

# Indice generale

---

## 1. Le biomolecole e le loro interazioni fondamentali

1.1.	L'oggetto della chimica biologica: la struttura delle biomolecole . . . . .	1
1.2.	L'oggetto della chimica biologica: la funzione delle biomolecole . . . . .	2
1.3.	Proprietà dell'acqua come biomolecola . . . . .	3
	Generalità, 3. Carattere dipolare dell'acqua, 3. Il legame a idrogeno, 3. Interazioni dell'acqua con soluti polari, apolari e anfifilici, 7. Le proprietà colligative delle soluzioni, 7. Equilibri acido-base delle soluzioni acquose, 8.	

## 2. Gli amminoacidi proteici

2.1.	Perché le macromolecole? . . . . .	11
2.2.	La multiformità funzionale delle proteine . . . . .	11
2.3.	Le proteine sono costituite da amminoacidi. . . . .	11
2.4.	Gli $\alpha$ -amminoacidi proteici appartengono alla serie sterica L . . . . .	14
2.5.	Gli amminoacidi sono ioni dipolari . . . . .	15
2.6.	La catena laterale degli amminoacidi proteici . . . . .	15
2.7.	Proprietà degli amminoacidi. . . . .	16
	Proprietà ottiche, 16. Proprietà acido-basiche, 17.	
2.8.	Potenzialità di legame delle catene laterali degli amminoacidi . . . . .	19
	Legami ionici o elettrostatici, 20. Legami a idrogeno, 20. Forze di Van der Waals, 20. Interazioni idrofobiche, 21.	
2.9.	Metodi per determinare la presenza di amminoacidi . . . . .	22
2.10.	Tecniche di separazione di amminoacidi . . . . .	24
	Tecniche basate sulle proprietà di adsorbimento e miscibilità, 24. Tecniche basate sulle proprietà di carica, 26.	

## 3. La struttura delle proteine

3.1.	La struttura primaria . . . . .	31
3.2.	La struttura secondaria. . . . .	33
	Il legame peptidico, 33. La struttura ad $\alpha$ -elica, 36. La struttura $\beta$ , 39. Le inversioni di catena, 40. Strutture supersecondarie, 40.	
3.3.	La struttura terziaria . . . . .	42
3.4.	La struttura quaternaria . . . . .	44
3.5.	Esempi di proteine fibrose . . . . .	46
	Il collagene, 46. Le $\alpha$ -cheratine, 47. La fibroina della seta, 48.	
3.6.	Proteine globulari: le globine . . . . .	49
3.7.	Correlazione tra struttura e funzione dell'emoglobina . . . . .	54
3.8.	Conformazione nativa e denaturazione delle proteine . . . . .	57
3.9.	Rinaturazione . . . . .	61
	<i>Appendice.</i> Principi di simmetria nelle associazioni molecolari . . . . .	64

## 4. I metodi per la purificazione delle proteine

4.1.	Una proteina: un saggio . . . . .	69
4.2.	Dosaggio quantitativo delle proteine . . . . .	70
4.3.	Solubilizzazione della proteina . . . . .	70
4.4.	I metodi di purificazione . . . . .	72
	Metodi di separazione basati sulla solubilità delle proteine, 72. Metodi di purificazione basati sulle differenze di carica tra le proteine, 75. Metodi di separazione basati sulla grandezza molecolare, 76. Un metodo di purificazione basato sulle proprietà biologiche delle proteine: la cromatografia per affinità, 81.	
4.5.	Strategia di una purificazione e criteri di purezza . . . . .	83

## 5. Determinazione delle proprietà delle proteine

5.1.	La determinazione delle proprietà principali . . . . .	85
	Spettro UV, 85. Punto isoelettrico, 86. Composizione in amminoacidi, 87.	
5.2.	Determinazione del peso molecolare (PM) e della struttura quaternaria. . . . .	90
	Determinazione del peso molecolare mediante gel-filtrazione, 90. Determinazione del peso molecolare mediante elettroforesi su gel di poliacrilammide in SDS, 90. Determinazione del peso molecolare delle proteine mediante l'ultracentrifugazione analitica, 92.	
5.3.	La determinazione della struttura primaria di peptidi e proteine . . . . .	95
	Determinazione di gruppi e sequenze N- e C-terminali delle proteine; determinazione della sequenza di peptidi, 95. Strategia per la determinazione della sequenza di una proteina, 101.	
5.4.	Metodi per lo studio della conformazione delle proteine. . . . .	105
	Metodi sperimentali: dicroismo circolare e risonanza magnetica nucleare, 105. Metodi teorici di predizione, 108.	
	<i>Appendice.</i> La determinazione della struttura tridimensionale delle proteine mediante cristallografia con raggi X . . . . .	110

