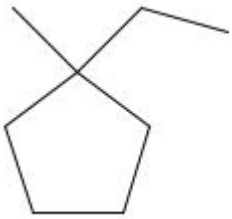
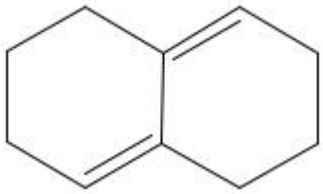
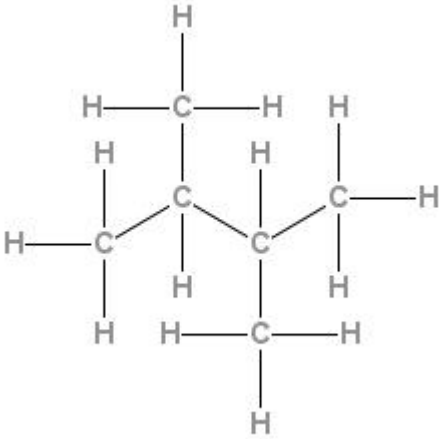
Brady, Senese, Taddei, Kreuzer, Massey

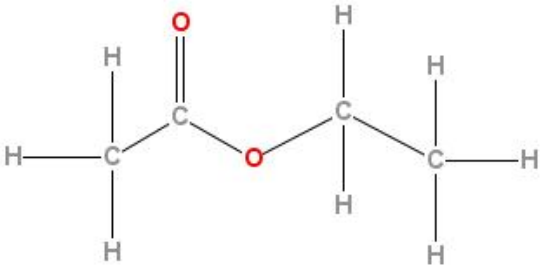
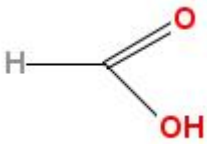
Dal carbonio al biotech
Chimica organica, biochimica e biotecnologie

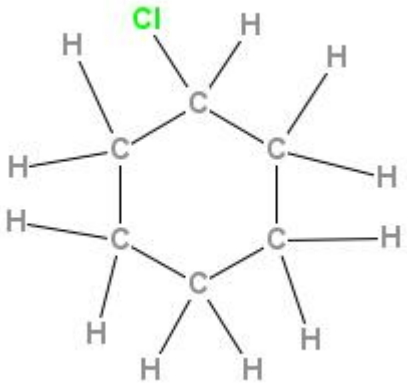
SOLUZIONI DEGLI ESERCIZI

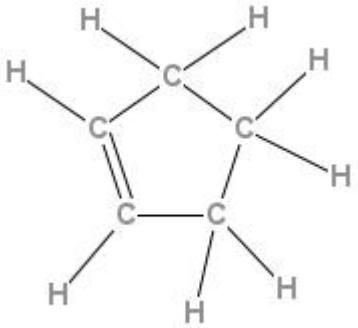
Versione aggiornata il 15/11/2015

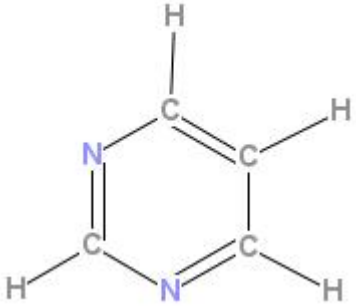
Capitolo 1 – La chimica organica

1. CO; $NaHCO_3$; K_2CO_3
2. Ciò che rende possibile l'esistenza di così tanti composti organici non è solo la tetravalenza del carbonio, ma anche la capacità che hanno gli atomi di carbonio di formare fra di loro legami covalenti singoli, doppi o tripli.
3. CH_3
4. C
5. a) b)  c) 
6. $C_{10}H_{22}$
7. a) 

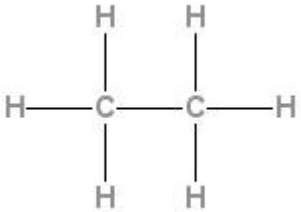
b)  c) 

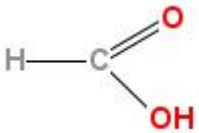
8. a) 

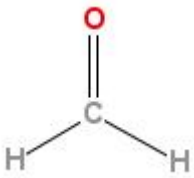
b) 

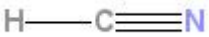
c) 

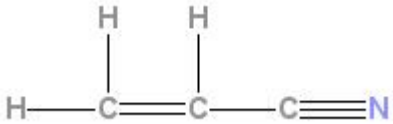
9. Si potrebbe sostituire a un atomo di idrogeno equatoriale.

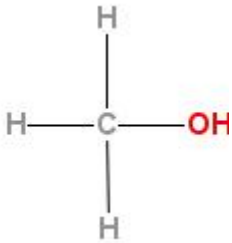
10. a) 

b) 

c) 

d) 

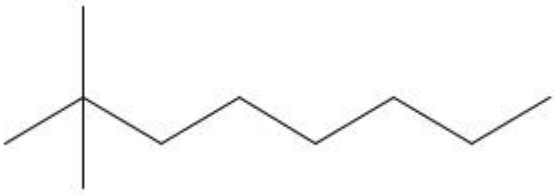
e) 

f) 

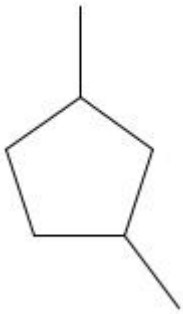
11. Perché influenza la reattività dell'intera molecola.
12. Perché la maggior parte dei gruppi funzionali è polare, dato che presenta atomi come l'ossigeno, l'azoto o gli alogeni che sono fortemente elettronegativi, per cui reagisce facilmente con altri composti polari rendendo i composti organici molto più reattivi. Le ammine, a differenza degli alcani, presentano un atomo di azoto con un doppietto elettronico non condiviso che conferisce loro un carattere basico, ne consegue che possano reagire con tutta una serie di sostanze con cui gli alcani sono invece inerti.
13. a) alcheni b) aldeidi c) alcoli d) ammine
    e) chetoni f) alcoli
14. a) alchini b) aldeidi c) chetoni d) eteri e) ammine f) ammidi
15. b-c-d-e-f

16. b-c-d-e-f
17. a) doppio legame; b) gruppo carbossilico
18. a) etereo e amminico; b) etereo e ammidico; c) chetonico, etereo e aldeidico; d) estere e carbossile
19. Perché il gruppo —OH instaura legami a idrogeno con le molecole d'acqua.
20. Il butanolo, perché le molecole degli alcoli sono associate fra loro tramite legami a idrogeno.
21. Perché nell' esanolo inizia a essere predominante la catena idrocarburica rispetto al gruppo alcolico.
22. c), perché forma il maggior numero di legami a idrogeno; a), perché non forma legami a idrogeno.
23. b), perché l'ossigeno presenta due doppietti liberi con cui può formare legami a idrogeno con l'acqua.
24. b), perché le molecole lineari presentano un maggior numero di forze intermolecolari rispetto alle molecole ramificate.
25. a) CH_4, combustibile nelle reti domestiche
    b) C_2H_6, combustibile e preparazione di cloruro d'etile
    c) C_3H_8, carburante per motori a scoppio e combustibile nelle reti domestiche
    d) C_4H_{10}, carburante per motori a scoppio, combustibile nelle reti domestiche e industriali e additivo per benzine

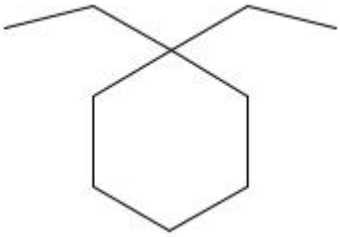
26. a)



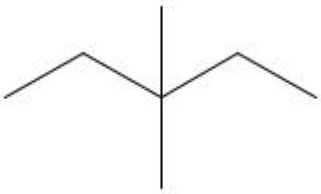
b)



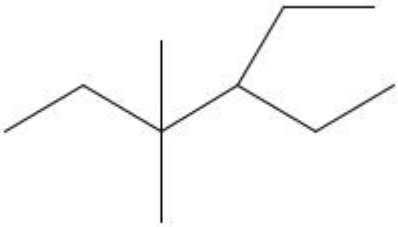
c)



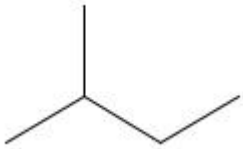
d)

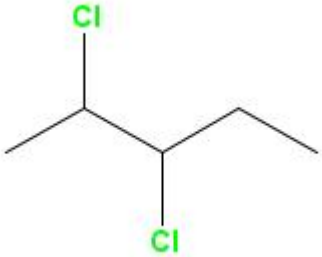


e)



27. a) pentano, si tratta di un'unica catena lineare

b)  2-metilbutano, si considera la catena alchilica più lunga;

c) 

2,3-dicloropentano, il numero che indica la posizione dei sostituenti deve essere il più piccolo possibile;

d) 1-butino, il numero che indica la posizione del triplo legame deve essere il più piccolo possibile

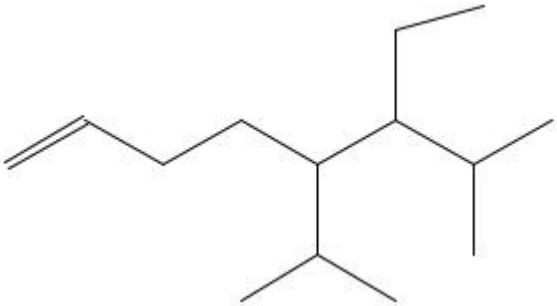
28. a) pentano b) 2-metilpentano c) 2,4-dimetilesano
29. Diossido di carbonio e acqua.
30. In eccesso di ossigeno: $2C_8H_{18} + 25O_2 \rightarrow 16CO_2 + 18H_2O$;

    in difetto di ossigeno: $2C_8H_{18} + 17O_2 \rightarrow 16CO + 18H_2O$;

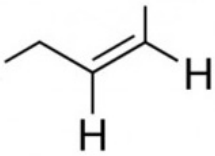
    in carenza di ossigeno: $2C_8H_{18} + 9O_2 \rightarrow 16C + 18H_2O$

31. Le reazioni più comuni degli alcani sono la combustione (ossidazione) e la sostituzione radicalica.
32. Cloroetano; perché due radicali etile possono unirsi e generare il butano.
33. c), perché il legame σ, tra il C2 e il C3, deriva dalla sovrapposizione di due orbitali *sp*, che sono più piccoli rispetto a due orbitali sp^2, dato che il carattere *s* è predominante, per cui il legame risulta essere più corto.

