

## Giochi della Chimica 2023

### Problemi risolti – Fase nazionale – Classe B

1. Stabilire quale dei seguenti ioni, in soluzione acquosa diluita, ha un comportamento anfiprotico secondo la teoria di Brønsted-Lowry:

- A)  $\text{HSO}_3^-$       B)  $\text{CH}_3\text{COO}^-$       C)  $\text{ClO}_4^-$       D)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$

#### 1. Soluzione

Anfiprotico significa che può sia acquistare, sia perdere  $\text{H}^+$ . Il solo ione che può farlo è  $\text{HSO}_3^-$  che può acquistare  $\text{H}^+$  diventando  $\text{H}_2\text{SO}_3$  (acido solforoso) o perderlo diventando  $\text{SO}_3^{2-}$  (ione solfito). (Risposta A)

2. Stabilire quale delle soluzioni sotto riportate ha la maggiore temperatura di ebollizione:

- A) 11 g di  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  sciolti in 500 g di  $\text{H}_2\text{O}$   
 B) 12 g glucosio,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , sciolti in 250 g di  $\text{H}_2\text{O}$   
 C) 8 g glicerolo,  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ , sciolti in 100 g di  $\text{H}_2\text{O}$   
 D) 0,1 mol di glicerolo sciolte in 200 g di  $\text{H}_2\text{O}$

#### 2. Soluzione

L'innalzamento ebullioscopico è una proprietà colligativa delle soluzioni, cioè non dipende dal tipo di soluto, ma solo dal solvente e da quante particelle (ioni o molecole) di soluto sono presenti in soluzione.

In 1 kg di acqua avremo nei quattro casi: 22 g di  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 48 g di glucosio, 80 g di glicerolo e 0,5 mol di glicerolo.

La massa molare di  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  è:  $23 \cdot 2 + 32 + 48 = 126$  g/mol. Le moli in 22 g sono:  $22/126 = 0,175$  mol.

Dato che ogni molecola di  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  libera tre ioni avremo:  $0,175 \cdot 3 = 0,524$  mol/kg.

La massa molare del glucosio è:  $12 \cdot 6 + 12 + 16 \cdot 6 = 180$  g/mol. Le moli in 48 g sono:  $48/180 = 0,267$  mol.

Dato che il glucosio non si dissocia, avremo: 0,267 mol/kg.

La massa molare del glicerolo è:  $12 \cdot 3 + 8 + 16 \cdot 3 = 92$  g/mol. Le moli in 80 g sono:  $80/92 = 0,87$  mol.

Dato che il glicerolo non si dissocia, avremo: 0,87 mol/kg.

Nella quarta soluzione abbiamo 0,5 mol/kg di glicerolo.

Quindi la soluzione con più particelle sciolte in acqua è la C con 0,87 mol/kg. (Risposta C)

3. Indicare la coppia di specie chimiche che hanno entrambe geometria piramidale.

- A)  $\text{BF}_3$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$       B)  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{PCl}_3$       C)  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{HCN}$       D)  $\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_2$

#### 3. Soluzione

In (A)  $\text{BF}_3$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  sono planari trigonali. In (C)  $\text{PCl}_5$  è una bipiramide a base trigonale e  $\text{HCN}$  è lineare.

In (D)  $\text{O}_3$  e  $\text{SO}_2$  sono angolate (come  $\text{H}_2\text{O}$ ). Resta solo B: dato che  $\text{SO}_4^{2-}$  è tetraedrico,  $\text{SO}_3^{2-}$  (che ha un ossigeno in meno) è piramidale a base trigonale. Anche  $\text{PCl}_3$  è piramidale dato che è simile ad  $\text{NH}_3$ . (Risposta B)

4. La seguente reazione



è utilizzata per la preparazione del cloro molecolare. Aggiungendo 144 g di  $\text{HCl}$  a 80 g di  $\text{MnO}_2$  e ammettendo che la reazione avvenga in maniera completa, si formano:

- A) 71 g di  $\text{Cl}_2$  e resta un eccesso di  $\text{MnO}_2$       B) 65 g di  $\text{Cl}_2$  e resta un eccesso di  $\text{HCl}$   
 C) 224 g di  $\text{Cl}_2$  e non restano reagenti in eccesso      D) 71 g di  $\text{Cl}_2$  e non restano reagenti in eccesso

#### 4. Soluzione

	$\text{MnO}_2 + 4 \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$				
coefficienti	1	4	1	1	2
moli (mol)	0,92	$\rightarrow 3,68(3,95)$		0,92	
MM (g/mol)	86,94	(36,45)		70,9	
massa (g)	80	(144)		65	

La massa molare di  $\text{HCl}$  è:  $1 + 35,45 = 36,45$  g/mol. Le moli di  $\text{HCl}$  sono:  $144/36,45 = 3,95$  mol.

La massa molare di  $\text{MnO}_2$  è:  $54,94 + 32 = 86,94$  g/mol. Le moli di  $\text{MnO}_2$  sono:  $80/86,94 = 0,92$  mol.

Nella reazione, il rapporto in moli tra  $\text{MnO}_2$  e  $\text{HCl}$  è 1:4, quindi 0,92 mol di  $\text{MnO}_2$  reagiscono con:

$0,92 \cdot 4 = 3,68$  mol di  $\text{HCl}$ . Le moli di  $\text{HCl}$  (3,95) sono in eccesso (A, C e D errate)

La massa molare di  $\text{Cl}_2$  è:  $35,45 \cdot 2 = 70,9$ . La massa di  $\text{Cl}_2$  che si forma è:  $70,9 \cdot 0,92 = 65$  g. (Risposta B)

5. Per titolare 100 mL di  $\text{HNO}_3$  0,1 M (acido forte) e 100 mL di  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M (acido debole), stabilire i volumi necessari di  $\text{NaOH}$  0,1 M:

