

Giochi della Chimica 1994

Problemi risolti – Fase regionale – Classe C

1. Quale dei seguenti equilibri è in grado di spiegare, in base alla teoria di Bronsted e Lowry, il fatto che le soluzioni di carbonato di sodio sono basiche?

- A) $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{OH}^-(\text{aq})$ B) $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{NaOH}(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$
 C) $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$ D) $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow \text{NaHCO}_3(\text{s})$

1. Soluzione

Una sostanza basica come CO_3^{2-} accetta H^+ dall'acqua e libera ioni OH^- e ioni HCO_3^- , il suo acido coniugato, secondo la reazione: $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ (Risposta C)

2. Due soluzioni sono rispettivamente 1 M in HCl e 1 M in H_2SO_4 ; relativamente a tali soluzioni si può affermare che:

- A) le concentrazioni degli ioni H_3O^+ sono circa uguali
 B) la concentrazione degli ioni H_3O^+ è inferiore nella prima soluzione
 C) il pH della prima soluzione è inferiore al pH della seconda soluzione
 D) non è possibile fare alcuna affermazione se non si conosce il volume delle soluzioni

2. Soluzione

In soluzione acquosa, il pK_a di un acido forte come HCl si può assumere uguale a -1 , cioè uguale al pK_a di H_3O^+ . Per H_2SO_4 , il primo pK_a si può assumere uguale a -1 , mentre il secondo pH_a vale 1,92. HCl, in soluzione 1 M, libera al 100% il suo H^+ , quindi ha $[\text{H}^+] = 1,0 \text{ M}$ ($\text{pH} = 0$). Anche H_2SO_4 libera al 100% il primo H^+ e forma HSO_4^- un acido di media forza con $\text{pK}_a = 1,92$. A pH 0, HSO_4^- si trova circa due unità di pH sotto il suo pK_a , quindi è dissociato circa all'1%. Per H_2SO_4 , la $[\text{H}^+]$ vale circa: $1 + 0,01 = 1,01 \text{ M}$. Le due soluzioni hanno circa la stessa $[\text{H}^+]$. (Risposta A)

3. Le forze elettromotrici standard E° delle seguenti due pile: a) $\text{Fe}/\text{Fe}^{2+}/\text{Sn}/\text{Sn}^{2+}$ b) $\text{Sn}/\text{Sn}^{2+}/\text{Cl}_2/\text{Cl}^-$ sono rispettivamente:

- A) 0,30 V e 1,50 V B) 0,58 V e 1,50 V C) 0,30 V e 1,22 V D) 0,58 V e 1,22 V

3. Soluzione

I tre potenziali sono: $E^\circ(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) = 1,36 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0,14 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,44 \text{ V}$
 $\Delta E_{(a)} = -0,14 - (-0,44) = 0,30 \text{ V}$; $\Delta E_{(b)} = 1,36 - (-0,14) = 1,50 \text{ V}$. (Risposta A)

4. Si esegue l'elettrolisi di una soluzione acquosa in cui sono presenti gli ioni H^+ , Zn^{2+} , Mg^{2+} ad uguale molarità e ioni Cl^- ; è possibile prevedere che al catodo si abbia:

- A) la riduzione di Mg^{2+} B) la riduzione di Zn^{2+} C) la riduzione di H^+ D) la riduzione di H^+ e Zn^{2+}

4. Soluzione

I tre potenziali sono: $E^\circ(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0,00 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2,37 \text{ V}$
 Al catodo si riduce la specie col potenziale maggiore: H^+ . (Risposta C)

5. Uno studente ha realizzato un pila Daniell con soluzioni 1 M di ZnSO_4 e di CuSO_4 e un ponte salino a base di KCl. La pila ha una forza elettromotrice di 1,1 V ed eroga una corrente di 0,12 A.

Se lo studente desidera aumentare la corrente erogata è opportuno che intervenga sulla pila:

- A) diminuendo la concentrazione della soluzione di CuSO_4
 B) aumentando la superficie delle lamine metalliche immerse nelle soluzioni
 C) sostituendo il KCl utilizzando un ponte salino con $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
 D) sostituendo l'elettrodo Zn/Zn^{2+} con l'elettrodo Ag/Ag^+

5. Soluzione

Per aumentare la corrente si può aumentare la differenza di potenziale o diminuire la resistenza ($I = V/R$).