## 6. Gli enzimi

### CINETICA CHIMICA

6.1.	Alla ricerca di un meccanismo di reazione . . . . .	115
6.2.	Da che cosa è determinata la velocità di reazione? . . . . .	118
6.3.	Catalasi . . . . .	120
	Un esempio di catalasi: l'idrolisi acida delle ammidi, 121. Catalasi ed equilibrio, 122.	

### CINETICA ENZIMATICA

6.4.	Gli enzimi sono catalizzatori biologici . . . . .	123
6.5.	La specificità degli enzimi . . . . .	123
6.6.	Cofattori . . . . .	125
6.7.	Classificazione e nomenclatura degli enzimi. . . . .	127
6.8.	Il complesso enzima-substrato . . . . .	129
	Le evidenze della cinetica, 129. Le evidenze di studi di legame tra enzimi e substrati, 130. Le evidenze della strutturistica, 131.	
6.9.	Flessibilità del sito di interazione enzima-substrato . . . . .	132
6.10.	Il meccanismo della catalisi . . . . .	133
	Evidenze cinetiche, 133. Reazioni chimiche specifiche, 134. Marcatura di affinità, 136. Dipendenza della velocità di reazione dal pH, 137. Dati derivanti dalla strutturistica, 138. Meccanismo d'azione dell' $\alpha$ -chimotripsina, 139.	
6.11.	Fattori energetici coinvolti nella catalisi enzimatica . . . . .	140
	Fattori entropici, 140. Fattori entalpici, 141.	
6.12.	La determinazione dei parametri cinetici . . . . .	141
	L'equazione di Michaelis-Menten, 141. Analisi dei parametri cinetici contenuti nell'equazione di Michaelis-Menten, 144. Determinazione sperimentale di $K_M$ e di $V_{max}$ , 146. Trasformazioni lineari dell'equazione di Michaelis-Menten, 147. Unità di misura dell'attività enzimatica, 149.	
6.13.	L'effetto della temperatura sulla velocità di reazione. . . . .	150
6.14.	Effetto della forza ionica e della costante dielettrica sulla velocità di reazione . . . . .	151

6.15.	L'interazione di piccole molecole con gli enzimi . . . . .	151
	Inibizione dell'attività enzimatica, 151. Determinazione dei parametri di legame di piccole molecole con proteine, 156.	
6.16.	La regolazione dell'attività degli enzimi ed i fenomeni cooperativi . . . . .	160
	Interazioni omotropiche, eterotropiche e fenomeni allosterici, 161. Il modello concertato di Monod, Wyman e Changeux (modello MWC), 164. La cooperatività negativa, 165. Il modello sequenziale di Koshland, 167. Confronto fra modello concertato (MWC) e modello sequenziale, 169.	
6.17.	Regolazione dell'attività enzimatica e regolazione metabolica . . . . .	170
6.18.	Controlli dell'attività enzimatica . . . . .	173
	Effettori allosterici, 173. Modificazioni covalenti, 176. Effetto cascata, 177. Regolazione della concentrazione dell'enzima, 177. Compartimentazione, 179.	