34. a) b) c)

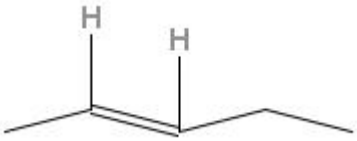


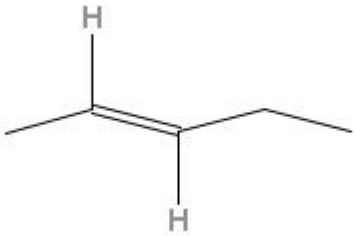
d)



e)

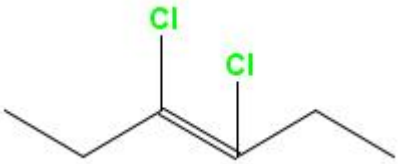
35. a) 2,4-dimetilesano b) 3-esene c) 4-metil-2-pentene
36. Per disidratazione.
37. a) non si hanno isomeri cis e trans;

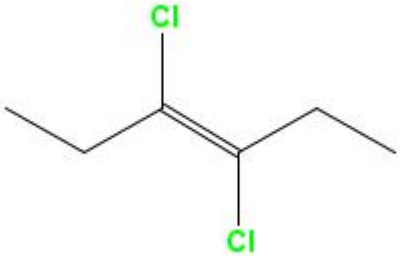
b) *cis* 

trans 

c) non si hanno isomeri cis e trans

38. a) non si hanno isomeri cis e trans
b) non si hanno isomeri cis e trans

c) *cis* 

trans 

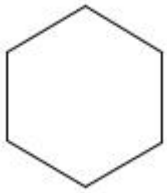
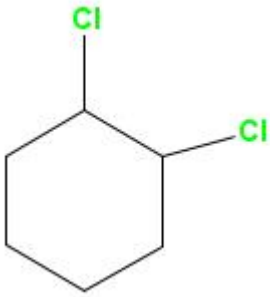
39. Perché gli e^- π del doppio legame sono più disponibili rispetto a quelli σ e rappresentano una possibile base per agenti in grado di donare protoni come gli acidi di Brönsted.

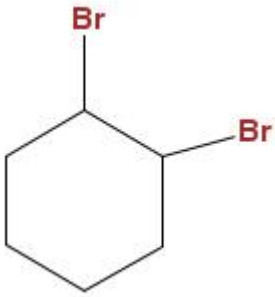
40. $CH_3CH{=}CH_2 + H_2SO_4 \rightarrow CH_3\overset{+}{C}HCH_3 + HSO_4^-$

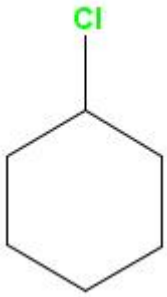
41. 1) $(CH_3)_2C{=}CH_2 + HCl \rightarrow (CH_3)_2\overset{+}{C}CH_3 + Cl^-$

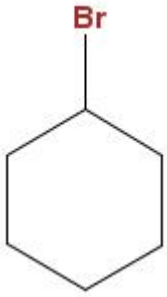
2) $(CH_3)_2\overset{+}{C}CH_3 + Cl^- \rightarrow (CH_3)_2CClCH_3$

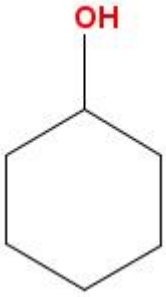
42. I due isomeri sono il *cis* e il *trans*, che si idrogenano allo stesso modo formando lo stesso prodotto, ossia il butano.
43. Perché con la reazione di sostituzione la molecola non perde il carattere aromatico, che consiste nella delocalizzazione degli elettroni π.
44. CH_3CH_3; $ClCH_2CH_2Cl$; $BrCH_2CH_2Br$; CH_3CH_2Cl; CH_3CH_2Br; CH_3CH_2OH
45. $CH_3CH_2CH_2CH_3$;
$CH_3CHClCHClCH_3$;
$CH_3CHBrCHBrCH_3$;
$CH_3CH_2CHClCH_3$;
$CH_3CH_2CHBrCH_3$;
$CH_3CH_2CH(OH)CH_3$

46.  ; 

; 

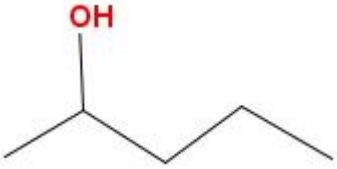
; 

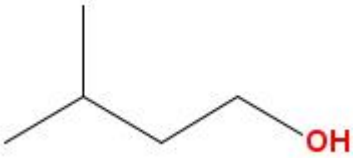
; 

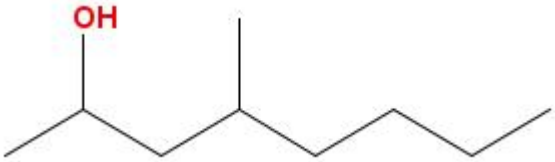


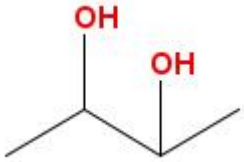
;

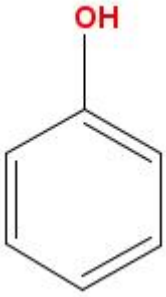
47. Il benzene preferisce dare reazioni di sostituzione per non perdere l'aromaticità.
48. Si forma il bromobenzene.

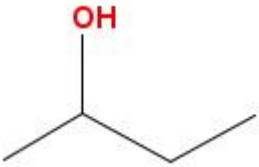
49. a) 

b) 

c) 

d) 

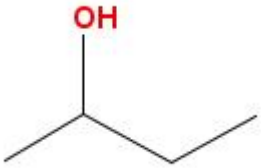
e) 

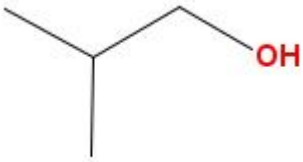
50. 

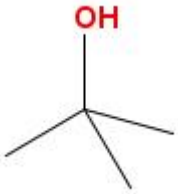
2-butanolo

51. Le specie elettrofile sono specie chimiche che presentano cariche positive o lacune elettroniche. Le specie nucleofile sono specie chimiche che presentano cariche negative o doppietti di elettroni liberi da poter condividere.
52. Nucleofila; elettrofila; nucleofila; nucleofila; elettrofila.
53. È un legame polare in cui la carica parzialmente negativa è attribuita al carbonio.
54. Perché l'acido trasforma l'alcol in un alcol protonato che si dissocia perdendo una molecola d'acqua e formando un carbocatione secondario che, presentando due gruppi alchilici elettrondonatori, è alquanto stabile e favorisce quindi la scissione del legame C—O.
55. Ci si riferisce al numero di atomi di carbonio cui è legato il carbonio che lega l'ossidrile: in un alcol primario è legato a un atomo di carbonio; in uno secondario a due atomi di carbonio; nel terziario a tre atomi di carbonio.

56.

1-butanolo; 

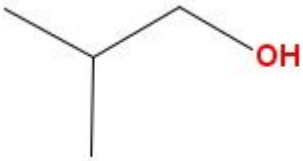
2-butanolo;


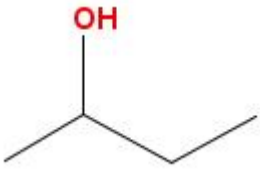
2-metil-1-propanolo; 

2-metil-2-propanolo.
Non può essere ossidato l'alcol terziario, ossia il 2-metil-2-propanolo.

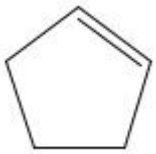
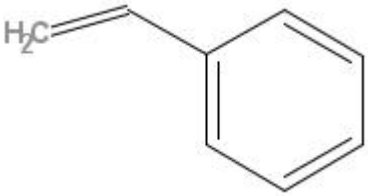
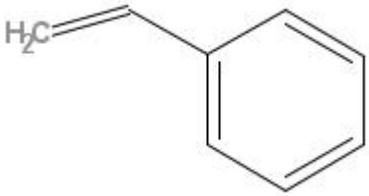
57. Al suo carattere acido.

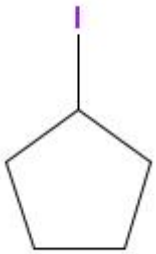
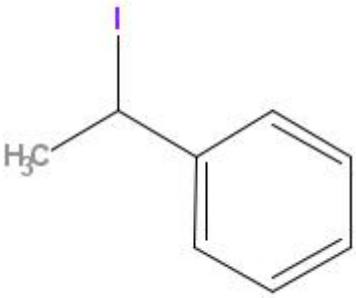
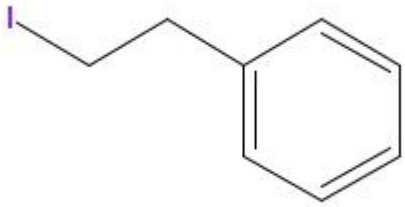
58. L'1-butanolo

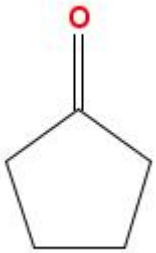
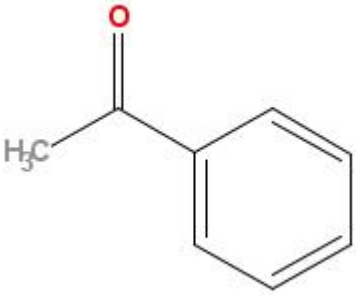
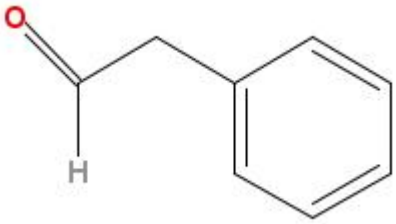
e il 2-metil-1-propanolo


, cioè gli alcoli primari, possono essere ossidati ad aldeidi, mentre il 2-butanolo 

, cioè l'alcol secondario, può essere ossidato a chetone.