I tre potenziali sono: $E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0,80 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$

Diminuire la $[\text{Cu}^{2+}]$ fa diminuire $E_{\text{Cu}} < 0,34 \text{ V}$ e quindi fa diminuire $\Delta E < 0,34 + 0,76$ $\Delta E < 1,1 \text{ V}$ (A errata).

Aumentare la superficie degli elettrodi fa diminuire la resistenza (B corretta).

Sostituire KCl con $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (che ha meno mobilità ionica) fa aumentare la resistenza (C errata).

Sostituire Zn con Ag fa diminuire ΔE , infatti $\Delta E_{(\text{Ag}, \text{Cu})} = 0,80 - 0,34 = 0,46 \text{ V}$ (D errata). (Risposta B)

6. Da 0,5000 g di un minerale di arsenico si ottengono 0,4761 g di $\text{Mg}_2\text{As}_2\text{O}_7$. Qual è la percentuale di arsenico nel minerale? Il fattore gravimetrico è 0,48265.

- A) 45,96 %
 B) 47,61 %
 C) 91,92 %
 D) 66,24 %

6. Soluzione

La massa molare di $\text{Mg}_2\text{As}_2\text{O}_7$ è: $2 \cdot 24,3 + 2 \cdot 74,9 + 7 \cdot 16 = 310,4$. Le moli sono: $0,4761/310,4 = 1,53$ mmol.
 Le moli di As sono: $2 \cdot 1,533 = 3,066$ mmol. La massa di As nel minerale è: $3,066 \cdot 74,9 = 0,2296$ g.
 La percentuale di As è: $0,2296/0,5 = 45,93$ %.

(Risposta A)

7. Un campione di 2,00 g di carbone, puro al 70 %, brucia completamente con formazione di CO_2 . Assumendo che la frazione rimanente sia costituita di sostanze non combustibili, il calore prodotto è:

($\Delta H_f \text{CO}_2 = -393,5$ kJ/mol)

- A) 4,0 kJ
 B) 46 kJ
 C) 7,6 kJ
 D) 92 kJ

7. Soluzione

La reazione è: $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ Le moli di C sono: $(0,7 \cdot 2,00)/12 = 0,117$ mol (mol di CO_2)

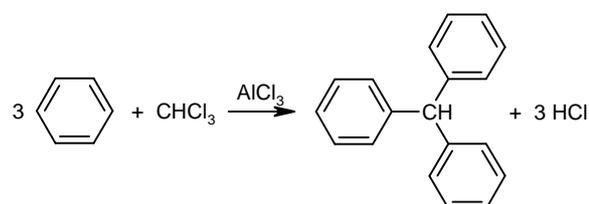
Sapendo che il $\Delta H_f(\text{CO}_2) = -393,5$ kJ/mol, il calore prodotto è: $393,5 \cdot 0,117 = 46$ kJ.

(Risposta B)

8. Mescolando 10 mL di benzene con 1 g di AlCl_3 anidro e 1 mL di CHCl_3 (cloroformio) si ottiene:

- A) l'alogenazione del benzene
 B) l'alchilazione del benzene
 C) l'acilazione del benzene
 D) un derivato del triclorometano

8. Soluzione



La reazione è un'alchilazione di Friedel-Crafts e forma trifenilmetano se viene portata a completezza riscaldando a riflusso.

(Risposta B)

9. Una soluzione 1,00 N di H_2SO_4 contiene:

- A) 196 g di H_2SO_4 e 1000 mL di H_2O
 B) 49 g di H_2SO_4 e 951 mL di H_2O
 C) 98 g di H_2SO_4 in 1000 mL di soluzione
 D) 49 g di H_2SO_4 in 1000 mL di soluzione

9. Soluzione

H_2SO_4 può liberare 2 H^+ , cioè contiene due equivalenti di H^+ . Una soluzione 1 N (che contiene un equivalente) contiene 0,5 mol di H_2SO_4 in un litro di soluzione.