## 7. I coenzimi

7.1.	Introduzione . . . . .	181
7.2.	Tiamina difosfato o tiamina pirofosfato (TPP) . . . . .	181
7.3.	I cofattori delle reazioni di ossidoriduzione: i coenzimi flavinici e pirimidinici . . . . .	184
7.4.	Flavin adenin dinucleotide (FAD) e flavin mononucleotide (FMN) . . . . .	184
7.5.	Nicotinammide adenin dinucleotide (NAD <sup>+</sup> ) e nicotinammide adenin dinucleotide fosfato (NADP <sup>+</sup> ) . . . . .	185
7.6.	I coenzimi dell'acido folico . . . . .	188
7.7.	Acido lipoico . . . . .	190
7.8.	Biotina . . . . .	191
7.9.	Coenzima A . . . . .	191
7.10.	I coenzimi della piridossina . . . . .	192
7.11.	Vitamina B <sub>12</sub> . . . . .	192

## 8. I glicidi

8.1.	Richiami di chimica dei carboidrati di interesse biologico . . . . .	197
	Monosaccaridi, 197. Disaccaridi, oligosaccaridi e polisaccaridi, 202. Gli eteroglicani, 205. Eteropolisaccaridi della membrana e della capsula batterica, 206.	
8.2.	Rappresentazione delle molecole otticamente attive. La convenzione di Cahn e Ingold. Reazioni stereospecifiche . . . . .	207

## 9. I lipidi

9.1.	Acidi grassi . . . . .	211
9.2.	Fosfogliceridi . . . . .	211
	Proprietà generali dei fosfogliceridi, 212. I principali fosfogliceridi, 214. Lisofosfogliceridi, 214.	
9.3.	Sfingolipidi . . . . .	215
9.4.	Sfingomieline . . . . .	215
9.5.	Glicosfingolipidi neutri . . . . .	216
9.6.	Gangliosidi . . . . .	217
9.7.	Prostaglandine . . . . .	218
9.8.	Steroidi . . . . .	218
	Considerazioni conformazionali e steriche, 218. Derivati del colesterolo, 221. Gli steroidi a 24 atomi di carbonio: gli acidi biliari, 221. Gli steroidi a 21 atomi di carbonio: il progesterone ed i corticosteroidi, 221. Gli steroidi a 19 e 18 atomi di carbonio: gli androgeni e gli estrogeni, 225. Glicosidi cardiostimolanti, 225.	
9.9.	Terpeni . . . . .	225

## 10. Struttura e caratteristiche degli acidi nucleici

10.1.	Introduzione . . . . .	227
10.2.	Le unità costitutive degli acidi nucleici . . . . .	228

Chimica e nomenclatura delle basi, dei nucleosidi e dei nucleotidi pirimidinici, 228. Chimica e nomenclatura delle basi, dei nucleosidi e dei nucleotidi purinici, 236. Caratteristiche chimico-fisiche delle basi azotate, 237. Basi e nucleosidi rari o non comuni, 238. Nucleotidi ciclici, 239. Polinucleotidi, 241.	
10.3. Caratteristiche strutturali degli acidi nucleici . . . . .	242
Struttura dei polinucleotidi, 242. Struttura secondaria degli acidi nucleici, 242. Concetto e principio di complementarità, 243. Strutture circolari, 245. Struttura terziaria, 245.	
IL DNA	
10.4. Composizione in basi del DNA . . . . .	246
10.5. Struttura del DNA a doppia elica . . . . .	247
10.6. DNA a catena singola . . . . .	251
10.7. Polideossiribonucleotidi a doppia elica sintetici . . . . .	251
10.8. Aspetto e condizioni del DNA <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> . . . . .	251
10.9. DNA satellite . . . . .	252
10.10. DNA presente negli organuli citoplasmatici . . . . .	253
10.11. Plasmidi ed episomi . . . . .	253
10.12. Sequenze palindromiche del DNA . . . . .	255
10.13. Gli istoni e la struttura del DNA . . . . .	256
10.14. Cenni sulla struttura del cromosoma eucariotico . . . . .	256
10.15. Organizzazione strutturale del cromosoma procariotico . . . . .	257
10.16. Purificazione degli acidi nucleici . . . . .	258
10.17. Metodiche per lo studio delle caratteristiche degli acidi nucleici . . . . .	259
Metodiche per lo studio delle caratteristiche chimico-fisiche degli acidi nucleici in soluzione, 259. Metodi fisici diretti per lo studio del DNA e degli acidi nucleici in generale, 261.	
10.18. Alcune proprietà degli acidi nucleici in soluzione . . . . .	261
Viscosità del DNA, 261. Assorbimento di luce ultravioletta; ipercromaticità ed ipocromaticità, 262. Stabilità della struttura secondaria degli acidi nucleici, 264. Denaturazione, 264. Rinaturazione, 267.	
10.19. Alcune reazioni interessanti degli acidi nucleici . . . . .	269
RNA E POLIRIBONUCLEOTIDI	
10.20. Generalità sugli acidi ribonucleici a singola e a doppia elica . . . . .	271
RNA a catena singola, 271. RNA a doppia elica, 272.	
10.21. RNA cellulare . . . . .	273
RNA ribosomiale e ribosomi, 273. RNA di trasferimento, 277. RNA messaggero, 280.	
10.22. RNA virale . . . . .	282
Virus contenenti RNA a catena singola quale genoma, 282. Virus contenenti RNA a doppia elica quale genoma, 284. Un caso particolare: i virus oncogeni a RNA, 284. Proteine legate covalentemente ad acidi nucleici virali, 285.	
10.23. Strutture ibride DNA-RNA . . . . .	285
10.24. Polinucleotidi di sintesi. Caratteri strutturali . . . . .	286
DEGRADAZIONE DEGLI ACIDI NUCLEICI	
10.25. Degradazione chimica degli acidi nucleici . . . . .	287
Degradazione chimica controllata, 287.	
10.26. Degradazione enzimatica degli acidi nucleici . . . . .	288
Nucleasi agenti su DNA e polideossiribonucleotidi, 288. Nucleasi agenti su RNA e poliribonucleotidi, 289. Fosfodiesterasi, 291. Ibridasi, 292. Nucleotidasi e nucleossidasi, 292.	
10.27. Restrizione e modificazione del DNA . . . . .	292
Enzimi di restrizione ed enzimi modificanti, 292. Classificazione delle restrittasi e delle metiltransferasi, 293.	