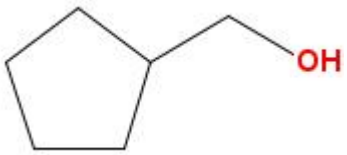
59. a)  b)  c) 

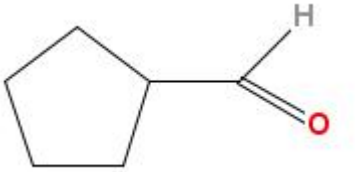
60. a)  b)  c) 

61. a)  b)  c) 

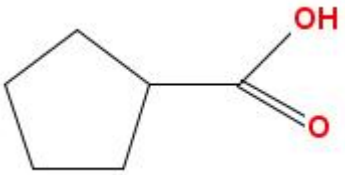
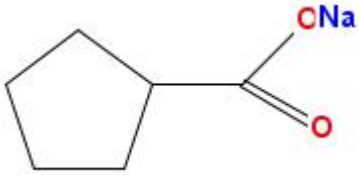
62. KOH è una base forte completamente dissociata in soluzione perché costituita da uno ione K^+ e da un ossidrile in cui l'ossigeno ha doppietti elettronici che possono essere condivisi con agenti acidi; C_6H_5OH è acido perché lo ione fenato, ossia l'anione che si ottiene per perdita di uno ione H^+, è stabilizzato dalla delocalizzazione elettronica dovuta alla risonanza; CH_3CH_2OH non ha proprietà spiccate.

63. Si ottengono propanale e acido propanoico; se si sottopone il recipiente di reazione a pressioni elevate, si favorisce la formazione dell'acido, viceversa, a pressioni basse, l'aldeide volatilizza e può essere raccolta.

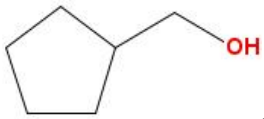
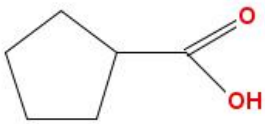
64. L'alcol primario ciclopentilmetanolo  per ossidazione



produce un' aldeide che, per ulteriore ossidazione, produce un acido carbossilico, che reagisce con l'idrossido di sodio, per cui si ha

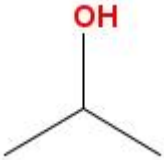
 + NaOH →  + H_2O;

la reazione di ossidazione è la seguente:

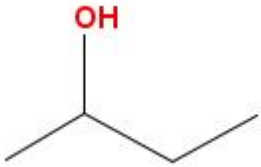
3  + $2Cr_2O_7^{2-}$ + $16H^+$ →3  + $4Cr_3^+$ + $11H_2O$;

l'alcol secondario, invece, per ossidazione produce un chetone, che è più stabile dell'aldeide, per cui non ha luogo un'ulteriore ossidazione.

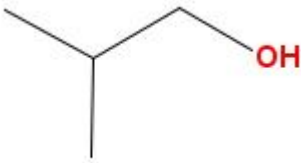
65. CH_3OH metanolo; CH_3CH_2OH etanolo; 1-propanolo;

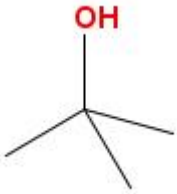
 2-propanolo

66.

1-butanolo; 

2-butanolo;



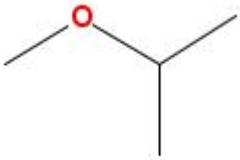
2-metil-1-propanolo; 

2-metil-2-propanolo

67.

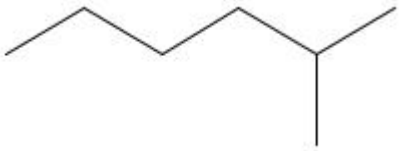
etere dietilico;

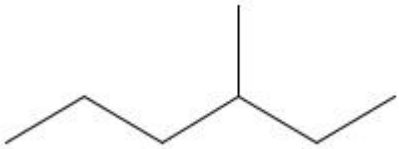
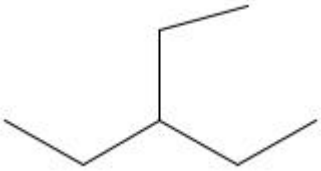
metil-propil-

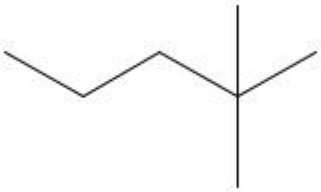
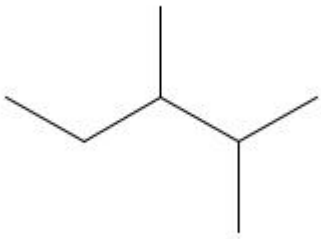


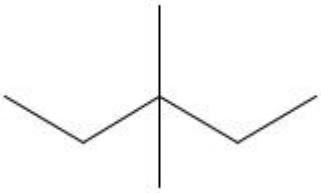
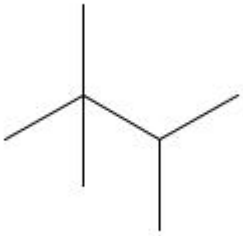
etere; isopropil-metil-etere

68. La chiralità è una proprietà per cui una molecola non è sovrapponibile alla propria immagine speculare.
69. c)
70. Il raggio emergente avrà il piano di vibrazione ruotato di un certo angolo e si osserverà un'intensità luminosa minore di quella iniziale.
71. D e L sono descrittori stereochimici che si riferiscono alla convenzione relativa D,L, ovvero alla configurazione della molecola e non al verso di rotazione della luce polarizzata.
72. Due composti sono definiti isomeri quando hanno la stessa formula bruta ma una differente disposizione degli atomi nello spazio.
73. No, perché non hanno la stessa formula bruta.

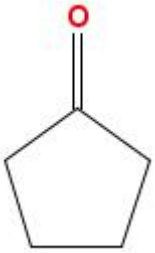
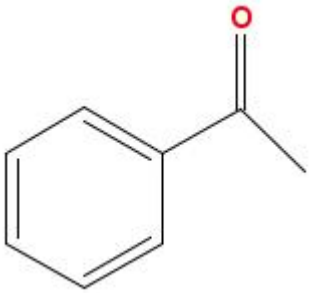
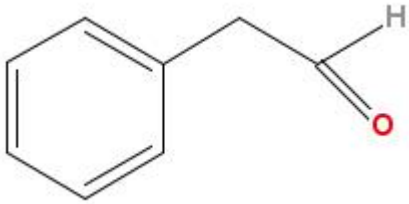
74.
; 
;


; 
;

 ;  ; ;

 ; 

75. 2,2-dimetilpropano, 2-metilbutano, pentano; perché le ramificazioni abbassano il punto di ebollizione.
76. No, perché gli atomi di carbonio possono ruotare liberamente attorno al legame semplice.
77. La libera rotazione è impedita dalla presenza del legame π.
78. Identici: a-b-e-f; isomeri: d-g; non correlati: c
79. Identici: a-d-e; isomeri: b-c-f; non correlati: g

80.  ;  ; 

81. Viene ossidato più facilmente il composto a) perchè è un'aldeide ; la struttura del prodotto di ossidazione è CH_3CH_2COOH
82. a) $CH_3CH_2CH_2OH$, ossia un alcol primario, può essere ossidato ad aldeide: CH_3CH_2CHO e può essere disidratato ad alchene: $CH_3CH{=}CH_2$;

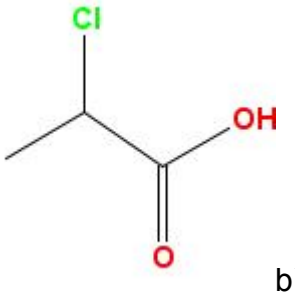
    b) CH_3CH_2COOH, un acido carbossilico, neutralizza NaOH: $CH_3CH_2COO^-Na^+$ e forma un estere con l'alcol metilico: $CH_3CH_2COOCH_3$;

    c) CH_3CH_2CHO, ossia un'aldeide, è facilmente ossidabile, per cui può essere ossidata ad acido carbossilico: CH_3CH_2COOH

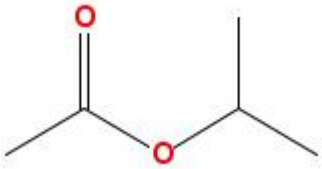
83. Perché non possono formare legami a idrogeno intermolecolari, dato che gli atomi di idrogeno sono legati solo al carbonio.
84. Per idrogenazione o riduzione di aldeidi e chetoni.

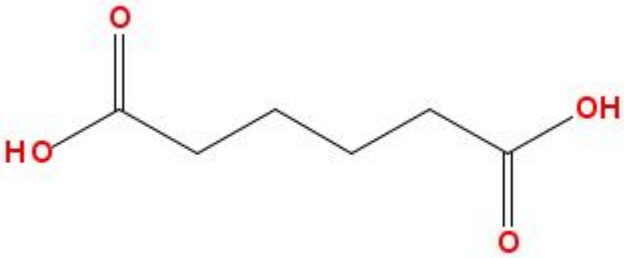
85. No.
86. Perché la reazione di sostituzione è favorita dalla presenza di un gruppo uscente poco basico e invece H^- per l'aldeide e R^- per il chetone sono basi molto forti e quindi pessimi gruppi uscenti.
87. I sostituenti più elettronegativi dell'idrogeno, in particolare se sono legati all'atomo di carbonio in α, aumentano l'acidità per effetto induttivo, perciò l'acidità cresce al crescere della clorurazione e gli atomi di cloro stabilizzano la carica negativa dell'anione, ne consegue che l'acido tricloroacetico è molto più acido dell'acido acetico.
88. Perché presenta un gruppo funzionale in grado di reagire con acidi o basi, ma una lunga catena idrocarburica che invece risulta essere insolubile in acqua.
89. c
90. $CH_3CH_2COOH + CH_3OH \leftrightarrows CH_3CH_2COOCH_3 + H_2O$
91. I punti di ebollizione degli acidi carbossilici sono più elevati di quelli degli alcoli di pari peso molecolare perché possono formare dimeri.
92. 2,925; 8,925; 4,85
93. L'etanoato di metile ha un punto di ebollizione molto più basso dell'acido etanoico perché non può formare legami a idrogeno.