La massa molare di H_2SO_4 è 98 g/mol, quindi 0,5 mol/L sono 49 g/L.

(Risposta D)

10. 2,00 g di acetato di sodio anidro vengono sciolti in 200 mL di acido acetico 0,100 M.

Quale sarà il valore del pH dopo l'aggiunta alla soluzione di 5,00 mL di NaOH 0,200 M?

- A) 4,74 B) 3,74 C) 4,87 D) 5,87

10. Soluzione

La massa molare di CH_3COONa è: $2 \cdot 12 + 3 + 32 + 23 = 82$ g/mol. Le moli di acetato sono: $2/82 = 24,4$ mmol

Le moli di acido acetico sono: $n = M V = 0,1 \cdot 200 = 20$ mmol. Le moli di NaOH sono: $0,2 \cdot 5 = 1,0$ mmol

NaOH trasforma acido acetico in acetato. Le moli finali di acido acetico sono $20 - 1 = 19$ mmol.

Le moli di acetato sono $24,4 + 1 = 25,4$ mmol. $\text{pH} = \text{pK}_a - \log \text{HA}/\text{A}^- = 4,74 - \log 19/25,4 = 4,87$. (Risposta C)

11. Le reazioni caratteristiche degli alcani sono:

- A) sostituzione e combustione
- B) addizione e sostituzione
- C) addizione e combustione
- D) sostituzione ed eliminazione

11. Soluzione

Un alcano come CH_4 può dare reazioni di combustione reagendo con O_2 e di sostituzione radicalica reagendo con Cl_2 in presenza di luce, calore o perossidi. Le reazioni di addizione al doppio legame, invece, sono tipiche degli alcheni; le reazioni di sostituzione nucleofila e di eliminazione sono tipiche degli alogenuri alchilici. (Risposta A)

12. Sapendo che la K_{ps} dell'ossalato di calcio (CaC_2O_4) è $1,8 \cdot 10^{-9}$, quale sarà la solubilità in acqua pura espressa in g/L?

- A) $1,3 \cdot 10^{-3}$ g/L
- B) $1,0 \cdot 10^{-3}$ g/L
- C) $2,7 \cdot 10^{-3}$ g/L
- D) $5,4 \cdot 10^{-3}$ g/L

12. Soluzione

La reazione è: $\text{CaC}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ $K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = s^2$ da cui: $s = K_{ps}^{1/2} = (1,8 \cdot 10^{-9})^{1/2} = 4,24 \cdot 10^{-5}$ M
 Massa molare di CaC_2O_4 : $40 + 24 + 64 = 128$ g/mol. Solubilità: $4,24 \cdot 10^{-5} \cdot 128 = 5,4 \cdot 10^{-3}$ g/L. (Risposta D)

13. La FEM della pila:



a 25°C è 0,6644 V. Il potenziale dell'elettrodo a calomelano 1 M relativo all'elettrodo normale a idrogeno è +0,283 V a 25°C . Qual è il pH della soluzione X?

- A) 7,11
- B) 6,45
- C) 5,82
- D) 6,14

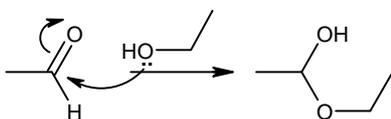
13. Soluzione

Il ΔE della pila ad è: $\Delta E = E_{\text{cal}} - E_{\text{H}_2}$ da cui: $E_{\text{H}_2} = E_{\text{cal}} - \Delta E$ $E_{\text{H}_2} = 0,283 - 0,6644 = -0,3814$ V.
 $E_{\text{H}_2} = E^\circ + 0,059 \log [\text{H}^+] = -0,059 \text{ pH}$ da cui: $\text{pH} = 0,3814/0,059 = 6,46$. (Risposta B)

14. La formazione di semiacetali dalle aldeidi è una reazione di:

- A) sostituzione nucleofila
- B) addizione nucleofila
- C) addizione elettrofila
- D) sostituzione radicalica

14. Soluzione



La reazione è un'addizione (da due molecole ne otteniamo una sola) ed è nucleofila (gli elettroni dell'OH alcolico attaccano il carbonio dell'aldeide parzialmente positivo). (Risposta B)

15. Una reazione di primo ordine ha una energia di attivazione di 105 kJ mol^{-1} e un fattore di frequenza di $5 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}$. A quale temperatura il tempo di semitrasformazione è di 24 ore?