## 11. Le membrane biologiche

11.1. Introduzione . . . . .	295
11.2. Composizione e struttura delle membrane biologiche: unità ed eterogeneità. . .	295
Generalità, 295. I lipidi delle membrane, 300. I glicidi di membrana, 305. Le proteine di membrana, 307.	

11.3. Le proprietà delle membrane biologiche . . . . .	309
La capacità di organizzazione spontanea, 309. L'asimmetria della membrana, 310. Fluidità e mobilità nella membrana biologica, 311.	

## 12. Le pareti cellulari

12.1. Pareti cellulari vegetali . . . . .	317
12.2. Parete cellulare dei batteri . . . . .	321
Generalità, 321. Reazioni di biosintesi, 322. Batteri Gram-positivi e Gram-negativi, 327.	

## 13. Introduzione al metabolismo

13.1. Generalità . . . . .	331
13.2. Compartimentazione delle vie metaboliche . . . . .	332
13.3. Regolazione del metabolismo. . . . .	333
13.4. Alcuni aspetti di termodinamica dei sistemi biochimici . . . . .	333
13.5. Composti ad elevato tenore energetico . . . . .	336
13.6. Interrelazione tra le concentrazioni relative di ATP, ADP e AMP: la carica energetica. . . . .	340

## 14. Metabolismo dei glicidi

14.1. Generalità sulla glicolisi . . . . .	343
14.2. Le reazioni della glicolisi . . . . .	348
14.3. Il destino del piruvato in condizioni di anaerobiosi. Fermentazione lattica ed alcolica . . . . .	359
Fermentazione lattica: interconversione piruvato-lattato, 359. Fermentazione alcolica, 360. Bilancio energetico delle conversioni glucosio-lattato (fermentazione lattica) e glucosio-alcol etilico (fermentazione alcolica), 361.	
14.4. Regolazione della glicolisi nei diversi tessuti . . . . .	362
Regolazione a livello del muscolo scheletrico, 362. Regolazione a livello epatico, 363. Regolazione a livello del cervello, 364. Regolazione negli eritrociti, 364.	
14.5. Destino del NADH + H <sup>+</sup> citoplasmatico in condizioni aerobiche. Trasporto di equivalenti di riduzione dal citoplasma al mitocondrio . . . . .	365
Trasporto di equivalenti di riduzione attraverso la spola malato-aspartato, 365. Trasporto di equivalenti di riduzione attraverso la spola diidrossiacetonfosfato-glicerofosfato, 367.	
14.6. Via respiratoria del piruvato (ciclo di Krebs) . . . . .	368
Generalità sul ciclo degli acidi tricarbossilici o ciclo di Krebs, 368. L'ingresso del piruvato nel ciclo di Krebs; il complesso della piruvato deidrogenasi e la formazione dell'acetil-CoA, 368. Regolazione dell'attività del complesso della piruvato deidrogenasi, 373. Reazioni del ciclo degli acidi tricarbossilici, 373. Stechiometria del ciclo degli acidi tricarbossilici, 381. Considerazioni bioenergetiche, 381. Regolazione del ciclo degli acidi tricarbossilici, 383. Problemi di compartimentazione degli intermedi del ciclo; trasporto del citrato per la sintesi degli acidi grassi, 385. Enzimi anaplerotici, 386.	