94. a)

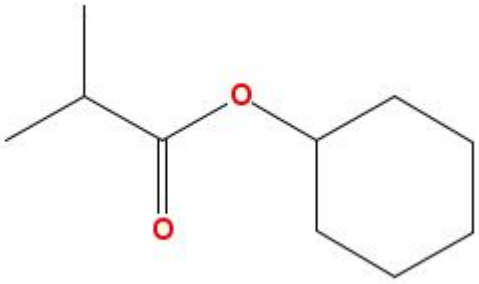


b)

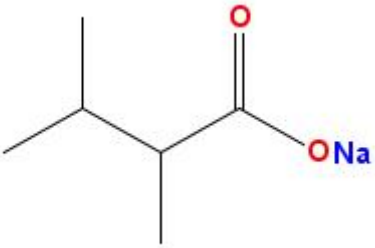




c)



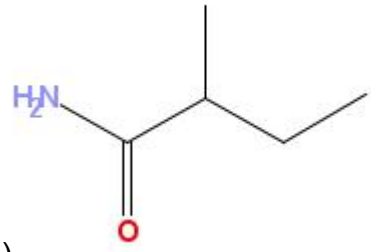
d)

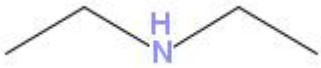


e)

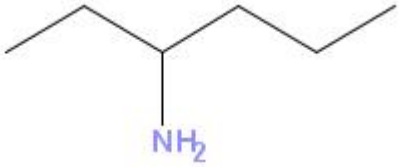
95. Si tratta di un'ammina.
96. Lo ione etilammonio presenta una carica positiva e quindi ha carattere acido.
97. $CH_3CH_2CH_2NH_2 + H_2O \rightarrow CH_3CH_2CH_2NH_3^+ + OH^-$

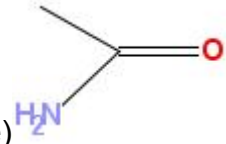
98. I doppietti elettronici dell'idrazina possono essere condivisi con lo ione H^+, mentre quelli dell'urea sono impegnati nella delocalizzazione della carica del carbonile.

99. a) 

b) 

c)

d) 

e) 

100. a) $CH_3CH_2CH_2NH_3^+ + Br^-$ b) N.R. c) N.R.
d) $CH_3CH_2CH_2NH_2 + H_2O$

101. In base al numero di atomi di carbonio legati all'atomo di azoto.

102. Perché nelle ammidi si ha la delocalizzazione del doppietto elettronico dell'azoto dovuta alla risonanza, per cui il gruppo carbonile attrae gli e^- dell'azoto che perde la capacità di condividere il proprio doppietto con i protoni.

103. Perché nell'etanammide si instaurano legami a idrogeno più forti dato che è un composto molto polare.

104. Perché il legame a idrogeno tra l'azoto di un'ammina e l'idrogeno di un'altra ammina ha una polarità minore rispetto al legame tra l'ossigeno e l'idrogeno, data la differenza di elettronegatività tra i due atomi.

105. $CH_3COOH + CH_3CH_2NHCH_2CH_3$

106. *L'esercizio riportato nel testo presenta alcune imprecisioni che sistemeremo in occasione della prossima ristampa. Di seguito la versione corretta, con relativa soluzione.*

NUOVA CONSEGNA

Assegna a ciascuna delle specie chimiche (1-3) le reazioni corrispondenti (a-c) e scrivi le strutture dei prodotti che si formano.

1) $CH_3CH_2\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}NH_2$

2) $CH_3CH_2CH_2NH_2$

3) $CH_3CH_2NH_3^+$

a) neutralizzazione con acido cloridrico diluito (HCl_{dil})
b) idrolisi
c) neutralizzazione con idrossido di sodio diluito($NaOH_{dil}$)

SOLUZIONE

1) idrolisi, che forma $CH_3CH_2COOH+NH_3$;
2) neutralizzazione con HCl_{dil} che forma $CH_3CH_2CH_2NH_3+Cl^-$
3) neutralizzazione con $NaOH_{dil}$ che forma: $CH_3CH_2NH_2+H_2O$

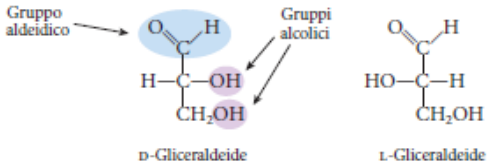
107. Il termine polimero indica una molecola di massa molecolare elevata costituita da una unità strutturale che si ripete.

108. Un alchene può essere utilizzato in una reazione di polimerizzazione per addizione, grazie alla presenza dell'insaturazione, a patto di disporre di un iniziatore radicalico.

109. $HOOC – C_6H_4 – COOH$; $HOCH_2 – C_6H_{10} – CH_2OH$

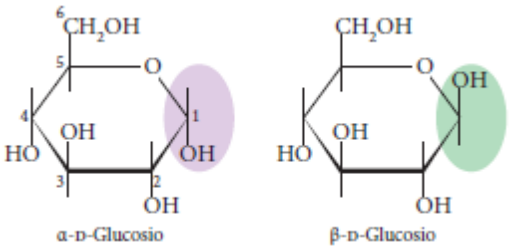
Capitolo 2 – Le proteine: carboidrati e lipidi

1. La biochimica è la disciplina che studia la struttura e la funzione delle molecole di interesse biologico, le loro interazioni e le trasformazioni cui vanno incontro; è importante studiarla perché riguarda tutti gli organismi viventi.
2. I carboidrati sono composti ternari, formati da atomi di carbonio, idrogeno e ossigeno; contengono un gruppo carbonile (aldeidico o chetonico) e alcuni gruppi alcolici (—OH), per cui, da un punto di vista chimico, possono essere definiti poliidrossialdeidi o poliidrossichetoni.
3. Negli organismi viventi i carboidrati possono avere funzione di riserva energetica o ruolo strutturale. L'amido, per esempio, è il carboidrato di riserva delle cellule vegetali, mentre il glicogeno è il carboidrato di riserva delle cellule animali. Carboidrati con ruolo strutturale sono invece la cellulosa, che costituisce la parete delle cellule vegetali, e la chitina, che forma l'esoscheletro di insetti e crostacei.
4. In base alla loro complessità chimica, i carboidrati possono essere classificati in: monosaccaridi (sono le molecole più semplici, rappresentano anche le unità costitutive dei carboidrati più complessi); oligosaccaridi (sono le molecole costituite dall'associazione di poche unità di monosaccaridi), polisaccaridi (sono i polimeri formati da numerose unità di monosaccaridi).
5. Si definiscono «aldosi» i monosaccaridi contenenti un gruppo aldeidico e «chetosi» quelli contenenti un gruppo chetonico. Le due classi di composti presentano entrambe il gruppo carbonile, ma negli aldosi il gruppo carbonilico si trova all'estremità della catena carboniosa e, quindi, lega un atomo di idrogeno; nei chetosi, invece, si trova in una posizione intermedia della catena.
6. L'aldoso più semplice è la gliceraldeide, la cui formula è $C_3H_6O_3$ e della quale esistono due possibili configurazioni, distinte dalla posizione del gruppo alcolico legato al C-2.

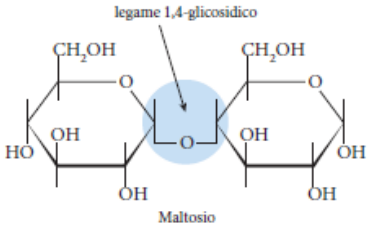


7. Qualunque atomo di carbonio a cui si legano quattro sostituenti diversi è detto carbonio asimmetrico e può assumere due possibili strutture, date dalla diversa disposizione spaziale dei quattro sostituenti. Queste due strutture sono dette isomeri ottici. La gliceraldeide ha un atomo centrale asimmetrico e presenta quindi due isomeri ottici, la D-gliceraldeide e L-gliceraldeide. Gli organismi viventi utilizzano solo la D-gliceraldeide.
8. I monosaccaridi a cinque e sei atomi di carbonio in soluzione vanno incontro a una reazione di ciclizzazione: si ha la reazione tra il gruppo aldeidico (o chetonico) con un gruppo alcolico e di conseguenza un ripiegamento della catena carboniosa su sé stessa; tale processo comporta la formazione di un semiacetale ciclico.
9. La reazione di ciclizzazione coinvolge, nelle due molecole, atomi diversi, nel fruttosio il ciclo si forma tra il gruppo chetonico in posizione 2 e il C-5, mentre nel glucosio il ciclo si forma tra il carbonio del gruppo aldeidico, C-1, e il gruppo alcolico in posizione C-5.

10.



11. In una soluzione acquosa, le tre forme sono in equilibrio e dato che, per il principio di Le Chatelier, quando un sistema all'equilibrio viene perturbato, il sistema reagisce in modo da ristabilire l'equilibrio, si ha che, rispetto a una sostanza che reagisce, l'equilibrio si sposta in modo da riottenere la concentrazione iniziale.
12. Un legame *O*-glicosidico si forma tramite una reazione di condensazione tra due funzioni alcoliche di due molecole di zucchero, con eliminazione di una molecola d'acqua. Il legame glicosidico viene rappresentato indicando la posizione degli atomi di carbonio delle due molecole che si uniscono fra loro.
13. Fra i disaccaridi (oligosaccaridi formati da due monosaccaridi) sono molto importanti in natura tre composti: il maltosio, il saccarosio e il lattosio. Il maltosio è composto da due molecole di α-D-glucosio, si trova nei cereali e nel malto ed è prodotto dalla digestione dell'amido. Il saccarosio è costituito da una molecola di α-D-glucosio e una di β-D-fruttosio, si trova nella canna da zucchero e nella barbabietola da zucchero. Il lattosio è formato da una molecola di β-D-galattosio e una di β-D-glucosio, si trova nel latte e nei suoi derivati.
14.