- A) $36,5^\circ\text{C}$
- B) $19,0^\circ\text{C}$
- C) $-20,2^\circ\text{C}$
- D) $-36,0^\circ\text{C}$

15. Soluzione

Qui bisogna ricordare la legge cinetica del 1° ordine: $v = k A$ $\ln(A_0/A) = kt$ $t_{1/2} = (\ln 2)/k$
 Da cui: $k = \ln 2 / t_{1/2} = \ln 2 / (24 \cdot 3600) = 8,02 \cdot 10^{-6}$. L'equazione di Arrhenius è: $k = A e^{-(E/RT)}$ $A/k = e^{E/RT}$.
 $E/RT = \ln A/k$ quindi: $T = E/(R \ln A/k)$ $T = 105000/8,314 \cdot \ln(5 \cdot 10^{13}/8,02 \cdot 10^{-6})$
 $T = 105000/8,314 \cdot 4,328 = 292 \text{ K}$ quindi $292 - 273 = 19^\circ\text{C}$. (Risposta B)

16. Solo una delle seguenti sostanze non reagisce con metanolo in presenza di H^+ in quantità catalitica.

- A) acetaldeide B) acetato di isopropile C) acetofenone D) acetato di sodio

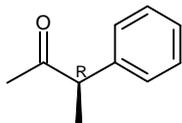
16. Soluzione

L'acetaldeide e l'acetofenone, reagendo con metanolo, formano il semiacetale e l'acetale. L'acetato di isopropile dà la reazione di transesterificazione formando acetato di metile. L'acetato di sodio non reagisce perchè gli esteri in ambiente basico non si formano. (Risposta D)

17. Per il riconoscimento dei seguenti composti si hanno a disposizione: spettrofotometro IR, spettrometro NMR, polarimetro. Quale dei composti richiede l'utilizzo di tutti gli strumenti indicati?

- A) 4-fenil-2-butanone B) 3-fenil-2-butanone C) fenil n-propil chetone D) fenil isopropil chetone

17. Soluzione



Il polarimetro serve per identificare le sostanze chirali. La sola molecola chirale tra quelle proposte è 3-fenil-2-butanone che ha un centro stereogenico sul C3. (Risposta B)

18. N_2O_4 è dissociata al 50% in molecole di NO_2 a $50^\circ C$ e 500 torr di pressione. Il grado di dissociazione $\alpha\%$ alla stessa temperatura e a 200 torr è:

- A) 67,4% B) 47,4% C) 52,4% D) 42,5%

18. Soluzione

Il problema si risolve velocemente considerando che la reazione: $N_2O_4 \rightarrow 2 NO_2$ fa aumentare il numero di moli e quindi la pressione. Per il principio dell'equilibrio mobile, una diminuzione di pressione da 500 a 200 torr, fa spostare verso destra la reazione per contrastare la modifica delle condizioni di equilibrio. In questo modo il grado di dissociazione aumenta e va oltre il 50%, ma non di poco come nella risposta C (52,4%) perchè la pressione diventa meno della metà, quindi α diventa 67,4% (Risposta A).

Per risolvere il problema, supponiamo di partire da 1 mole iniziale di N_2O_4 .

La reazione è: $N_2O_4 \rightarrow 2 NO_2$ $K_p = P_{NO_2}^2 / P_{N_2O_4}$
 Moli all'equilibrio $1 - \alpha$ 2α moli totali = $1 - \alpha + 2 \alpha = 1 + \alpha$

Le pressioni parziali sono: $P_{N_2O_4} = P(1 - \alpha)/(1 + \alpha)$ e $P_{NO_2} = P 2\alpha/(1 + \alpha)$

$$K_p = P_{NO_2}^2 / P_{N_2O_4} = \frac{P^2 (2\alpha)^2 (1 + \alpha)}{(1 + \alpha)^2 P (1 - \alpha)} = \frac{P 4\alpha^2}{1 - \alpha^2} \quad \text{con } P = 5 \text{ htorr e } \alpha = 0,5 \quad \text{si ha: } K_p = \frac{5 \cdot 4 \cdot 0,5^2}{1 - 0,5^2} = 6,67$$