- A) non si può rispondere perché non si conosce il tipo di indicatore utilizzato nelle due titolazioni
- B) per titolare entrambi gli acidi si usano volumi uguali di  $\text{NaOH}$
- C) per titolare  $\text{HNO}_3$  è necessario un volume maggiore di  $\text{NaOH}$
- D) non si può rispondere perché non si conosce il valore della  $K_a$  dell'acido acetico

### 5. Soluzione

In entrambi i casi abbiamo 100 mL di acido 0,1M che contengono le stesse moli:  $n = M V = 0,1 \cdot 0,1 = 10^{-2}$  mol  
Per titolare lo stesso numero di moli di acido servono volumi uguali della stessa base dato che la reazione è, in entrambi i casi:  $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ . (Risposta B)

6. Porre queste soluzioni in ordine di pH crescente.

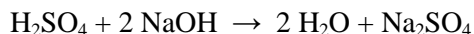
- a.  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-4}$  M;    b.  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2}$  M;    c.  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-10}$  M;    d.  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3}$  M

- A) a, b, c, d
- B) b, d, a, c
- C) c, a, d, b
- D) non si può rispondere se non si conosce il tipo di acido in soluzione

### 6. Soluzione

Il pH vale  $-\log[\text{H}^+]$  quindi è l'inverso dell'esponente di 10 nelle concentrazioni date. L'ordine crescente di pH, quindi è: (b)  $10^{-2}$ , (d)  $10^{-3}$ , (a)  $10^{-4}$ , (c)  $10^{-10}$  che corrisponde ai pH = 2, 3, 4, 10. (Risposta B)

7. Con riferimento alla seguente reazione:



indicare l'affermazione corretta.

- A) 10 mL di soluzione 0,2 M di acido reagiscono completamente con 5 mL di soluzione 0,2 M di base
- B) 10 mL di soluzione 0,2 M di acido reagiscono completamente con 10 mL di soluzione 0,2 M di base
- C) 10 mL di soluzione 0,2 M di acido reagiscono completamente con 20 mL di soluzione 0,1 M di base
- D) 10 mL di soluzione 0,2 M di acido reagiscono completamente con 10 mL di soluzione 0,4 M di base

### 7. Soluzione

Il rapporto in moli con cui reagiscono  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e  $\text{NaOH}$  è 1:2.

In tutte le risposte, le moli di acido sono:  $n = M V = 0,2 \cdot 10 = 2$  mmol. Le moli di base devono essere 4 mmol.

In A abbiamo:  $n = 0,2 \cdot 5 = 1$  mmol (A errata). In B abbiamo:  $n = 0,2 \cdot 10 = 2$  mmol (B errata).

In C abbiamo:  $n = 0,1 \cdot 20 = 2$  mmol (C errata). In D abbiamo:  $n = 0,4 \cdot 10 = 4$  mmol (ok). (Risposta D)

8. In laboratorio viene preparata una soluzione sciogliendo 20,82 g di  $\text{BaCl}_2$  e aggiungendo acqua sino a 1 L.

Indicare l'affermazione corretta:

- A) la concentrazione di ioni  $\text{Ba}^{2+}$  è uguale alla concentrazione di ioni  $\text{Cl}^-$
- B) la concentrazione di ioni  $\text{Cl}^-$  è 0,1 M
- C) la concentrazione di ioni  $\text{H}_3\text{O}^+$  è uguale alla concentrazione di ioni  $\text{OH}^-$
- D) la concentrazione di ioni  $\text{Ba}^{2+}$  è superiore a 0,2 M

### 8. Soluzione

La dissociazione è:  $\text{BaCl}_2 \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2 \text{Cl}^-$  La concentrazione di  $\text{Ba}^{2+}$  è metà di quella di  $\text{Cl}^-$  (A errata)

Senza fare calcoli, dato che sia  $\text{Ba}^{2+}$  che  $\text{Cl}^-$  sono ioni neutri, avremo:  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ . (Risposta C)

9. Quando un elettrone passa da uno stato fondamentale ad uno stato eccitato, in base al modello atomico di Bohr:

- A) l'atomo emette energia
- B) l'atomo emette una radiazione luminosa
- C) l'atomo acquista energia
- D) l'atomo si raffredda

### 9. Soluzione

Quando un elettrone viene promosso dallo stato fondamentale ad uno stato eccitato, l'atomo acquista energia.

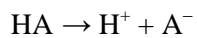
Subito dopo, quando l'elettrone torna ad un orbitale di energia inferiore o allo stato fondamentale, l'atomo emette energia sotto forma di radiazione elettromagnetica. (Risposta C)

**10.** Secondo la teoria di Brønsted-Lowry:

- A) quanto più forte è un acido, tanto più debole è la sua base coniugata  
 B) la base coniugata di un acido debole è una base forte  
 C) quanto più debole è un acido, tanto più debole è la sua base coniugata  
 D) l'acido coniugato di una base debole è un acido forte

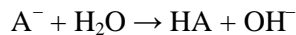
**10. Soluzione**

Le dissociazione dell'acido è:



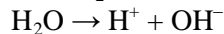
$$K_a = [\text{H}^+][\text{A}^-]/[\text{HA}]$$

La reazione della sua base coniugata è:



$$K_b = [\text{HA}][\text{OH}^-]/[\text{A}^-]$$

Sommando le due reazioni si ha:



$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_a K_b$$

$K_a$  e  $K_b$  sono inversamente proporzionali dato che vale:  $K_a K_b = K_w$ .

Quindi, quanto più forte è un acido, tanto più debole è la sua base coniugata.

(Risposta A)

**11.** Indicate quale tra questi ioni:  $\text{Fe}^{3+}$ ;  $\text{OH}^-$ ;  $\text{Cl}^-$ ;  $\text{CN}^-$  può comportarsi da acido di Lewis:

- A)  $\text{Cl}^-$                       B)  $\text{Fe}^{3+}$                       C)  $\text{OH}^-$                       D)  $\text{CN}^-$

**11. Soluzione**

Un acido di Lewis è una specie che ha orbitali vuoti nei quali può accettare gli elettroni di non legame di un'altra molecola che si comporta da base di Lewis.