15. Dalla digestione del saccarosio si liberano i due monosaccaridi che lo costituiscono, cioè una molecola di α-D-glucosio e una di β-D-fruttosio.
16. I monomeri che costituiscono il lattosio sono β-D-glucosio e β-D-galattosio.
17. I polisaccaridi sono molecole ottenute dall'associazione, mediante legami glicosidici, di numerose molecole di monosaccaridi; se sono costituiti da un solo tipo di monosaccaride si definiscono omopolisaccaridi, se invece sono composti da due o più tipi di monosaccaridi si dicono eteropolisaccaridi. Esistono polisaccaridi a catena lineare e polisaccaridi a catena ramificata.
18. L'amido è un omopolisaccaride dato dall'associazione di numerose molecole di α-D-glucosio, ha funzione di riserva ed è costituito per il 15-20% da amilosio formato da una catena lineare che assume un andamento elicoidale nello spazio e per l'80-85% da amilopectina, a sua volta costituita da catene ramificate.
19. Il prodotto finale della digestione di amilosio e amilopectina è α-D-glucosio.
20. a) α-D-glucosio; b) α-D-glucosio; c) β-D-glucosio.
21. Le unità di α-D-glucosio presenti nelle catene di amido sono legate fra loro mediante legami α-1,4-glicosidici, mentre nei punti di ramificazione, ogni 25-30 unità di glucosio, sono presenti legami α-1,6-glicosidici.
22. Il glicogeno costituisce una riserva di glucosio nel fegato e nei muscoli.
23. L'amido è composto per il 15-20% da amilosio, che ha una struttura lineare con andamento elicoidale, e per l'80-85% da amilopectina, con catene ramificate circa ogni 25-30 unità di glucosio. Il glicogeno ha invece una struttura globulare ed è

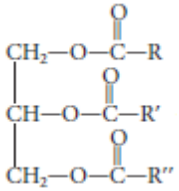
costituto da catene che presentano ramificazioni ogni 10-12 unità di glucosio, per cui è molto più ramificato dell'amilopectina.

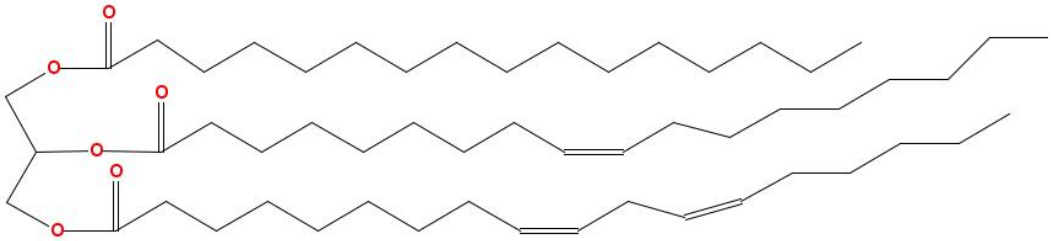
24. La cellulosa è costituita da numerose unità di β-D-glucosio unite fra loro con legami 1,4-glicosidici a formare catene lineari che si associano tra loro trasversalmente mediante legami a idrogeno per formare fibre molto resistenti alla trazione; ha una funzione strutturale, per cui rappresenta il principale costituente della parete delle cellule vegetali.
25. Il nostro organismo non è in grado di utilizzare la cellulosa come fonte di glucosio perché non possiede enzimi adatti a metabolizzare i legami β-glicosidici della cellulosa.
26. La chitina è un omopolisaccaride con funzione strutturale, rappresenta una componente importante della parete cellulare di alcuni funghi e forma l'esoscheletro di crostacei e insetti. È composta dalla ripetizione di unità di un amminozucchero, *N*-acetil-β-D-glucosammina, unite fra loro con legami β-1,4-glicosidici a formare catene non ramificate.
27. I glicosamminoglicani (noti come GAG) sono eteropolisaccaridi lineari costituiti da ripetizioni di unità disaccaridiche, contenenti sempre un amminozucchero e un monosaccaride acido, spesso un residuo di acido uronico (acido glucuronico). Due esempi di glicosamminoglicani sono l'acido ialuronico e l'eparina.
28. I proteoglicani sono dei glicoconiugati composti da glicosamminoglicani e porzioni proteiche. Hanno grande importanza biologica perché formano la matrice extracellulare, la sostanza che riempie gli spazi fra le cellule e accoglie i vasi e le terminazioni nervose.
29. Esistono diversi tipi di lipidi in natura, con struttura e funzioni differenti, ma tutti sono accomunati dalla caratteristica di essere insolubili in acqua e solubili in solventi apolari, come etere, cloroformio e cicloesano.
30. I lipidi possono essere classificati in lipidi semplici e lipidi complessi. I lipidi semplici sono esteri di acidi grassi con alcoli; fra essi vi sono i grassi: esteri di acidi grassi con il glicerolo, e le cere: esteri di acidi grassi con alcoli ad elevato peso molecolare. Anche i lipidi complessi sono esteri di acidi grassi con alcoli, ma contengono anche altri gruppi di diversa natura chimica; fra essi vi sono i fosfolipidi: lipidi che contengono gruppi fosfato come i glicerofosfolipidi, in cui l'alcol è il glicerolo, e gli sfingofosfolipidi, in cui l'alcol è la sfingosina; inoltre vi sono i glicolipidi: sono composti da carboidrati, un acido grasso e sfingosina, infine vi sono altri lipidi complessi come solfolipidi, amminolipidi e lipoproteine. Fra i composti che non rientrano nelle due categorie precedenti vi sono inoltre i precursori e i derivati lipidici. Un altro criterio di classificazione consente di distinguere i lipidi saponificabili da quelli non saponificabili.
31. I lipidi, rispetto ai carboidrati, sono più solubili nei solventi organici perché possiedono catene idrocarburiche più lunghe.
32. Gli acidi grassi sono acidi carbossilici che possiedono quattro o più atomi di carbonio, sono presenti nei lipidi naturali sotto forma di esteri, ma esistono anche come acidi grassi liberi. La formula generale di un acido grasso è R-COOH, dove R rappresenta una catena idrocarburica alifatica che, negli acidi grassi maggiormente diffusi in natura, è costituita da almeno 11 atomi di carbonio.
33. Gli acidi grassi sono definiti saturi se la loro catena non presenta doppi legami, oppure insaturi, se presentano uno o più doppi legami; quando vi sono più doppi legami si parla di acidi grassi polinsaturi.

34. Acidi grassi saturi:
acido laurico $CH_3(CH_2)_{10}COOH$, acido palmitico $CH_3(CH_2)_{14}COOH$;

Acidi grassi insaturi:
acido oleico $CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$,
acido palmitoleico $CH_3(CH_2)_5CH{=}CH(CH_2)_7COOH$

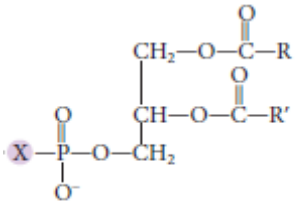
35. Il termine polinsaturo indica la presenza di doppi legami tra gli atomi di carbonio come, per esempio, nelle catene degli acidi grassi polinsaturi presenti nell'olio di mais.
36. I grassi vegetali presentano punti di fusione inferiori rispetto ai grassi animali perché contengono insaturazioni.
37. La denominazione omega è un criterio di classificazione degli acidi grassi insaturi in cui si considera la distanza in atomi di carbonio fra l'ultimo doppio legame e l'estremità della molecola, detta appunto carbonio ω. Si hanno, per esempio, acidi grassi ω3 se l'ultimo doppio legame si trova sul terz'ultimo carbonio.
38. Gli acidi grassi essenziali sono acidi grassi insaturi che non possono essere sintetizzati dalle cellule dell'organismo umano e devono necessariamente essere assunti con gli alimenti. Gli acidi grassi della serie ω6 (per esempio, l'acido linoleico) e ω3 (per esempio, l'acido linolenico) vengono assunti tramite alimenti ricchi di tali sostanze, come alcuni oli vegetali, noci e pesce azzurro.
39. I trigliceridi, o triacilgliceroli, sono composti da una molecola di glicerolo e tre molecole di acido grasso; il glicerolo ha tre funzioni alcoliche e lega tre molecole di acido grasso attraverso reazioni di esterificazione in cui vengono eliminate molecole di acqua.



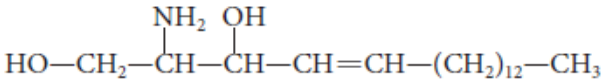


40.
41. Una reazione di saponificazione consiste nel trattamento a caldo di una miscela di oli o grassi con una soluzione fortemente alcalina, per ottenere sali di acidi grassi, cioè saponi, e glicerolo.
42. $CH_2OHCHOHCH_2OH + CH_3(CH_2)_4CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH + CH_3(CH_2)_{12}COOH + CH_3(CH2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$
43. Dalla reazione di saponificazione del triacilglicerolo del problema 40 si otterrebbero glicerolo e i sali sodici degli acidi palmitico, oleico e linoleico.

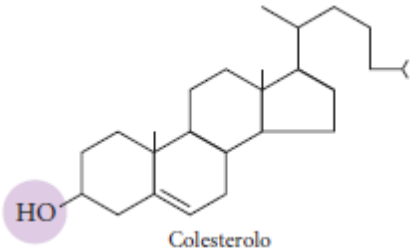
44. I fosfogliceridi appartengono alla classe dei fosfolipidi, sono formati da una molecola di glicerolo che esterifica due molecole di acido grasso e un gruppo fosfato, il quale a sua volta può legare altre molecole, generalmente provviste di una funzione alcolica. Questa composizione conferisce alla molecola una doppia natura: presenta infatti una porzione polare (la testa idrofila), in prossimità del gruppo fosfato, e una porzione apolare (code idrofobe), in corrispondenza degli acidi grassi.



45. I fosfolipidi hanno una porzione polare e una porzione apolare; molecole con questa caratteristica vengono definite anfifiliche (o anfipatiche). Quando si trovano a contatto con l'acqua queste molecole tendono a formare doppi strati: le teste idrofile delle molecole si direzionano verso il solvente, mentre le code idrofobe si giustappongono l'una all'altra per formare la porzione interna del doppio strato.
46. Nelle molecole dei fosfogliceridi, le catene idrocarburiche degli acidi grassi sono idrofobe, mentre la parte corrispondente al gruppo fosfato è idrofila.
47.



48. Le sfingomieline sono composte da una molecola di ceramide che lega una molecola di fosfocolina o di fosfoetanolammina. Si tratta di fosfolipidi con funzione strutturale che entrano nella costituzione delle membrane cellulari che compongono la guaina mielinica delle cellule nervose.
49. Gli steroidi sono un gruppo di lipidi che hanno come struttura di base il ciclopentanoperidrofenantrene, un idrocarburo policiclico saturo.
50. Il colesterolo è un alcol steroideo costituito da quattro anelli condensati e una coda alifatica; la struttura policiclica presenta una funzione alcolica in posizione 3, caratteristica degli steroli, che sono precursori degli steroidi e vengono classificati come lipidi anfifilici ossia con una struttura idrofoba e una coda idrofila costituita dal gruppo –OH.
51.