14.7. Utilizzazione dell'energia chimica contenuta negli alimenti . . . . .	388
14.8. Considerazioni sulla regolazione coordinata della glicolisi e del ciclo di Krebs . . . . .	391
14.9. Via dei pentoso-fosfati . . . . .	391
Descrizione delle reazioni, 391. Natura ciclica delle reazioni della via dei pentosi, 397.	
14.10. La gliconeogenesi . . . . .	400
Descrizione delle reazioni, 401. Regolazione della gliconeogenesi, 405.	
14.11. Interconversione degli esoso-fosfati . . . . .	406
Metabolismo del galattosio, 406. Metabolismo del fruttosio, 407. Metabolismo del mannosio, 409.	
14.12. Alcune vie del metabolismo glicidico nelle piante e nei microrganismi . . . . .	409
Il ciclo del glicosilato; la gliconeogenesi dall'acetil-CoA nelle piante e nei microrganismi, 409. Formazione di acetil-CoA dal piruvato nei microrganismi; via acetil-fosfato, 410.	
14.13. Metabolismo del glicogeno . . . . .	411
Glicogenolisi, 412. Biosintesi del glicogeno, 420. Regolazione del metabolismo del glicogeno epatico, 426. Sintesi dell'amido e del glicogeno nelle piante e nei batteri, 428.	
14.14. Biosintesi dei glicosidi . . . . .	428
14.15. Sintesi degli oligosaccaridi glicoproteici . . . . .	433

## 15. Metabolismo dei lipidi

15.1. Introduzione . . . . .	441
15.2. Degradazione enzimatica dei lipidi . . . . .	441
Degradazione enzimatica dei triacilgliceroli, 441. Assorbimento dei prodotti di reazione, 442.	
Degradazione enzimatica dei fosfolipidi, 443. I sali biliari, 444.	
15.3. Catabolismo degli acidi grassi . . . . .	444
Attivazione degli acidi grassi, 445. Ossidazione in $\beta$ degli acidi grassi saturi a numero pari di atomi di carbonio, 447. Ossidazione in $\beta$ degli acidi grassi saturi a numero dispari di atomi di carbonio, 449. Ossidazione in $\beta$ degli acidi grassi insaturi, 450. Bilancio energetico della $\beta$ -ossidazione, 453. Altre vie ossidative degli acidi grassi, 454.	
15.4. I corpi chetonici . . . . .	455
15.5. Biosintesi degli acidi grassi . . . . .	458
Biosintesi <i>ex novo</i> degli acidi grassi saturi, 458. Biosintesi di acidi grassi saturi a numero dispari di atomi di carbonio, 465. Reazioni di allungamento degli acidi grassi, 466. Formazione degli acidi grassi insaturi, 467.	
15.6. Biosintesi dei triacilgliceroli . . . . .	470
15.7. Biosintesi dei fosfogliceridi . . . . .	470
15.8. Biosintesi degli sfingolipidi . . . . .	475
15.9. Sintesi del colesterolo e degli ormoni steroidei . . . . .	478
Biosintesi dello squalene, 479. Ciclizzazione dello squalene e formazione del colesterolo, 482. Regolazione della biosintesi del colesterolo, 483. Conversione del colesterolo in ormoni steroidei, 484.	