Un anione ha orbitali pieni e quindi non si comporta da acido di Lewis (A, C, D errate).

La sola specie con orbitali vuoti è  $\text{Fe}^{3+}$ , è questo l'acido di Lewis.

(Risposta B)

**12.** Il prodotto di solubilità di  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  è  $10^{-12} \text{ M}^3$ . Calcolare la sua solubilità in acqua in mol/L.

- A)  $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$   
 B)  $1,0 \cdot 10^{-10} \text{ mol/L}$   
 C)  $6,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$   
 D)  $4,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$

**12. Soluzione**

La dissociazione è:  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4 \rightarrow 2 \text{Ag}^+ + \text{CrO}_4^{2-}$        $K_{ps} = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}] = (2s)^2 s = 4 s^3$

Da cui:  $s = (K_{ps}/4)^{1/3} = (10^{-12}/4)^{1/3} = 6,3 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ .

(Risposta C)

**13.** Per titolare 23,7 mL di una soluzione di  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sono stati consumati 35,5 mL di  $\text{HCl}$  0,1 M. Calcolare la concentrazione molare della soluzione di  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

- A) 0,1498 M                      B) 0,0749 M                      C) 0,0501 M                      D) nessuna delle altre opzioni

**13. Soluzione**

La reazione è:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Servono due moli di  $\text{HCl}$  per ogni mole di  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Le moli di  $\text{HCl}$  sono:  $n = M V = 0,1 \cdot 35,5 = 3,55 \text{ mmol}$ .

Le moli di  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sono metà:  $3,55/2 = 1,775 \text{ mmol}$ . La concentrazione è:  $1,775/23,7 = 0,0749 \text{ M}$ . (Risposta B)

**14.** Una pallina di piombo di 100 g viene lasciata cadere da un'altezza di 10 m dal suolo. Dopo l'urto tutta l'energia è dissipata sotto forma di variazione dell'energia interna della pallina. Assumiamo che non ci sia variazione di volume della pallina e quindi che  $\Delta H = \Delta U$ . Sapendo che il calore specifico è  $c_p = 0,128 \text{ J/gK}$  (accelerazione di gravità  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ), stabilire il tipo di dipendenza che c'è tra l'incremento di temperatura e la massa della pallina.

A) la variazione di energia meccanica non è pari alla variazione di energia interna della pallina. Si ha dispersione di energia che viene rilasciata dalla pallina sotto forma di aumento di calore. Dunque, la variazione di temperatura è dipendente dalla massa della pallina.

B) la variazione di energia meccanica è pari alla variazione di energia interna della pallina; dunque, non si ha dispersione di energia ma questa viene trattenuta dalla pallina sotto forma di aumento dell'energia interna. La variazione di temperatura è dipendente dalla massa della pallina: aumentando la massa, aumenta l'energia meccanica potenziale da dissipare in calore trattenuto dal corpo.

C) la variazione di energia meccanica è pari alla variazione di energia interna della pallina; dunque, l'energia trattenuta dalla pallina è pari all'energia che viene rilasciata nel sistema. La variazione di temperatura è inversamente proporzionale alla massa della pallina. Aumentando la massa, diminuisce l'energia meccanica potenziale da dissipare.

D) la variazione di energia meccanica è inversamente proporzionale alla variazione di energia interna della pallina; dunque, l'energia trattenuta dalla pallina è uguale e contraria all'energia che viene rilasciata nel sistema.

#### 14. Soluzione

La diminuzione di energia meccanica della pallina è pari all'aumento di energia interna della pallina dato che non ci sono dispersioni nell'ambiente (A e D errate)

L'energia della pallina si conserva. Al tempo zero è:  $E = m g h$ ; al momento dell'urto è:  $E = \frac{1}{2} m v^2$

Se dopo l'urto tutta l'energia meccanica diventa energia interna, senza lavoro di volume, si ha:  $E = Q = m c \Delta T$ .

Uguagliando le energie che si conservano si ha:  $m g h = m c \Delta T$  quindi  $\Delta T = g h/c$ .

L'aumento di temperatura non dipende dalla massa (B e C errate). (Risposta X?)

15. Consideriamo un cubetto di ghiaccio di 80 g alla temperatura di 0 °C che inizia a fondere. La temperatura dell'ambiente esterno è di 20 °C. Il cubetto di ghiaccio assorbe calore dall'ambiente e fonde effettuando un passaggio di stato solido-liquido. Calcolare la variazione di entropia dell'universo quando il cubetto è fuso.

A) si ha una diminuzione di entropia del ghiaccio  $\Delta S_g$ . L'ambiente scambiando calore modifica la propria temperatura e determina un aumento di entropia  $\Delta S_{ext}$ . Dunque, la variazione di entropia dell'universo  $\Delta S$  è negativa.

B) le variazioni di entropia del ghiaccio e dell'ambiente sono uguali  $\Delta S_g = \Delta S_{ext}$ , dunque, la variazione di entropia dell'universo  $\Delta S$  nel complesso è nulla.

C) si ha un incremento di entropia del ghiaccio  $\Delta S_g = Q/T$ . Assumendo che l'ambiente scambi calore senza modificare la propria temperatura, esso cede calore e la sua entropia  $\Delta S_{ext}$  diminuisce. Dunque, la variazione di entropia dell'universo  $\Delta S$  è positiva.

D) non è possibile calcolare la variazione di entropia dell'universo.

#### 15. Soluzione

Si può rispondere anche senza calcolare le entropie, ma osservando che il ghiaccio dopo la fusione è costituito da molecole più disordinate e quindi l'entropia complessiva è aumentata.

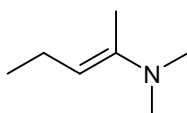
L'entropia del ghiaccio fuso è aumentata infatti si ha:  $\Delta S_g = Q/273$ .