Calcoliamo ora α con $P = 2$ htorr

$$K_p(1 - \alpha^2) = P 4\alpha^2 \quad 4P\alpha^2 = K_p - K_p \alpha^2 \quad \alpha^2(4P + K_p) = K_p \quad \alpha^2 = K_p / (4P + K_p)$$

$$\text{con } P = 2 \text{ htorr si ha: } \alpha^2 = 6,67 / (4 \cdot 2 + 6,67) = 0,455 \quad \alpha = 0,674 \quad (67,4\%). \quad \text{(Risposta A)}$$

19. La misura in unità S.I. della massa di un milione di grammi è:

- A) 1000 kg B) 1 kgk C) 1 ton D) 10^6 g

19. Soluzione

Nel S.I. l'unità di misura della massa è il kg, quindi: $10^6 \text{ g} = 10^3 (10^3 \text{ g}) = 10^3 \text{ kg}$. (Risposta A)

20. L'unità di misura S.I. della quantità di sostanza è:

- A) la massa di 12,000 g di ^{12}C B) la mole C) $6,022 \cdot 10^{23}$ atomi D) $6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

20. Soluzione

L'unità di misura S.I. della quantità di sostanza è la mole che contiene $6,022 \cdot 10^{23}$ entità che possono essere atomi, ioni, molecole o elettroni. (Risposta B)

21. Alla temperatura di 300 K due liquidi puri A e B hanno le tensioni di vapore: $P_A = 0,100$ bar; $P_B = 0,200$ bar. Qual è la tensione di vapore della miscela ideale di 4 mol di A con 2 mol di B?

- A) 0,133 bar B) 0,150 bar C) 0,300 bar D) 0,200 bar

21. Soluzione

La tensione di vapore di una miscela di due liquidi è: $P = x_A P_A + x_B P_B$ In questo caso $x_A = 4/6 = 0,667$
 $x_B = 2/6 = 0,333$. Quindi: $P = 0,667 \cdot 0,1 + 0,333 \cdot 0,2 = 0,133$ bar. (Risposta A)

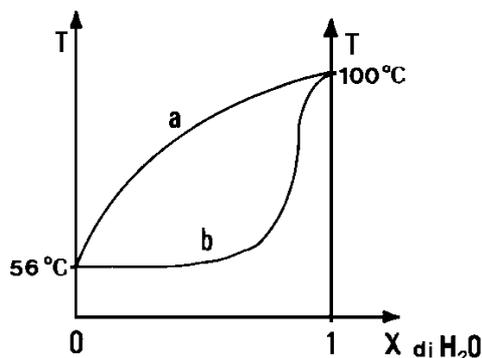
22. Un reattivo nucleofilo:

- A) se è un nucleofilo forte è anche una base forte
- B) è un atomo o raggruppamento atomico con carica negativa
- C) è un atomo o raggruppamento atomico con carica negativa o con doppietto non condiviso
- D) ha un atomo con una lacuna nell'ottetto o una carica positiva

22. Soluzione

Basico è un termine termodinamico e si riferisce ad un equilibrio (quello acido base), mentre nucleofilo è un termine cinetico e si riferisce alla velocità della reazione. Una specie può essere più basica e contemporaneamente meno nucleofila di un'altra. Per esempio, OH^- ($K_b = 1$) è più basico di SH^- ($K_b = 10^{-7}$), ma è meno nucleofilo perchè SH^- reagisce molto più velocemente come nucleofilo (A errata). Un nucleofilo è un atomo o raggruppamento atomico con carica negativa o con doppietto non condiviso nell'orbitale HOMO che fa un attacco nucleofilo verso l'orbitale LUMO (vuoto) dell'elettrofilo. (Risposta C)

23. La figura rappresenta le curve sperimentali liq-vap delle miscele tra acetone ($T_{\text{eb}} = 56,2^\circ\text{C}$) ed acqua ($T_{\text{eb}} = 100,0^\circ\text{C}$).



