legami O–H e S–H, acidità 158
 - 8.3.2 Reazioni del legame C–O e sali di ossonio 160

- 8.3.3 Eliminazione di acqua nei substrati biologici ossidrilati 161
- 8.3.4 Ossidazione degli alcoli e di substrati biologici ossidrilati 162
- 8.3.5 Ossidazione dei tioalcoli 163
- 8.3.6 Reazioni degli eteri, tioeteri e sali di solfonio 163
- 8.4 Amine e sali di alchilammonio** 164
 - 8.4.1 Basicità delle amine 165
 - 8.4.2 Amine e reazioni di sostituzione 166
 - 8.4.3 Reazioni con gli acidi e loro derivati 167
 - 8.4.4 Reazioni di ossidazione 168
 - 8.4.5 Alcaloidi 168
- 8.5 Cenni di tossicità** 169
 - 8.5.1 Tossicità degli alcani e di prodotti derivati 169
 - 8.5.2 Tossicità degli alcoli e di loro analoghi 170

9 REATTIVITÀ DEL CARBONIO sp^2

- 9.1 Alcheni e cicloalcheni** 173
 - 9.1.1 Reazioni di addizione agli alcheni e cicloalcheni 175
 - 9.1.2 Selettività e specificità delle reazioni 176
 - 9.1.3 Addizione di acqua e di idrogeno nei sistemi biologici 177
 - 9.1.4 Ossidazione degli alcheni 178
 - 9.1.5 Polieni o poliiolefine 179
 - 9.1.6 Terpeni 180
- 9.2 Composti aromatici** 181
 - 9.2.1 Struttura del benzene 182
 - 9.2.2 Composti eterociclici aromatici 183
 - 9.2.3 Reazione di sostituzione elettrofila 184
 - 9.2.4 Reazione di sostituzione radicalica 186
 - 9.2.5 Somma di idrogeno a NAD^+ e $NADP^+$ 186
 - 9.2.6 Alogenoareni, fenoli e amine aromatiche 187
- 9.3 Composti carbonilici** 189
 - 9.3.1 Reazioni con nucleofili 190
 - 9.3.2 Enoli e tautomeria 192
 - 9.3.3 Formazione di legami semplici tra atomi di carbonio nei sistemi biologici 193
 - 9.3.4 Ossidazione delle aldeidi 194
 - 9.3.5 Composti carbonilici insaturi 194
 - 9.3.6 Composti dicarbonilici 195
 - 9.3.7 Chinoni 197
- 9.4 Acidi carbossilici e derivati** 198
 - 9.4.1 Acidità degli acidi carbossilici 198
 - 9.4.2 Esterificazione 200
 - 9.4.3 Reazioni dei derivati degli acidi carbossilici 201

- 9.4.4 Derivati degli acidi nei sistemi biologici 203
- 9.4.5 Acidi carbossilici insaturi 203
- 9.4.6 Idrossiacidi 204
- 9.4.7 Acidi chetocarbossilici 206
- 9.4.8 Acidi policarbossilici 207

9.5 **Cenni di tossicità** 208

- 9.5.1 Tossicità dei composti aromatici 208
- 9.5.2 Tossicità dei composti carbonilici 208

10 COMPOSTI DI RILEVANTE INTERESSE BIOLOGICO

10.1 **Carboidrati** 211

- 10.1.1 Monosaccaridi ed epimeri 212
- 10.1.2 Forme cicliche dei carboidrati, anomeri e mutarotazione 215
- 10.1.3 Reazioni 218
- 10.1.4 Glicosidi e agliconi 219
- 10.1.5 Disaccaridi e oligosaccaridi 220
- 10.1.6 Carboidrati modificati 221
- 10.1.7 Fotosintesi 223
- 10.1.8 Metabolismo del glucosio 223

10.2 **Lipidi** 225

- 10.2.1 Lipidi in acqua 226
- 10.2.2 Acidi grassi 227
- 10.2.3 Acilgliceroli: oli, grassi e loro biosintesi 229
- 10.2.4 Metaboliti degli acidi polinsaturi 230
- 10.2.5 Steroidi: colesterolo e ormoni 231
- 10.2.6 Lipidi complessi 234

10.3 **Aminoacidi** 236

- 10.3.1 α -Aminoacidi 236
- 10.3.2 α -Aminoacidi come anfioni 238
- 10.3.3 Punto isoelettrico e punto isoionico 240
- 10.3.4 Forme predominanti ai vari pH 242
- 10.3.5 Reazioni 244

10.4 **Nucleotidi** 247

- 10.4.1 ATP, gruppo fosforico ed energia cellulare 249
- 10.4.2 Coenzimi nucleotidici 252
- 10.4.3 S-adenosil-L-metionina e transmetilazione 255

11 POLIMERI BIOLOGICI

- 11.1 **Polimeri biologici in soluzione** 257

- 11.1.1 Proprietà e stabilità 259

11.2 **Polisaccaridi o glicani** 260

- 11.2.1 Polisaccaridi di riserva 260
- 11.2.2 Polisaccaridi strutturali 262
- 11.2.3 Mucopolisaccaridi acidi 262

11.3 **Peptidi e proteine** 263

- 11.3.1 Definizioni e nomenclatura 264
- 11.3.2 Legame peptidico 264
- 11.3.3 Struttura primaria di peptidi e proteine 265
- 11.3.4 Struttura secondaria, terziaria e quaternaria 266
- 11.3.5 Peptidi e proteine in soluzione 269
- 11.3.6 Elettroforesi 270
- 11.3.7 Dialisi ed equilibrio di Donnan 271
- 11.3.8 Denaturazione 273
- 11.3.9 Idrolisi del legame peptidico 274
- 11.3.10 Biosintesi del legame peptidico 274

11.4 **Acidi nucleici** 275

- 11.4.1 Acidi desossiribonucleici, DNA 277
- 11.4.2 Acidi ribonucleici, RNA 278

12 ELEMENTI FONDAMENTALI PER LA VITA

12.1 **Macrominerali** 279

- 12.1.1 Sodio, potassio e cloro 280
- 12.1.2 Calcio 280
- 12.1.3 Magnesio 280
- 12.1.4 Fosforo 280
- 12.1.5 Zolfo 280

12.2 **Microminerali** 281

- 12.2.1 Ferro 281
- 12.2.2 Rame 281
- 12.2.3 Iodio 281
- 12.2.4 Altri elementi 281

12.3 **Composti di coordinazione** 282

- 12.3.1 Leganti, complessi chelati, complessi interni 283
- 12.3.2 Costanti di formazione e di instabilità dei complessi 284
- 12.3.3 Complessi chelati di interesse biologico: eme, vitamina B₁₂ 284

Indice analitico XIII