L'entropia dell'ambiente diminuisce infatti:  $\Delta S_{ext} = -Q/293$

La diminuzione di entropia dell'ambiente è inferiore all'aumento di entropia del ghiaccio perchè avviene ad una temperatura maggiore (293 K) e quindi:  $|\Delta S_{ext}| < |\Delta S_g|$ .

L'entropia dell'universo, quindi, aumenta:  $\Delta S_u = \Delta S_g + \Delta S_{ext} > 0$ . (Risposta C)

16. Indicare qual è il gruppo funzionale presente nella seguente molecola:



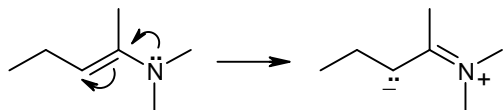
A) enammina

B) immina

C) ammido

D) imide

#### 16. Soluzione



Questo gruppo funzionale è chiamato enammina perchè ha un'ammina legata direttamente al carbonio di un alchene.

Come in un enolo, questa molecola può subire tautomeria cheto-enolica e diventare nucleofila sul carbonio beta. (Risposta A)

17. Indicare la corretta sequenza di gradi di insaturazione dei seguenti composti:  $C_6H_{10}$ ,  $C_6H_8$ ,  $C_6H_{12}$ ,  $C_2H_2$ .

A) 3, 0, 2, 1

B) 1, 3, 2, 4

C) 1, 2, 3, 4

D) 2, 3, 1, 2

#### 17. Soluzione

Un alcano saturo ha formula  $C_nH_{(2n+2)}$ . Ogni insaturazione (come un doppio legame) fa mancare 2 idrogeni.

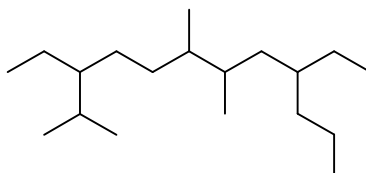
Se  $C_6H_{10}$  fosse saturo avrebbe 14 idrogeni ( $2 \cdot 6 + 2$ ). Gli mancano 4 idrogeni: ha 2 insaturazioni

Se  $C_6H_8$  fosse saturo avrebbe 14 idrogeni ( $2 \cdot 6 + 2$ ). Gli mancano 6 idrogeni: ha 3 insaturazioni

Se  $C_6H_{12}$  fosse saturo avrebbe 14 idrogeni ( $2 \cdot 6 + 2$ ). Gli mancano 2 idrogeni: ha 1 insaturazione

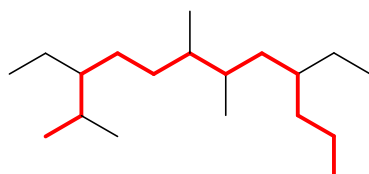
Se  $C_2H_2$  fosse saturo avrebbe 6 idrogeni ( $2 \cdot 2 + 2$ ). Gli mancano 4 idrogeni: ha 2 insaturazioni. (Risposta D)

18. Indicare il nome IUPAC del seguente composto



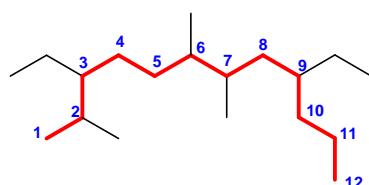
- A) 3-isopropil-6,7-dimetil-9-propilundecano  
 B) 3,9-dietil-2,6,7-trimetildodecano  
 C) 4-etil-10-isopropil-6,7-dimetildodecano  
 D) 9-etil-3-isopropil-6,7-dimetildodecano

### 18. Soluzione



Per prima cosa si deve individuare nella molecola la catena di carboni più lunga che diventa l'idrocarburo di riferimento. In questo caso abbiamo individuato una catena di 12 carboni (dodecano) (A errata).

Tra le due catene possibili con 12 carboni si sceglie quella con più ramificazioni, quindi, a sinistra, si sceglie la ramificazione in basso (D errata)



Poi si devono numerare i carboni della catena cominciando dal lato più vicino alla prima ramificazione, in questo caso si numera da sinistra. (C errata)

Infine si assegna il nome ad ogni sostituente e lo si fa precedere dal numero d'ordine: 2-metil 3-etil 6-metil 7-metil 9-etil

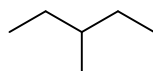
I sostituenti uguali vanno raggruppati e si fanno precedere da tutti i loro numeri d'ordine e da un prefisso di quantità: 2,6,7-trimetil 3,9-dietil

Nel nome finale, la catena principale va posta in fondo e va preceduta dai sostituenti in ordine alfabetico, quindi etil viene prima di metil (i numeri d'ordine e i prefissi di quantità non si considerano).

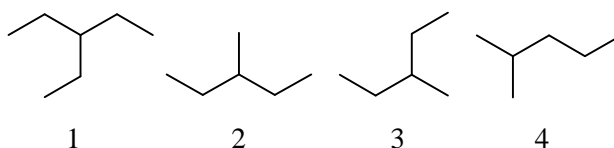
Il nome IUPAC, quindi, è: 3,9-dietil-2,6,7-trimetildodecano.

(Risposta B)

19. Dato il seguente idrocarburo:



quali dei seguenti composti sono suoi isomeri costituzionali (di struttura)?



- A) composto 4      B) composti 2 e 3      C) composti 3 e 4      D) composti 1, 2 e 3

### 19. Soluzione

Un isomero costituzionale è un isomero (una molecola diversa, ma composta dagli stessi atomi) che ha gli atomi legati con un ordine diverso (diversa struttura atomica).

La molecola data è un alcano con 6 atomi di carbonio, quindi la molecola 1, che ha 7 carboni, è errata

Le molecole 2 e 3 hanno un numero corretto di carboni (6), ma questi sono uniti nello stesso ordine di quella data, quindi non sono isomeri, ma sono la stessa molecola.