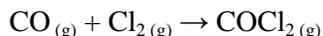
Quale fra le seguenti affermazioni è corretta?

- A) la curva *b* è relativa all'acetone e la *a* è relativa all'acqua
- B) le miscele acetone-acqua mostrano deviazioni positive dalla legge di Raoult
- C) la curva *a* è relativa alla condensazione dei vapori; la curva *b* è relativa all'ebollizione dei liquidi
- D) all'inizio della distillazione di una miscela in cui $X_{\text{H}_2\text{O}} = 0,7$ il distillato consiste di acetone puro

23. Soluzione

La curva *a* è relativa alla condensazione dei vapori; la curva *b* è relativa all'ebollizione dei liquidi. Tracciando una linea orizzontale, ad una temperatura *T*, che intercetti le curve (*a*) e (*b*), possiamo vedere qual è la composizione dei vapori in (*a*) in equilibrio con la soluzione di composizione (*b*) che bolle alla temperatura *T*. (Risposta C)

24. A una certa temperatura, per la reazione



alla pressione di 2,0 atm le frazioni molari all'equilibrio di CO , Cl_2 e COCl_2 sono rispettivamente 0,426; 0,094; 0,480. Qual è il valore della K_p ?

- A) 48 atm^{-1}
- B) 24 atm^{-1}
- C) $3,0 \text{ atm}^{-1}$
- D) $6,0 \text{ atm}^{-1}$

24. Soluzione

La K_p vale: $K_p = P_{\text{COCl}_2} / P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{Cl}_2}$ Le pressioni parziali si ricavano dalla relazione: $P_A = x_A P$
 Quindi: $K_p = (0,48 \cdot 2) / (0,426 \cdot 2 \cdot 0,094 \cdot 2) = 6,0 \text{ atm}^{-1}$. (Risposta D)

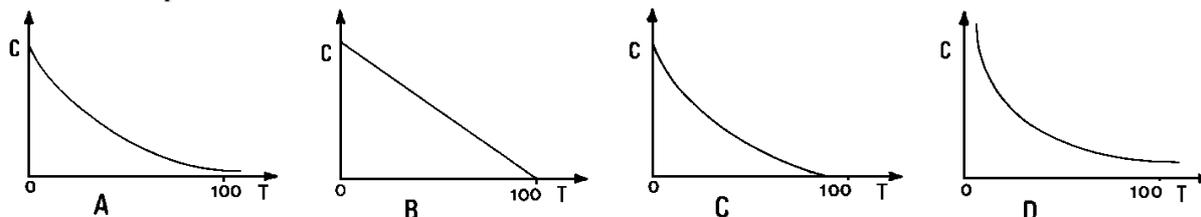
25. Si deve preparare uno standard di $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ per titolare dell'EDTA. Il metodo migliore è:

- A) scaldare a 105°C per 4 ore
- B) lasciare in essiccatore per 24 ore con CaCl_2
- C) lasciare in essiccatore per 24 ore con MgSO_4 in soluzione satura
- D) scaldare a 240°C per 20 minuti

25. Soluzione

Con le opzioni A, B e D la disidratazione è senza controllo, mentre lasciando in essiccatore per 24 ore con MgSO_4 in soluzione satura si raggiunge una situazione di equilibrio. (Risposta C)

26. La solubilità dell'ossigeno in acqua è bassa e diminuisce all'aumentare della temperatura. Quale diagramma concentrazione-temperatura descrive il fenomeno?



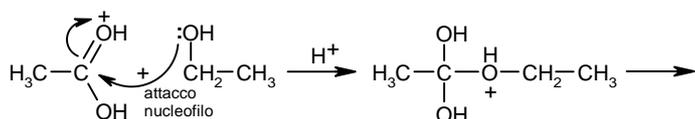
26. Soluzione

I grafici A e D sono errati perchè a 100 °C l'acqua bolle mentre qui la concentrazione di O₂ si estende anche dove l'acqua liquida non esiste più. Il grafico B è errato perchè mostra una dipendenza lineare della solubilità. Anche il grafico C è errato perchè, anche se mostra un andamento corretto di tipo iperbolico, la solubilità si annulla verso i 90 °C, mentre c'è da aspettarsi che, anche se poco, resti un po' di O₂ anche in acqua molto calda. (Risposta X?)