## 16. Le ossido-riduzioni biologiche

16.1. Introduzione . . . . .	489
16.2. Potenziali di ossido-riduzione . . . . .	490
16.3. L'ossigeno e le sue reazioni di ossido-riduzione . . . . .	494
16.4. Aspetti cinetici delle reazioni biologiche dell'ossigeno. Attivazione biologica dell'ossigeno . . . . .	496
16.5. Trasporto biologico dell'ossigeno (proteine respiratorie) . . . . .	498
Emocianine, 499. Emeritrina, 499. Emoglobine, 499.	
16.6. Ossidasi ed ossigenasi . . . . .	500
Ossidasi, 500. Ossigenasi, 501.	
16.7. Ossido-riduzioni complementari all'attivazione biologica dell'ossigeno . . . . .	503
Deidrogenasi, 503. Proteine trasportatrici di elettroni non autoossidabili (transelettronasi), 505. Superossido dismutasi, catalasi e perossidasi, 508.	

## 17. Vie di trasporto degli elettroni nella cellula

17.1. La via mitocondriale . . . . .	515
La sequenza dei trasportatori di elettroni, 515. Stechiometria e localizzazione dei trasportatori di elettroni della membrana mitocondriale, 519. Sistemi di spola per il trasporto intramitocondriale degli elettroni e dell'idrogeno legato al NAD extramitocondriale, 521.	
17.2. La via di trasporto elettronico del cloroplasto . . . . .	522
La clorofilla e i pigmenti accessori, 523. I centri di reazione e l'evento fotochimico primario, 524. I due fotosistemi e le rispettive sequenze di reazioni, 525.	
17.3. Vie di trasporto elettronico dei batteri . . . . .	527
La fotosintesi batterica, 528. Vie ossido-riduttive in batteri non fotosintetici, 529.	

## 18. Fosforilazione ossidativa a livello delle catene respiratorie

18.1. Introduzione . . . . .	533
18.2. Stechiometria, siti di sintesi dell'ATP, controllo respiratorio, resa energetica . . . . .	533
18.3. Formazione di gradienti protonici nel trasporto elettronico di membrana . . . . .	535

<b>19. Altre interconversioni energetiche legate al trasporto degli elettroni nelle membrane biologiche</b>	
19.1. Termogenesi . . . . .	541
19.2. Movimento flagellare nei batteri . . . . .	542
19.3. Le catene di trasporto elettronico nei microsomi e la modificazione chimica dei composti idrofobici . . . . .	542
<b>20. Trasduzione diretta dell'energia luminosa in gradienti elettrochimici</b>	
20.1. I batteri purpurei . . . . .	547
20.2. Meccanismi biochimici della visione . . . . .	548
<b>21. Conservazione dell'energia dell'ATP in processi non biosintetici</b>	
21.1. Le proteine contrattili o proteine della motilità delle cellule eucariotiche . . . . .	551
La contrazione del muscolo striato, 551. La contrazione del muscolo liscio, 555. Contrazione e motilità di cellule non muscolari, 555. Microtubuli e tubulina, 556. Ciglia e flagelli degli eucarioti: le dineine, 557.	
21.2. Trasporto ionico . . . . .	559
La pompa del sodio e del potassio, 559. La pompa del calcio, 560.	
21.3. Ossido-riduzioni termodinamicamente sfavorite . . . . .	561
21.4. Bioluminescenza . . . . .	561
<b>22. Fissazione del carbonio nelle piante</b>	
22.1. Introduzione . . . . .	563
22.2. Ciclo di Calvin . . . . .	563
22.3. Ciclo di Hatch-Slack . . . . .	566
<b>23. Il metabolismo delle proteine</b>	
23.1. Introduzione . . . . .	569
23.2. L'origine delle biomolecole azotate . . . . .	569
23.3. Il ciclo dell'azoto . . . . .	571
23.4. Fissazione dell'azoto atmosferico . . . . .	572
23.5. Utilizzazione dei nitrati . . . . .	575
23.6. Assimilazione dell'azoto ammoniacale . . . . .	579
23.7. Assimilazione dell'azoto cianidrico . . . . .	584
23.8. Il trasferimento dell'azoto . . . . .	584
23.9. Biosintesi degli amminoacidi . . . . .	590
23.10. La famiglia del glutammato . . . . .	592
Prolina e idrossiprolina, 592. Ornitina, citrullina, arginina e derivati, 594.	
23.11. La famiglia della serina . . . . .	603
Sintesi della serina dall'acido 3-fosfoglicerico, 603. Sintesi della glicina, 604. Sintesi della cisteina, 607.	
23.12. La famiglia dell'aspartato . . . . .	615
Acido aspartico, $\beta$ -alanina, asparagina, omoserina, 615. Sintesi della metionina, 618. Sintesi della treonina, 620. Sintesi della lisina (via dell'acido diamminopimelico), 621. Sintesi della lisina nei <i>Fungi</i> (via dell'acido $\alpha$ -amminoadipico), 624.	
23.13. La famiglia del piruvato . . . . .	626
Sintesi della valina e dell'isoleucina, 627. Sintesi della leucina, 627.	
23.14. La famiglia degli amminoacidi aromatici . . . . .	629
La via comune, 629. La diramazione fenilalanina-tirosina, 631. Sintesi del triptofano, 634.	