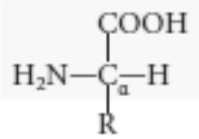
Colesterolo

52. Il colesterolo è un costituente fondamentale delle membrane cellulari, dove modula la fluidità di membrana. Il colesterolo è anche il precursore di numerose sostanze importanti per l'uomo, tra le quali la vitamina D_3 e gli ormoni steroidei. È inoltre il precursore degli sali biliari, sostanze prodotte nel fegato e presenti nella bile, molecole anfifiliche che sono in grado di agire da detergenti nel duodeno,

emulsionando i lipidi alimentari e favorendone la degradazione da parte degli enzimi digestivi.

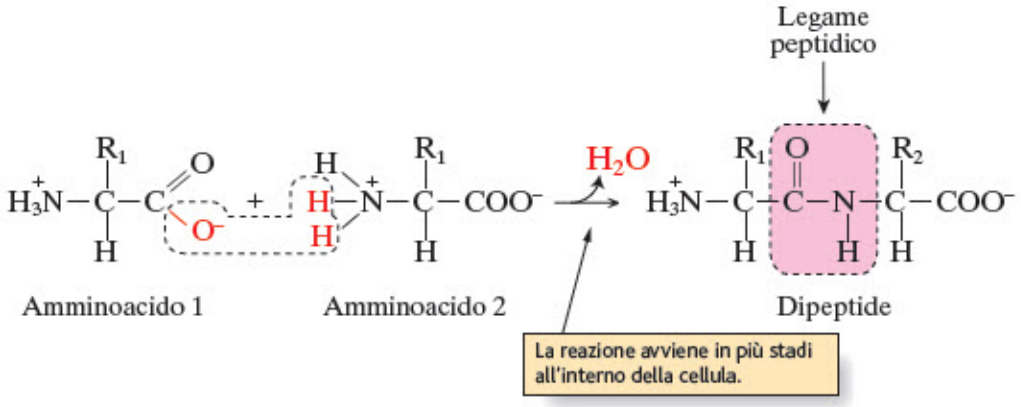
53. Le vitamine sono sostanze organiche, necessarie all'organismo umano in piccole quantità (da pochi µg a qualche decina di mg); non possono essere sintetizzate dall'organismo stesso (sono quindi sostanze essenziali) e devono essere assunte necessariamente con la dieta.
54. Le vitamine si classificano in base alla loro natura idrofilica o idrofobica: si definiscono vitamine idrosolubili quelle che sono solubili in acqua, e vitamine liposolubili quelle solubili nei grassi.
55. La vitamina A, o retinolo, è una vitamina liposolubile che viene prodotta dal fegato a partire da un pigmento vegetale, il β-carotene, particolarmente abbondante nelle carote. È coinvolta nel meccanismo della visione e nel trofismo di cute e mucose, il nostro fabbisogno giornaliero di vitamina A è di 1 mg.
56. La vitamina D_3, o colecalciferolo, viene assunta solo in parte tramite gli alimenti, perché l'organismo umano la sintetizza a partire da un precursore, il 7-deidrocolesterolo, presente nella cute, per cui un'adeguata esposizione al sole ne riduce il fabbisogno. Ha un ruolo importante nell'assorbimento dello ione Ca^{2+} e nel trofismo di ossa e cartilagini.
57. Gli ormoni sono molecole organiche prodotte dalle ghiandole endocrine dell'organismo umano, vengono riversati nel sangue e agiscono su cellule bersaglio legandosi a specifici recettori.
58. Le principali ghiandole dell'organismo umano sono:
    Ipofisi, o ghiandola pituitaria: produce ACTH, TSH, FSH/LSH, ormone della crescita (GH);
    Tiroide: produce gli ormoni T_3 e T_4 (tiroxina);
    Paratiroidi: producono paratormone;
    Pancreas: produce glucagone e insulina;
    Surreni: la porzione corticale del surrene produce cortisolo e aldosterone, la porzione midollare produce adrenalina;
    Gonadi: le gonadi maschili producono testosterone, quelle femminili progesterone ed estrogeni.
59. Gli ormoni di natura lipidica derivano dal colesterolo e si definiscono ormoni steroidei; sono prodotti dalla corticale del surrene e dalle gonadi.
60. Il cortisolo è implicato in molti processi fisiologici, fra cui la mediazione della risposta immunitaria e la regolazione del metabolismo glicidico. L'aldosterone è coinvolto nel riassorbimento di Na^+ a livello del rene e nella regolazione della pressione arteriosa.
61. Il testosterone è l'ormone prodotto nelle gonadi maschili, è responsabile dello sviluppo dei caratteri sessuali maschili. Progesterone ed estrogeni sono invece gli ormoni prodotti dalla gonadi femminili, sono coinvolti nello sviluppo dei caratteri sessuali femminili, nella regolazione del ciclo mestruale e nella gravidanza.

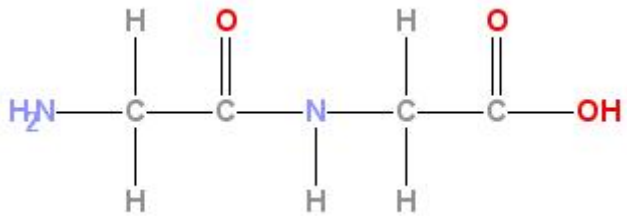
Capitolo 3 – Le biomolecole: proteine e acidi nucleici

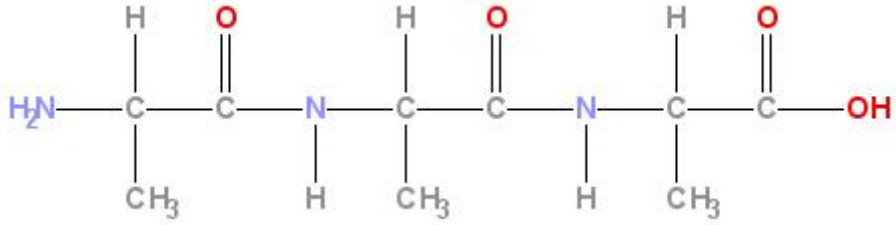
1. Le proteine sono il gruppo di biomolecole che possiede la più ampia gamma di funzioni negli organismi viventi. Alcune proteine sono enzimi e hanno funzione di catalizzatori (per esempio la pepsina, un enzima digestivo che degrada le proteine alimentari); altre agiscono da ormoni (per esempio l'insulina che ha un'azione ipoglicemizzante), o da recettori (come i recettori degli ormoni proteici). Sono proteine gli anticorpi, che agiscono nei sistemi di difesa dell'organismo, e anche quelle che hanno invece funzione di attacco (tossine batteriche e veleni di insetti e serpenti). Inoltre, le proteine possono avere funzioni strutturali (per esempio il collagene presente nella matrice extracellulare), contrattili (actina e miosina nel muscolo), di trasporto (l'emoglobina che trasporta ossigeno), di deposito (per esempio l'ovalbumina dell'albume dell'uovo), o essere implicate nella organizzazione della segnalazione intracellulare.
2. Le proteine semplici sono costituite esclusivamente dalla componente polipeptidica, invece le proteine coniugate presentano anche porzioni non polipeptidiche, note come gruppi prostetici.
3. Il gruppo prostetico è la componente non proteica presente in alcuni proteine, generalmente si tratta di piccole molecole organiche non amminoacidiche o di ioni metallici, necessari per lo svolgimento di una specifica funzione.
4. Le proteine sono costituite da venti amminoacidi diversi; ogni amminoacido ha una composizione chimica peculiare, ma tutti hanno alcune caratteristiche strutturali comuni: tutti possiedono un gruppo carbossile (—COOH) e un gruppo amminico (—NH_2), entrambi legati allo stesso atomo di carbonio α, perciò i venti amminoacidi sono detti α-amminoacidi.
5. 

6. A valori di pH fisiologici (7,4), un amminoacido si presenta come ione dipolare, ciò deriva da una reazione intramolecolare in cui il gruppo carbossile, —COOH, dell'amminoacido cede un idrogenione al gruppo amminico trasformandosi in —COO^- mentre il gruppo amminico, —NH_2, si trasforma in —NH_3^+, mostrando le proprietà prevedibili per uno ione in cui il gruppo acido è —NH_3^+, mentre il gruppo basico è —COO^-.
7. Il punto isoelettrico di un amminoacido è il valore di pH a cui l'amminoacido risulta elettricamente neutro. Ogni amminoacido ha il proprio punto isoelettrico; per la maggior parte degli amminoacidi che compongono le proteine, il punto isoelettrico è vicino a pH = 7.
8. I venti α-amminoacidi possono essere classificati in base alla polarità della loro catena laterale. Si possono distinguere amminoacidi con catena apolare e amminoacidi con catena polare. Gli amminoacidi con catena apolare possono essere suddivisi in aromatici (fenilalanina, tirosina e triptofano) o alifatici (glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina, metionina e prolina). Fra gli amminoacidi polari, alcuni hanno un gruppo ionizzabile nella catena laterale, e quindi possono essere amminoacidi basici con una carica positiva aggiuntiva (lisina, arginina e istidina) o amminoacidi acidi con una carica negativa aggiuntiva (acido aspartico e acido glutammico), altri invece sono non ionizzabili (serina, treonina, cisteina, asparagina e glutammina).