La molecola 4 è il solo isomero di struttura, infatti ha 6 carboni uniti con una diversa sequenza. (Risposta A)

20. Quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il propano ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ ) a temperatura ambiente?

- A) liquido, solubile in acqua      B) liquido, solubile in benzina  
 C) gas, solubile in benzina      D) gas, solubile in acqua

### 20. Soluzione

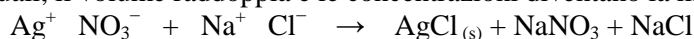
Il propano, a temperatura e pressione ambiente, è gassoso ed essendo apolare è solubile in solventi apolari come la benzina. Aumentando la pressione diventa liquido, infatti è distribuito in bombole. (Risposta C)

**21.** Si mescolano volumi uguali di una soluzione acquosa di nitrato di argento 0,1 M e di una soluzione acquosa di cloruro di sodio 0,2 M. Sapendo che si ottiene cloruro d'argento, un sale praticamente insolubile in acqua, indicare le concentrazioni delle specie in soluzione.

- A)  $[\text{Na}^+] = 0,1 \text{ M}$ ;  $[\text{Cl}^-] = 0,1 \text{ M}$ ;  $[\text{NO}_3^-] = 0,05 \text{ M}$ ;  $[\text{Ag}^+] = 0,05 \text{ M}$   
 B)  $[\text{Na}^+] = 0,1 \text{ M}$ ;  $[\text{Cl}^-] = 0,05 \text{ M}$ ;  $[\text{NO}_3^-] = 0,1 \text{ M}$ ;  $[\text{Ag}^+] = 0,1 \text{ M}$   
 C)  $[\text{Na}^+] = 0,1 \text{ M}$ ;  $[\text{Cl}^-] = 0,05 \text{ M}$ ;  $[\text{NO}_3^-] = 0,05 \text{ M}$ ;  $[\text{Ag}^+] = 0 \text{ M}$   
 D)  $[\text{Na}^+] = 0,2 \text{ M}$ ;  $[\text{Cl}^-] = 0,1 \text{ M}$ ;  $[\text{NO}_3^-] = 0,1 \text{ M}$ ;  $[\text{Ag}^+] = 0 \text{ M}$

### 21. Soluzione

Mescolando volumi uguali, il volume raddoppia e le concentrazioni diventano la metà. La reazione è:



Conc iniziale (mol/L)	0,05	0,05	0,1	0,1			
Conc finale (mol/L)	0	0,05	0,1	0,05	(0,05)	0,05	0,05

Alla fine avremo:  $[\text{Na}^+] = 0,1 \text{ M}$  (D errata) e  $[\text{NO}_3^-] = 0,05 \text{ M}$  (B errata). In un litro, 0,05 mol di  $\text{Ag}^+$  precipitano come  $\text{AgCl}$  sottraendo 0,05 mol di  $\text{Cl}^-$  quindi resta  $[\text{Cl}^-] = 0,05 \text{ M}$ , ed infine  $[\text{Ag}^+] = 0 \text{ M}$ . (Risposta C)

**22.** Una soluzione è stata ottenuta mescolando  $5,00 \cdot 10^{-1}$  mol di  $\text{HCl}$  e  $5,00 \cdot 10^{-1}$  mol di  $\text{NaF}$  e portando a volume con acqua in un matraccio da 250 mL. Sapendo che  $\text{HF}$  ha  $K_a = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$  a 298 K, indicare il valore del pH.

- A) 3,87                      B) 1,41                      C) 1,96                      D) 2,69

### 22. Soluzione

La reazione è:  $\text{HCl} + \text{NaF} \rightarrow \text{NaCl} + \text{HF}$  Dato che  $\text{HCl}$  è un acido forte, la reazione è tutta spostata a destra.

Alla fine avremo:  $[\text{HF}] = n/V = 0,5/0,25 = 2 \text{ M}$ . La concentrazione di  $\text{H}^+$  prodotta da un acido debole è:

$$[\text{H}^+] = (K_a C)^{1/2} = (7,5 \cdot 10^{-4} \cdot 2)^{1/2} = 0,0387 \text{ M} \quad \text{da cui } \text{pH} = 1,41. \quad (\text{Risposta B})$$

**23.** Stabilire il valore a 25 °C della concentrazione di  $\text{H}_3\text{O}^+$  in una soluzione acquosa di  $\text{HCl}$   $5,00 \cdot 10^{-8} \text{ M}$ .

- A)  $5,00 \cdot 10^{-8} \text{ M}$   
 B)  $1,00 \cdot 10^{-7} \text{ M}$   
 C)  $7,80 \cdot 10^{-8} \text{ M}$   
 D)  $1,28 \cdot 10^{-7} \text{ M}$

### 23. Soluzione

Alla concentrazione di  $\text{H}^+$  contribuiscono sia la dissociazione dell'acido forte sia la dissociazione dell'acqua.

Dato che l'acqua è un acido molto debole, in generale il suo contributo si trascura, ma se la quantità di acido è molto piccola (inferiore a  $10^{-6} \text{ M}$ ) bisogna considerare entrambi i contributi. Aggiungendo una piccola quantità di acido all'acqua, la concentrazione di  $\text{H}^+$  sarà sempre maggiore di  $10^{-7} \text{ M}$  anche se di poco (A, B e C errate).

Quindi, anche senza fare calcoli, sappiamo che il solo valore accettabile è  $1,28 \cdot 10^{-7} \text{ M}$ . (Risposta D)

Per esercizio, risolviamo comunque il problema.