27. Nell'esterificazione degli acidi il reagente nucleofilo è:

- A) l'alcol
- B) l'acido
- C) l'acqua
- D) lo ione alcossido

27. Soluzione



Il reagente nucleofilo è l'alcol che attacca il carbonile formando l'intermedio tetraedrico. Questo meccanismo è stato dimostrato usando alcol con ¹⁸O che alla fine è stato trovato nell'estere finale. (Risposta A)

28. A 50 °C una soluzione satura di NH₄Cl contiene 50 g di corpo di fondo ed 1 kg di H₂O. A quale temperatura occorre portare la soluzione per eliminare il corpo di fondo?

- A) 60 °C
- B) 70 °C
- C) 56 °C
- D) 40 °C

28. Soluzione

Non vedo una logica nel problema.

(Risposta X?)

29. In quale soluzione è massima la solubilità di CaCO₃?

- A) HCl 10⁻³ M
- B) H₂CO₃ 10⁻³ M
- C) soluzione tamponata a pH = 3
- D) Na₂CO₃ 10⁻³ M

29. Soluzione

A pH 3 CaCO₃ si può sciogliere secondo la reazione: $\text{CaCO}_3 + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}^{2+}$

Una soluzione con HCl 10⁻³ M ha pH 3, ma HCl è rapidamente consumato, mentre in una soluzione tamponata a pH 3 il pH resta acido fino a quando l'acido del tampone è presente. (Risposta C)

30. Quale legame C-Cl ha maggiore polarità?

- A) CH₃-Cl
- B) C₂H₃-Cl
- C) C₆H₅-Cl
- D) C₂H₅-Cl

30. Soluzione

Il dipolo maggiore si ha quando in C⁺-Cl⁻ il carbonio è più positivo. Il carbonio meno elettronegativo è quello sp³ (B e C errati) inoltre è quello che non lega altri atomi elettronegativi, quindi CH₃-Cl. (Risposta A)

31. In quale delle seguenti reazioni lo ione OH^- si comporta da nucleofilo?

- A) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-Cl} + \text{OH}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{-OH} + \text{Cl}^-$
 B) $\text{CH}_3\text{-NH}_3^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{-NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 C) $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
 D) $(\text{CH}_3)_2\text{CH-Cl} + \text{OH}^- \rightarrow \text{CH}_2=\text{CHCH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^-$

31. Soluzione

Nelle reazioni B, C e D lo ione OH^- si comporta da base e strappa un H^+ . Solo nella reazione A, lo ione OH^- attacca il carbonio che lega il cloro e fa una SN_2 espellendo Cl^- . (Risposta A)

32. Quale soluzione è utilizzata per separare una miscela di 4-metilfenolo ed acido benzoico?

- A) $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ B) $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ C) $\text{NaCl}_{(\text{aq})}$ D) $\text{NaHCO}_3_{(\text{aq})}$

32. Soluzione

Entrambe le molecole hanno un H^+ acido, ma con acidità molto diverse: il fenolo ha $\text{pK}_a \approx 10$ e l'acido benzoico ha $\text{pK}_a \approx 4$, quindi si deve usare una soluzione debolmente basica capace di strappare l' H^+ all'acido benzoico, ma non al fenolo. La sola soluzione debolmente basica è quella con NaHCO_3 che ha $\text{pH} \approx 8$. (Risposta D)

33. Tra le seguenti sostanze elementari quale ha legami con elettroni delocalizzati?

- A) S_8 B) N_2 C) $\text{C}_{(\text{grafite})}$ D) $\text{C}_{(\text{diamante})}$