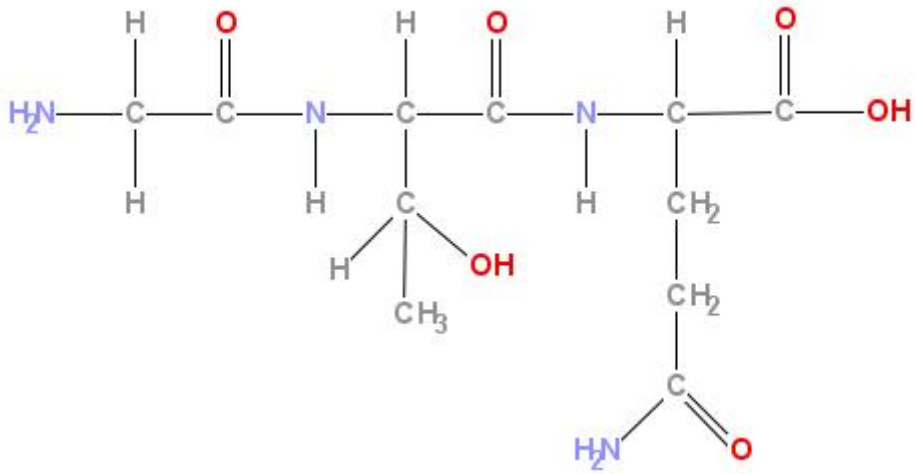
9. L'amminoacido valina, a pH fisiologico, presenta delle cariche, ma è globalmente neutro.
10. In alcune proteine compaiono amminoacidi diversi rispetto ai venti amminoacidi «canonici»; essi derivano da modificazioni post-traduzionali degli amminoacidi che compongono la proteina. Alcuni esempi sono la 4-idrossiprolina e la 5-idrossilisina, presenti nel collageno, la N-metillisina, presente nella miosina muscolare, e l'acido γ-carbossiglutammico, presente in molte proteine che legano lo ione calcio.
11. Gli amminoacidi essenziali sono amminoacidi che non possono essere sintetizzati dall'organismo umano e devono essere assunti necessariamente con la dieta. Otto dei venti amminoacidi che costituiscono le proteine sono essenziali: valina, leucina, isoleucina, fenilalanina, triptofano, lisina, metionina e treonina. Altri due amminoacidi, istidina e arginina, sono essenziali solo nel corso del primo anno di vita.
12. I polipeptidi sono eteropolimeri i cui monomeri sono rappresentati da amminoacidi, i quali appartengono tutti alla serie L, presentano un gruppo amminico e un gruppo carbossilico e un atomo di idrogeno legati all'atomo di carbonio α e differiscono per la presenza di un gruppo radicale che può avere caratteristiche polari, o apolari, aromatiche, o alifatiche.
13. Il legame peptidico è un legame ammidico che si instaura tra amminoacidi per costituire le catene polipeptidiche.
14. Nella formazione di un legame peptidico fra due amminoacidi, si ha una reazione di condensazione tra il gruppo carbossile di un amminoacido e il gruppo amminico di un secondo amminoacido con formazione di un legame ammidico e perdita di una molecola di acqua.

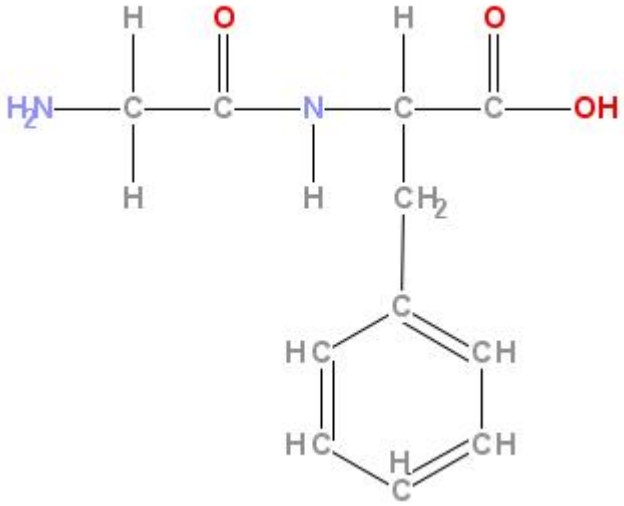


15. 

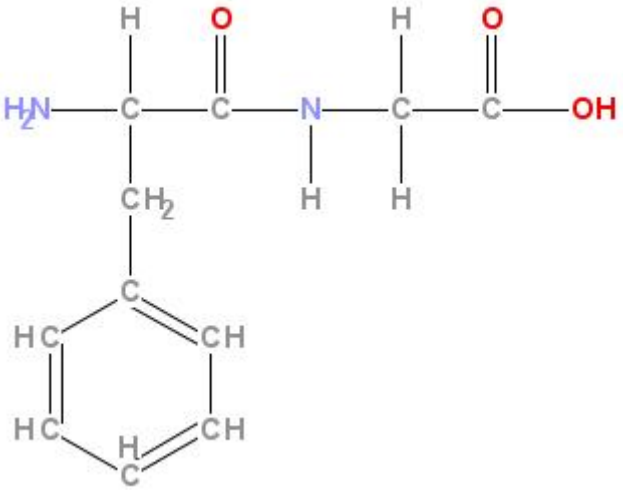
16. 

17. Il nome di un dipeptide (peptide formato dal legame fra due amminoacidi) dipende dall'ordine con cui essi si legano: se il primo amminoacido è una molecola di alanina e il secondo una molecola di serina, si ottiene il dipeptide alanilserina, se invece i due amminoacidi sono in posizione invertita, si ottiene il dipeptide serilalanina.
18. Il tripeptide Gly-Thr-Gln prende il nome di gliciltreonilglutammina:





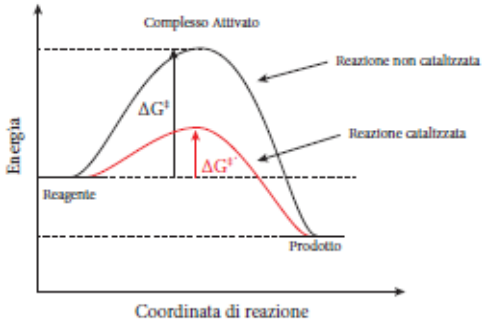
19. Glicilfenilalanina: ;



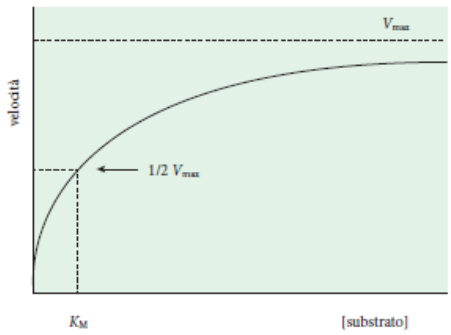
fenilalanilglicina:

20. Dopo la formazione di tutti i legami peptidici, ogni catena polipeptidica possiede un'estremità con un gruppo $—NH_3^+$ libero, non impegnato in alcun legame con altri amminoacidi, che viene definita estremità N-terminale, e un'estremità con un gruppo $—COO^-$ libero, definita estremità C-terminale. Per convenzione, questi due gruppi sono considerati, rispettivamente, l'inizio e il termine della catena.
21. La struttura primaria di una proteina è data dalla sequenza di amminoacidi che compongono la proteina.
22. Due polipeptidi possono differire da un punto di vista strutturale se contengono amminoacidi differenti.
23. La struttura secondaria rappresenta il livello più semplice di ripiegamento tridimensionale della proteina e corrisponde alla conformazione locale assunta da tratti più o meno lunghi della catena polipeptidica.
24. I principali tipi di struttura secondaria delle proteine sono l'α-elica e il foglietto-β, strutture stabilizzate dalla formazione di numerosi legami a idrogeno fra i gruppi C═O e N—H della catena principale del polipeptide.
25. Le proteine possono essere classificate, in base al contenuto di struttura secondaria, in tre classi: α, β e α/β. Le proteine α sono quelle in cui predomina la struttura ad α-elica; le proteine β sono quelle in cui predomina la struttura a foglietto-β; le proteine α/β sono quelle in cui si ha una miscela dei due tipi di struttura secondaria.
26. La struttura terziaria di una proteina è la conformazione tridimensionale complessiva della catena polipeptidica, che risulta dal ripiegamento nello spazio dell'intera catena proteica e comprende tutti gli elementi di struttura secondaria.
27. Le catene laterali apolari degli amminoacidi si dispongono all'interno della molecola formando il core idrofobo perché tendono ad allontanarsi il più possibile dall'ambiente acquoso presente nel citosol delle cellule.
28. La struttura tridimensionale di una proteina è stabilizzata da interazioni di van der Waals, legami a idrogeno, legami ionici e ponti disolfuro.
29. Un legame covalente come il legame disolfuro (S—S) si forma dalla reazione fra due gruppi sulfidrile (o tiolo), —SH, appartenenti alle catene laterali di due cisteine. Le cisteine coinvolte possono anche essere lontane nella sequenza amminoacidica, ma venire a trovarsi vicine a causa del ripiegamento spaziale della catena.
30. Molte proteine sono composte dall'associazione di due o più catene polipeptidiche, l'organizzazione delle varie subunità di queste proteine viene definita struttura quaternaria.
31. Dopo essere stata sintetizzata sui ribosomi, una proteina deve assumere una struttura tridimensionale ben precisa per poter svolgere la propria funzione biologica: tale struttura è unica e caratteristica per ciascun tipo di proteina e prende il nome di conformazione nativa.
32. Il folding è il processo cellulare attraverso il quale una catena polipeptidica appena sintetizzata assume la propria conformazione nativa, questo processo è mediato da particolari proteine cellulari, note come chaperoni, che consentono alle catene polipeptidiche di ripiegarsi correttamente. Numerose malattie sono causate da conformazioni errate di alcune proteine, per esempio il morbo di Alzheimer e il morbo di Parkinson; queste patologie sono definite in generale amiloidosi, perché sono caratterizzate dalla deposizione di materiale proteico fibrillare, che risulta tossico per cellule, tessuti e organi.
33. L'acquisto o la cessione di ioni H^+ dovuto all'abbassamento o innalzamento del pH, può alterare la carica dei gruppi R e compromettere i legami tra le diverse regioni della proteina alterandone la conformazione tridimensionale.