La dissociazione dell'acqua è:  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$  per cui vale:  $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$

Per l'elettroneutralità della soluzione deve valere:  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-]$  da cui si ottiene:  $[\text{OH}^-] = [\text{H}^+] - [\text{Cl}^-]$

Sostituendo si ottiene:  $K_w = [\text{H}^+]([\text{H}^+] - [\text{Cl}^-])$  e quindi:  $K_w = [\text{H}^+]^2 - [\text{H}^+][\text{Cl}^-]$

questa è un'equazione di 2° grado:  $[\text{H}^+]^2 - [\text{H}^+][\text{Cl}^-] - K_w = 0$  dove:  $[\text{Cl}^-] = 5 \cdot 10^{-8}$  e  $K_w = 10^{-14}$ .

$$\text{Risolvendo si ottiene: } [\text{H}^+] = \frac{5 \cdot 10^{-8} + \sqrt{25 \cdot 10^{-16} + 4 \cdot 10^{-14}}}{2} = \frac{0,5 \cdot 10^{-7} + 2,06 \cdot 10^{-7}}{2} = 1,28 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

**24.** A 100,00 mL di una soluzione acquosa di  $\text{HCl}$  0,010 M si aggiunge 1,00 mL di una soluzione di  $\text{NaOH}$  0,100 M; indicare la variazione del pH.

- A) +0,050  
 B) -0,100  
 C) -0,050  
 D) +0,010

### 24. Soluzione

Il pH iniziale è  $\text{pH} = -\log C = -\log(10^{-2}) = 2$  Le moli di  $\text{HCl}$  sono:  $n = M V = 0,01 \cdot 0,1 = 10^{-3} \text{ mol}$ .

Le moli di  $\text{NaOH}$  sono:  $n = M V = 0,1 \cdot 10^{-3} = 10^{-4} \text{ mol}$ . Le moli residue di  $\text{HCl}$  sono:  $10^{-3} - 10^{-4} = 9 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

La concentrazione di  $\text{HCl}$  diventa:  $C = n/V = 9 \cdot 10^{-4}/0,101 = 8,9 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ .

Il pH finale è:  $\text{pH} = -\log C = -\log(8,9 \cdot 10^{-3}) = 2,05$   $\Delta\text{pH} = 2,05 - 2 = 0,05$ . (Risposta A)

25. In un contenitore chiuso a 25 °C si è instaurato il seguente equilibrio:



Indicare l'azione più efficace per spostare l'equilibrio verso destra.

- A) triplicare la quantità di CaO
- B) aumentare la temperatura a 50°C
- C) dimezzare la quantità di CaCO<sub>3</sub> presente
- D) aumentare la P<sub>tot</sub> del sistema

### 25. Soluzione

Aumentare o diminuire la quantità di reagenti solidi non ne cambia l'attività e quindi è ininfluente (A e C errate).

Aumentare la temperatura, in una reazione esotermica, sposta l'equilibrio a sinistra e non a destra (B errata).

Aumentare la pressione di CO<sub>2</sub> sposta la reazione verso destra (per consumare CO<sub>2</sub>). (Risposta D)

26. Una soluzione tampone contiene Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0,040 M e KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,080 M; indicare il pH della soluzione, sapendo che pK<sub>a2</sub>(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) = 7,21 a 25 °C:

- A) 8,10
- B) 6,91
- C) 7,00
- D) 7,21

### 26. Soluzione

La concentrazione della specie acida (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,08 M) è doppia di quella della sua base coniugata (0,04 M).

Il pH della soluzione tampone è:  $\text{pH} = \text{pK}_a - \log(\text{acido/base}) = 7,21 - \log 2 = 6,91$ . (Risposta B)

27. Indicare il valore del pH di una soluzione acquosa 0,100 M di cloruro di trimetilammonio (HNMe<sub>3</sub>)Cl, sale che può essere considerato completamente dissociato e il cui catione è un acido debole con pK<sub>a</sub> = 9,80.

- A) 7,00
- B) 9,30
- C) 5,40
- D) 2,50

### 27. Soluzione

La reazione è:  $\text{HNMe}_3^+ \rightarrow \text{H}^+ + \text{NMe}_3$  semplificata in:  $\text{HA} \rightarrow \text{H}^+ + \text{A}^-$   $\text{K}_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$   $\text{K}_a = \frac{[\text{H}^+]^2}{C}$   
da cui  $[\text{H}^+] = (\text{K}_a C)^{1/2}$   $\text{pH} = \frac{1}{2} \text{pK}_a - \frac{1}{2} \log C$   $\text{pH} = 9,80/2 + 1/2 = 5,40$ . (Risposta C)

28. Se in una reazione in equilibrio si modifica la concentrazione di una specie che compare nella costante di equilibrio, senza cambiare altri parametri, quale delle seguenti variazioni si osserva:

- A) in alcuni casi cambia il valore della costante di equilibrio, in altri l'equilibrio viene spostato
- B) l'equilibrio viene spostato, ma non cambia il valore della costante di equilibrio
- C) cambia il valore della costante di equilibrio, ma l'equilibrio non viene spostato
- D) cambia il valore della costante di equilibrio e l'equilibrio viene spostato

### 28. Soluzione

L'equilibrio si sposta verso destra o verso sinistra per contrastare la variazione di concentrazione, ma la costante di equilibrio K<sub>eq</sub> (che dipende solo dalla temperatura) resta invariata. (Risposta B)

29. Sapendo che l'autoprotolisi dell'acqua è un processo endotermico, indicare cosa succede al pH dell'acqua distillata al variare della temperatura.

- A) il pH non varia, perché l'acqua distillata è sempre neutra
- B) il pH non varia, perché il prodotto ionico dell'acqua è costante
- C) aumentando la temperatura il pH diminuisce
- D) aumentando la temperatura aumenta anche il pH

### 29. Soluzione

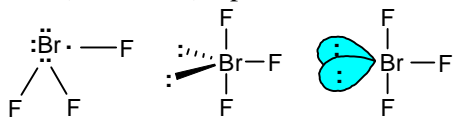
All'aumentare di T, la reazione esotermica  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$  si sposta a destra, nella direzione che fa diminuire T. Questo fa aumentare K<sub>w</sub> e quindi aumentano [H<sup>+</sup>] e [OH<sup>-</sup>]. Il pH diminuisce (-log[H<sup>+</sup>]). (Risposta C)

30. Secondo il modello VSEPR, indicare la molecola che ha una forma a T.

- A)  $\text{BrF}_3$                       B)  $\text{PCl}_3$                       C)  $\text{SO}_3$                       D)  $\text{COCl}_2$

### 30. Soluzione

$\text{PCl}_3$  (come  $\text{NH}_3$ ) è piramidale a base trigonale.  $\text{SO}_3$  e  $\text{COCl}_2$  sono planari trigonali, resta solo  $\text{BrF}_3$ .