23.15. Sintesi dell'istidina . . . . .	637
23.16. La degradazione degli amminoacidi . . . . .	640
23.17. L'idrolisi delle proteine . . . . .	640
23.18. La regolazione delle vie degradative degli amminoacidi . . . . .	643
23.19. Meccanismi generali di degradazione . . . . .	643
23.20. Amminoacidi che perdono il gruppo amminico dando un chetoacido . . . . .	645
Alanina, 645. Acido aspartico e asparagina, 646. Acido glutammico e glutammina, 647. Amminoacidi ramificati, 648. Treonina, metionina, serina e cisteina, 650.	
23.21. Amminoacidi che seguono a ritroso la via di sintesi . . . . .	654
Arginina, 654. Prolina e idrossiprolina, 654. Glicina, 656. Lisina, 658.	
23.22. Amminoacidi che seguono vie esclusive . . . . .	660
Istidina, 660. Fenilalanina e tirosina, 662. Triptofano, 665.	
23.23. L'eliminazione dell'azoto . . . . .	668

## 24. Metabolismo dei nucleotidi

24.1. Introduzione . . . . .	671
24.2. Sintesi dei nucleotidi purinici (biosintesi purinica) . . . . .	673
24.3. Sintesi dei nucleotidi pirimidinici . . . . .	683
24.4. Catabolismo delle purine . . . . .	691
24.5. Catabolismo delle pirimidine . . . . .	693
24.6. Catabolismo purinico in diversi animali . . . . .	695
24.7. Vie di recupero dei nucleotidi . . . . .	695
Vie di recupero dei nucleotidi purinici, 697. Vie di recupero dei nucleotidi pirimidinici, 701.	
24.8. Biosintesi dei deossiribonucleotidi . . . . .	703

## 25. Replica del DNA

25.1. Introduzione . . . . .	709
25.2. La biosintesi del DNA . . . . .	711
25.3. Concetti preliminari: stampo e innescio . . . . .	714
25.4. Caratteri generali della reazione di sintesi <i>in vitro</i> . . . . .	714
25.5. Il complesso multiproteico preposto alla biosintesi . . . . .	716
Enzimi polimerizzanti, 716. Polinucleotide o DNA ligasi, 720. Proteine ad azione enzimatica e non, che svolgono la doppia elica del DNA, 722. DNA topoisomerasi, 724.	
25.6. Meccanismo della biosintesi del DNA a doppia elica <i>in vivo</i> . . . . .	727
25.7. Biosintesi (replica) del DNA a catena singola . . . . .	729
25.8. Biosintesi di DNA diretta da RNA. Le trascrittasi inverse . . . . .	731