34. La denaturazione di una proteina consiste in un'alterazione della sua conformazione nativa, che la può rendere incapace di svolgere il proprio ruolo biologico, pur conservandone la struttura primaria. La denaturazione può essere causata da agenti fisici, come il calore, o chimici, come i veleni e alcuni solventi.
35. L'emoglobina (Hb) è una proteina oligomerica, presente all'interno dei globuli rossi, che ha la funzione di trasportare l'ossigeno nel sangue. È un tipico esempio di proteina con struttura quaternaria, in quanto è formata da quattro subunità, uguali a due a due, due catene α e due catene β, ciascuna delle quali lega un gruppo eme.
36. Il gruppo prostetico dell'emoglobina è costituito dal gruppo eme, un complesso coordinato formato da una porfirina sostituita al cui centro si trova uno ione Fe^{2+}, che ha la funzione di legare una molecola di O_2.
37. La cooperatività è un fenomeno che riguarda alcune proteine con struttura quaternaria: il legame di un ligando a una subunità, ossia di una prima molecola di ossigeno all'eme di una subunità dell'emoglobina, facilita il legame di altre molecole di ligando alle altre subunità. Le quattro subunità che formano l'emoglobina sono caratterizzate da un meccanismo di cooperatività, che rende più efficiente il trasporto di ossigeno.
38. La curva di legame dell'emoglobina con l'ossigeno ha un andamento sigmoidale dovuto alla cooperatività fra le quattro subunità proteiche. La mioglobina, una proteina simile all'emoglobina ma con struttura monomerica, e quindi priva di cooperatività, ha una curva di legame iperbolica. Dalla curva si può evincere che l'emoglobina lega ossigeno a valori caratteristici del sangue arterioso (100 mmHg) e libera ossigeno a valori di pO_2 caratteristici del sangue venoso (30 mmHg).
39. Il collageno è formato da fibre e fasci di molecole che si ritrovano nei tessuti connettivi presenti in numerosi organi del corpo. L'unità fondamentale del collageno, il tropocollageno, è una struttura elicoidale superavvolta con andamento destrorso, formata da tre catene polipeptidiche. Ognuna di queste catene è costituita da circa 1000 amminoacidi e presenta una struttura secondaria a elica sinistrorsa (elica del collageno). Le unità di tropocollageno si organizzano in fibrille, disponendosi in modo sfalsato, e queste, a loro volta, si organizzano in fibre con modalità diverse (fasci paralleli, fogli o disordinatamente) a seconda della funzione tipica del tessuto che vanno a formare.
40. Le modificazioni post-traduzionali conferiscono proprietà particolari al collageno. L'idrossiliprolina contribuisce alla stabilizzazione della tripla elica del tropocollageno, mentre l'idrossilisina lega molecole di carboidrati (glicosilazione) e l'allisina partecipa alla formazione dei legami crociati.
41. Gli enzimi sono proteine specializzate per la funzione catalitica.
42. I veleni più potenti agiscono sugli enzimi coinvolti nella trasmissione dell'impulso nervoso (es: Hg^{2+}, Pb^{2+}, tossina botulinica).
43. Un enzima agisce in quantità ridottissime e si mantiene inalterato nel corso della reazione. È in grado di aumentare la velocità del processo perché abbassa il livello dell'energia di attivazione della reazione, ma ne lascia inalterato l'equilibrio.



44. Il primo modello di interazione fra enzima e substrato fu il modello chiave-serratura, in base al quale enzima e substrato avrebbero strutture perfettamente complementari, come una chiave che apre soltanto la propria serratura. In base al più attuale modello dell'adattamento indotto, invece, il sito attivo dell'enzima e il substrato vanno incontro a una piccola variazione conformazionale quando entrano in contatto, che consente alle due strutture di adattarsi l'una all'altra in maniera perfettamente complementare.
45. Le idrolasi catalizzano reazioni di idrolisi, in cui si rompono legami covalenti mediante l'introduzione di una molecola di H_2O; sono idrolasi, per esempio, gli enzimi digestivi. Le liasi catalizzano reazioni di rottura di legami covalenti con meccanismi diversi dall'idrolisi e dall'ossidazione. Le isomerasi catalizzano reazioni di isomerizzazione, cioè di trasformazione di una molecola in un suo isomero. Le ligasi catalizzano reazioni di sintesi, sempre accompagnate da un dispendio energetico.
46. La IUBMB (*International Union of Biochemistry and Molecular Biology*) ha definito sei diverse classi di enzimi: le ossidoreduttasi (catalizzano reazioni di ossidoriduzione), le trasferasi (catalizzano reazioni di trasferimento di gruppi chimici da un substrato donatore a un accettore), le idrolasi (catalizzano reazioni di idrolisi), liasi (catalizzano reazioni di rottura di legami chimici, spesso producendo nuovi doppi legami), isomerasi (catalizzano reazioni di isomerizzazione), ligasi (catalizzano reazioni di sintesi).
47. NAD^+ e FAD sono coenzimi molto diffusi nelle cellule, infatti la maggior parte delle reazioni di ossidoriduzione sono catalizzate da deidrogenasi NAD^+ o FAD dipendenti. Queste due molecole sono ottimi ossidanti perché hanno una grande stabilità, e a differenza di ossidanti come l'ossigeno non danno luogo a reazioni indesiderate e pericolose per la cellula, come la formazione di radicali liberi.
48. Il ciclo catalitico di un enzima si compone di quattro fasi: nella prima fase il substrato si combina con il sito attivo dell'enzima formando il complesso enzima-substrato (complesso ES); ciò induce la seconda fase, l'attivazione del substrato, nella quale alcuni legami chimici della molecola diventano più reattivi e il substrato si predispone alla trasformazione; la terza fase è quella in cui si attua la trasformazione vera e propria del substrato nel prodotto; infine, nella quarta fase, il prodotto si dissocia dall'enzima.
49. Nella prima fase del ciclo catalitico il substrato si combina con il sito attivo dell'enzima formando il complesso enzima-substrato, a questo legame possono partecipare anche cofattori. Questa è una fase reversibile del processo e il complesso ES può dissociarsi rigenerando enzima e substrato senza che si compia alcuna trasformazione.
50. L'efficienza catalitica di un enzima è espressa dal numero di turnover, che rappresenta il numero di molecole di substrato trasformate in prodotto da un enzima nel tempo di un secondo e in condizioni di reazione ottimali.
51.



L'equazione di Michaelis-Menten rappresenta in un grafico la velocità di una reazione enzimatica (v) in funzione della concentrazione del substrato ([S]). Il grafico rappresentato è un'iperbole e indica che la velocità della reazione (cioè l'attività enzimatica) aumenta all'aumentare della concentrazione del substrato e tende a un valore massimo, indicato con la sigla V_{max} , che viene raggiunto quando le concentrazioni di substrato sono in grado di saturare tutti i siti attivi delle molecole di enzima presenti. In queste condizioni, le molecole di enzima sono tutte legate al substrato e la velocità di catalisi è massima.

52. La costante nota come K_M, o costante di Michaelis, corrisponde alla concentrazione di substrato per la quale la reazione procede a una velocità pari a metà di quella massima. La K_M è la grandezza che esprime l'affinità di un enzima per il proprio substrato: minore è il valore della K_M di un enzima per il suo substrato, maggiore è la sua affinità per esso e viceversa; il valore della K_M è indipendente dalla quantità di enzima presente ed è caratteristico di ogni enzima per uno specifico substrato.
53. L'attività degli enzimi deve essere finemente regolata in modo da rispondere alle esigenze delle cellule; i meccanismi con cui si può controllare l'attività di un enzima sono: la concentrazione dei substrati all'interno della cellula, l'allosterismo, le modificazioni covalenti e l'inibizione enzimatica.
54. Gli enzimi sottoposti a controllo allosterico sono spesso proteine multimeriche, provviste di struttura quaternaria. L'effettore allosterico è una molecola in grado di legarsi all'enzima, in modo specifico ma non covalente, a livello di un sito allosterico diverso dal sito attivo, e di indurre un lieve cambiamento conformazionale dell'enzima; questa variazione strutturale può modificare quantitativamente l'attività dell'enzima in senso positivo (aumento dell'attività) o negativo (riduzione dell'attività).
55. L'inibizione enzimatica è un meccanismo per cui molecole chiamate inibitori possono legarsi a un enzima formando complessi e riducendo, in parte o integralmente, la capacità dell'enzima di legare il substrato e/o di catalizzarne la trasformazione.
56. La struttura primaria di una proteina è codificata in un gene sotto forma di triplette di nucleotidi, ognuna delle quali corrisponde a uno specifico amminoacido, quindi, l'ordine degli amminoacidi non è casuale, ma rigorosamente immutabile per ogni particolare proteina di un organismo.
57. La base strutturale con cui il DNA trasporta il messaggio genetico è il gene.
58. I due filamenti di DNA della doppia elica sono tenuti insieme da legami a idrogeno.
59. Il modello a doppia elica prevede che due filamenti polinucleotidici antiparalleli si associno tra loro con un andamento elicoidale attorno a un asse comune. Le basi puriniche e pirimidiniche formano coppie in direzione perpendicolare all'asse della doppia elica, mentre la struttura laterale è composta da unità ripetute e alternate di gruppi fosfato e zuccheri. L'accoppiamento complementare delle basi è adenina con timina e citosina con guanina.
60. L'RNA contiene uracile al posto della timina, presenta il ribosio al posto del deossiribosio, è costituito da un singolo filamento anziché dalla doppia elica e differisce per la lunghezza che è minore rispetto a quella del DNA.
61. I codoni sono presenti nell'RNA messaggero (mRNA).
62. Gli anticodoni sono presenti nell'RNA transfer (tRNA).
63. a) I ribosomi sono gli organelli cellulari in cui avviene la sintesi dei polipeptidi;
    b) l'mRNA porta l'informazione genetica dal nucleo della cellula ai ribosomi;
    c) il tRNA lega gli amminoacidi trasportandoli al complesso ribosoma-mRNA.

64. A partire dal DNA si ottiene un RNA nucleare eterogeneo, che presenta sequenze non codificanti e regioni che vanno modificate per rendere efficace il messaggio diretto ai ribosomi; dall'RNA nucleare eterogeneo si ottiene l'RNA messaggero.
65. La traduzione avviene nei ribosomi, che «leggono» l'mRNA e collegano gli amminoacidi nella struttura primaria della catena polipeptidica.

Capitolo 4 – Il metabolismo

1. B
2. D
3. A
4. V
5. F
6. F
7. B
8. C
9. A
10. A
11. V
12. F
13. V
14. A
15. B
16. C
17. F
18. F
19. V
20. V
21. C
22. D
23. C
24. F
25. F
26. F
27. A
28. B
29. D
30. V
31. F
32. V
33. A
34. C
35. B
36. V
37. F
38. F
39. F
40. D
41. A
42. A
43. F
44. V
45. F

Capitolo 5 – Che cosa sono le biotecnologie

1. B
2. A
3. V
4. A
5. F
6. V
7. B
8. D
9. V
10. F
11. C
12. D
13. F
14. B
15. V
16. A
17. V
18. D
19. F
20. F
21. B
22. V
23. F

Capitolo 6 – Le applicazioni delle biotecnologie

1. D
2. C
3. F
4. F
5. F
6. V
7. F
8. F
9. B
10. D
11. F
12. V
13. F
14. V
15. V
16. F
17. A
18. D
19. V
20. F
21. F