Il bromo ha 7 elettroni di valenza. Tre elettroni servono per legare i tre atomi di fluoro, restano 4 elettroni che costituiscono 2 coppie di non legame. Le coppie da sistemare attorno al bromo sono 5 (3 di legame e 2 di non legame) e si dispongono a bipiramide a base trigonale. Le due

coppie di non legame (più ingombranti) vanno poste nella base trigonale (angoli di  $120^\circ$ ), nelle altre posizioni si dispongono gli atomi di fluoro. La molecola ha una forma a T. (Risposta A)

31. A 60 mL di una soluzione acquosa contenente solfato di sodio si aggiungono 15 mL di una soluzione di  $\text{BaCl}_2$  0,10 M. Per titolare l'eccesso di  $\text{BaCl}_2$  sono stati necessari 5,0 mL di EDTA 0,10 M. Indicare la concentrazione molare dello ione solfato nella soluzione iniziale.

- A) 0,029 M  
B) 0,034 M  
C) 0,017 M  
D) 0,103 M

### 31. Soluzione

La reazione iniziale è:  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2 \text{NaCl}$

I due sali reagiscono in rapporto 1:1. Le moli aggiunte di  $\text{BaCl}_2$  sono:  $n = M V = 0,1 \cdot 15 = 1,5$  mmol.

Le moli di EDTA sono:  $M V = 0,1 \cdot 5 = 0,5$  mmol e corrispondono al  $\text{BaCl}_2$  in eccesso. Quindi 1 mmol di  $\text{BaCl}_2$  ha reagito con 1 mmol di  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . La concentrazione di questo era:  $C = n/V = 1/60 = 0,017$  M. (Risposta C)

32. Indicare la definizione di curva di titolazione acido-base eseguita mediante volumetria classica.

È un grafico bidimensionale che descrive:

- A) la variazione del potenziale elettrico in funzione del volume di titolante aggiunto in un grafico di coordinate (E, V)  
B) un grafico che riporta la concentrazione della specie titolata in funzione del volume di titolante con un grafico cartesiano di coordinate (C, V)  
C) l'andamento del pH durante la titolazione con un grafico di coordinate (pH, V)  
D) nessuna delle altre opzioni

### 32. Soluzione

La curva di titolazione acido-base in volumetria classica riporta il pH misurato dopo ogni aggiunta di titolante e quindi mette in grafico il pH e il volume di titolante V. (Risposta C)

33. Nella spettrofotometria di assorbimento UV-Vis si utilizzano:

- A) sorgenti che emettono una luce discontinua  
B) sorgenti che emettono una luce continua  
C) sorgenti che possono essere regolate per emettere luce continua o discontinua  
D) nessuna delle altre opzioni

### 33. Soluzione

In uno spettrofotometro UV-Vis si usa una sorgente di luce continua che poi viene dispersa nelle varie lunghezze d'onda con un monocromatore che invia al campione una precisa lunghezza d'onda alla volta per misurare l'assorbanza in tutto lo spettro. (Risposta B)

34. Lo ione  $\text{Fe}^{3+}$  ha una configurazione di spin, nello stato elettronico fondamentale, identica a quella di:

- A)  $\text{Mg}^{2+}$                       B)  $\text{Mn}^{2+}$                       C)  $\text{Ca}^{2+}$                       D)  $\text{Co}^{3+}$

### 34. Soluzione

${}_{26}\text{Fe}^{3+}$  ha:  $26-3 = 23$  elettroni. Mg e Ca sono lontani nella tavola periodica e sono da scartare. Restano Mn e Co.  
 ${}_{27}\text{Co}^{3+}$  ha:  $27-3 = 24$  elettroni (errato).  ${}_{25}\text{Mn}^{2+}$  ha:  $25-2 = 23$  elettroni (come il  $\text{Fe}^{3+}$ ). (Risposta B)



35. Nello spettro infrarosso degli etani monosostituiti ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{X}$ ) con un sostituito alogeno ( $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ), le bande di assorbimento relative ai gruppi  $-\text{CH}_2\text{X}$  cadono a numeri d'onda ( $\text{cm}^{-1}$ ) con la sequenza:

- A) i dati forniti non consentono una previsione anche approssimata  
 B) cadono tutte a numeri d'onda simili  
 C)  $\text{CH}_2\text{Cl} > \text{CH}_2\text{Br} > \text{CH}_2\text{I}$   
 D)  $\text{CH}_2\text{Cl} < \text{CH}_2\text{Br} < \text{CH}_2\text{I}$

### 35. Soluzione

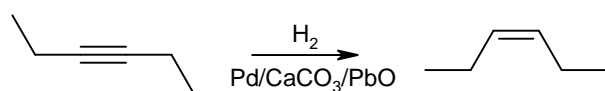
La frequenza di oscillazione caratteristica del legame tra due atomi è: 
$$n = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{k}{m_r}}$$

La frequenza è direttamente proporzionale alla forza  $k$  del legame, ed è inversamente proporzionale alla massa ridotta degli atomi. Quindi il legame tra carbonio e alogeni oscilla a frequenze (numeri d'onda) maggiori con il cloro che è il più leggero, poi avremo il legame  $\text{C}-\text{Br}$  e infine  $\text{C}-\text{I}$ . (Risposta C)