## 26. Trascrizione dell'informazione genetica

26.1. Introduzione . . . . .	735
26.2. Trascrizione del messaggio genetico . . . . .	735

### BIOSINTESI DELL'RNA CELLULARE

26.3. Polinucleotide fosforilasi . . . . .	736
26.4. RNA polimerasi procariotiche . . . . .	737
Caratteri generali della reazione catalizzata dalla RNA polimerasi DNA-dipendente, 737. Struttura e funzione della RNA polimerasi di <i>E. coli</i> , 738.	
26.5. RNA polimerasi eucariotiche . . . . .	741
26.6. Biosintesi e maturazione delle varie specie di RNA cellulari . . . . .	742
Precursori di RNA nelle cellule animali e loro maturazione, 742. Precursori di tRNA procariotici e loro maturazione, 744. Presenza di sequenze intercorrenti (introni) in tRNA di lievito e di altri eucarioti, 746.	

### BIOSINTESI DELL'RNA VIRALE

26.7. Biosintesi dell'RNA virale a catena singola e meccanismo del processo replicativo (batteriofagi). . . . .	747
---	-----



<i>Appendice 1. Inibitori della sintesi degli acidi nucleici</i> . . . . .	750
Inibitori della biosintesi dei nucleotidi, 750. Inibitori che si legano al DNA o lo modificano, 750. Inibitori che si legano a polimerasi e topoisomerasi, 750.	
<i>Appendice 2. Determinazione della struttura primaria del DNA e dell'RNA</i> . . . . .	752
Marcatura, 752. Analisi della sequenza, 752.	
<i>Appendice 3. Cenni di ingegneria genetica</i> . . . . .	754
Natura e scopi dell'ingegneria genetica, 754. Manipolazione a livello molecolare (clonazione del DNA), 755.	

## 27. Espressione dell'informazione genetica

### CODICE GENETICO E CARATTERISTICHE GENERALI DELLA SINTESI PROTEICA

27.1. Introduzione . . . . .	759
27.2. Il codice genetico . . . . .	759
27.3. Decifrazione del codice genetico . . . . .	760
27.4. Caratteristiche del codice genetico . . . . .	760
Colinearità (o parallelismo) fra gene e proteina, 760. Codice senza sovrapposizione e senza «virgole», 761. Codon iniziatore e codon terminatori, 761. Il codice è degenere, 762. Universalità del codice genetico, 763.	
27.5. Interazione codon-anticodon. . . . .	763
27.6. Elementi indispensabili e fasi del processo di biosintesi proteica . . . . .	764
27.7. Caratteristiche generali del processo di attivazione degli amminoacidi . . . . .	765
Descrizione della reazione di attivazione, 765. Le amminoacil-tRNA sintetasi, 767.	
27.8. Caratteristiche del ribosoma funzionalmente attivo: i siti A e P . . . . .	769
27.9. I polisomi quali unità funzionali . . . . .	769

## 28. Biosintesi delle proteine in procarioti ed eucarioti

28.1. Processo biosintetico nei procarioti . . . . .	771
Formazione del complesso d'inizio, 771. Ruolo dell'N-formilmetionil-tRNA, 771. Formazione del legame peptidico, 775. Trasferimento del peptidil-tRNA dal sito A al sito P, 776. Direzione di sintesi di una catena proteica, 777. Terminazione del processo biosintetico, 777.	
28.2. Regolazione della sintesi proteica nei procarioti . . . . .	779
Gli operoni, 779.	
28.3. L'operone <i>lac</i> . . . . .	780
Struttura e caratteristiche funzionali, 780. Tipi di regolazione, 781. Ruolo dell'AMP ciclico, 781.	
28.4. L'attenuazione quale meccanismo di controllo dell'espressione degli operoni batterici . . . . .	782
28.5. Inibitori della sintesi proteica . . . . .	785
28.6. Biosintesi proteica negli eucarioti . . . . .	786
Amminoacil-tRNA iniziatore, 786. Complesso d'inizio, 787. Fase di allungamento, 788. Fase di terminazione del processo, 789. Regolazione della biosintesi, 789.	
28.7. Modificazioni post-traduzionali delle proteine . . . . .	790
Meccanismi possibili di modificazione; il caso dell'insulina, 790. Modificazioni per ADP-ribosilazione, 792.	
REPERTORIO BIBLIOGRAFICO . . . . .	795
REPERTORIO ANALITICO . . . . .	801