36. Il 3-esino per trattamento con idrogeno molecolare in presenza del catalizzatore di Lindlar ( $\text{Pd}/\text{CaCO}_3/\text{PbO}$ ) dà preferenzialmente luogo alla formazione di:

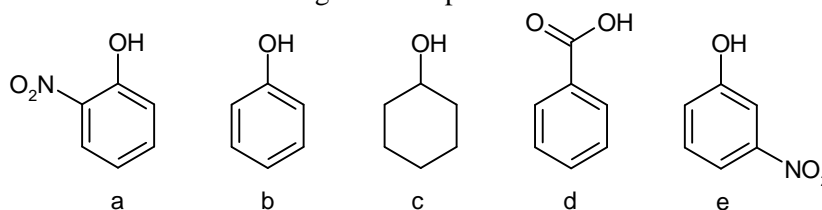
- A) esano                      B) 2-esino                      C) (*E*)-3-esene                      D) (*Z*)-3-esene

### 36. Soluzione



La riduzione degli alchini con  $\text{H}_2$  e catalizzatore disattivato si ferma allo stadio di alchene e forma alcheni di configurazione quasi esclusivamente cis dato che è un'addizione sin. Qui si forma (*Z*)-3-esene. (Risposta D)

37. Mettere in ordine di acidità decrescente i seguenti composti:

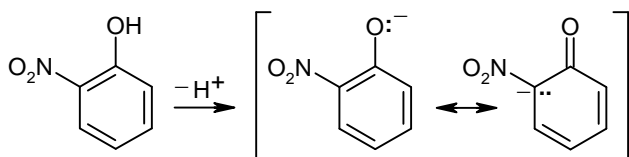


- A) d, a, e, b, c                      B) a, e, d, b, c                      C) c, b, d, e, a                      D) d, e, a, b, c

### 37. Soluzione

Il composto più acido è l'acido benzoico (d) ( $\text{pK}_a \approx 4$ ), il meno acido è il cicloesanoolo (c) ( $\text{pK}_a \approx 18$ ) (B e C errate). Entrambe le risposte A e D concordano con il fatto che i due nitrofenoli (a, e) siano più acidi del fenolo (b).

Resta da vedere quale dei due nitrofenoli sia il più acido. Il nitrogruppo è elettrone-attrattore e stabilizza la carica negativa che giunge in anello per risonanza dall'ossigeno dell'OH fenolico che ha perso l' $\text{H}^+$ . La carica negativa arriva nelle posizioni orto-para dell'anello, quindi il nitrogruppo dell'orto-nitrofenolo (a) stabilizza la carica negativa per risonanza (oltre che per effetto induttivo), mentre il nitrogruppo del meta-nitrofenolo (e) la può stabilizzare solo per effetto induttivo e quindi è il meno acido dei due. (Risposta A)



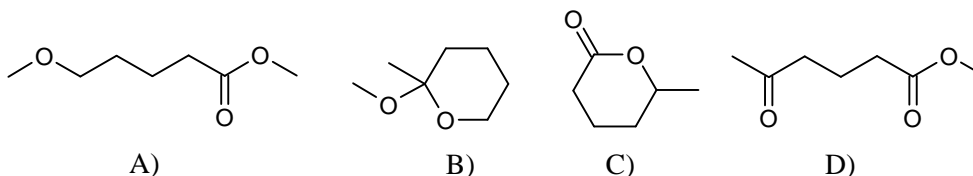
38. Un chimico separa una miscela complessa di biomolecole da un campione solido finemente tritato usando un estrattore Soxhlet e impiegando etere etilico come solvente. Quale delle classi di biomolecole tra carboidrati, proteine e trigliceridi si ritrova nel pallone di raccolta?

- A) proteine e carboidrati  
 B) trigliceridi  
 C) trigliceridi e proteine  
 D) proteine

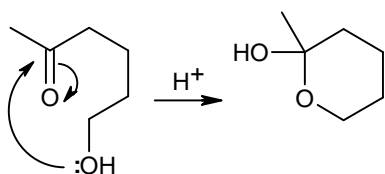
### 38. Soluzione

L'estrattore Soxhlet realizza una serie di estrazioni con solvente riciclando il solvente per distillazione. Dato che l'etere è un solvente apolare, estrae le sostanze apolari, cioè i lipidi (in questo caso i trigliceridi), mentre i carboidrati e le proteine non sono solubili in etere. (Risposta B)

39. Quale dei seguenti composti è il prodotto della reazione del 6-idrossiesan-2-one in metanolo debolmente acido?

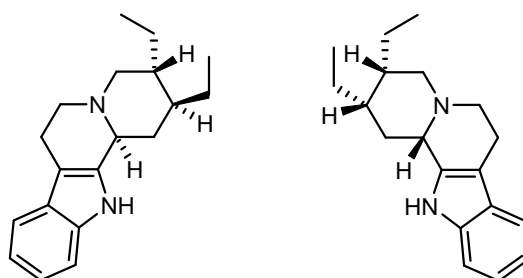


39. Soluzione



I chetoni possono reagire con gli alcoli in ambiente acido per formare semi-acetali e la reazione, per questioni entropiche, è più favorevole se è intramolecolare e chiude un anello. Nessuna delle molecole proposte è un semiacetal. La molecola A, C, D sono esteri, la molecola B è un acetale che, però, avrebbe la struttura corretta se l'ossigeno di sinistra fosse un OH. Quindi l'esercizio è senza risposta corretta. (Risposta X?)

40. Quale dei seguenti termini descrive la coppia dei seguenti composti?



- A) enantiomeri
- B) sono lo stesso composto
- C) conformeri
- D) diastereoisomeri

40. Soluzione

Le due molecole sono stereoisomeri perchè sono composte dagli stessi atomi legati nello stesso ordine. Mentre il carbonio chirale in alto è speculare, gli altri due hanno la stessa configurazione, quindi le due molecole sono stereoisomeri non speculari, cioè sono diastereoisomeri. (Risposta D)

Soluzioni proposte da Mauro Tonellato