33. Soluzione

La grafite è formata da fogli dallo spessore di un atomo nei quali il carbonio è ibridato sp^2 e forma anelli esagonali come nel benzene fusi assieme nei quali si forma una rete di doppi legami coniugati estesa a tutto il foglio. Gli orbitali molecolari pigreco formano una banda continua di orbitali pieni di legame che non è separata dalla banda di orbitali molecolari vuoti di antilegame, una situazione uguale a quella dei metalli conduttori, infatti la grafite è un buon conduttore di elettricità e di calore. (Risposta C)

34. Qual è uno standard primario adatto per la standardizzazione di una soluzione di HCl ?

- A) $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ B) KOH C) Na_2CO_3 D) NaOH

34. Soluzione

Il carbonato di sodio è adatto a fare da standard primario perchè non è igroscopico e può essere seccato e pesato con precisione. (Risposta C)

35. La K_b dell'idrossilammina NH_2OH è $1,07 \cdot 10^{-8}$. Quale delle seguenti soluzioni non diventa blu dopo l'aggiunta dell'indicatore verde bromocresolo (int. pH 3,8 – 6,4; da giallo a blu)?

- A) Na_2CO_3 0,15M B) KHCO_3 0,50M C) NH_2OH 0,10M D) NH_3OHCl 0,35M

35. Soluzione

Si tratta di cercare una soluzione con pH inferiore a 6. Il carbonato e il bicarbonato sono basici (A e B errate). La soluzione C è basica: $[\text{OH}^-] = (\text{K}_b \text{C})^{1/2} = (1,07 \cdot 10^{-8} \cdot 0,1)^{1/2} = 3,27 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ $\text{pOH} = 4,5$ $\text{pH} = 9,5$ (C errata). La soluzione D contiene NH_2OH neutralizzata da HCl (base debole-acido forte) e quindi è acida. (Risposta D)

36. Un solido fonde a media temperatura; ha una tensione di vapore abbastanza alta alla temperatura di fusione. Può essere:

- A) naftalene B) polietilene a bassa densità C) amile acetato D) ghiaccio

36. Soluzione

Il polietilene è un polimero e non ha apprezzabile tensione di vapore (B errata). L'acetato di amile è un estere dal profumo di banana che ha un'alta tensione di vapore, ma è liquido a temperatura ambiente (C errata).

Il ghiaccio fonde a 0°C (è una temperatura media?) con una certa tensione di vapore (non credo che si possa definire abbastanza alta) (D errato?).

Il naftalene è un solido con una tensione di vapore abbastanza alta da farlo sublimare in breve tempo. Anche se non sappiamo a memoria la sua temperatura di fusione, non può essere alta perchè è una molecola a basso peso molecolare dato che è formato da due anelli benzenici fusi insieme. (Risposta A)

37. Quale delle seguenti affermazioni è sicuramente vera riguardo ad un solido:

- A) è meccanicamente rigido e genera forze di reazione elastica
- B) le unità costitutive (molecole, atomi o ioni) sono disposte in modo ordinato
- C) è costituito da ioni positivi in quantità equivalente a quelli negativi
- D) l'energia cinetica degli atomi costituenti è nulla

37. Soluzione

Un solido può essere costituito da atomi neutri (come il diamante) o da molecole (come il ghiaccio) (C errata). Le unità che costituiscono il solido vibrano attorno alla loro posizione di equilibrio e la loro energia cinetica si azzerano solo allo zero assoluto (D errata).

Restano le risposte A e B. Notiamo, però, che non tutti i solidi sono costituiti da unità disposte in modo ordinato. I polimeri, per esempio, sono solidi che solo qua e là hanno zone cristalline ordinate (B errata).

Resta solo la risposta A. Un solido ha un volume e una forma propri, quindi è rigido meccanicamente e si deve opporre ad una deformazione con una reazione elastica. (Risposta A)

38. Gli ecosistemi sono, dal punto di vista termodinamico:

- A) sistemi isolati
- B) sistemi adiabatici
- C) sistemi aperti
- D) sistemi chiusi

38. Soluzione

Gli ecosistemi sono sistemi aperti che scambiano materia ed energia con l'ambiente. (Risposta C)

39. Con quale unità di misura S.I. si esprime la massa di un corpo costituito da una mole di sostanza?

- A) g mol^{-1}
- B) kg mol^{-1}
- C) kg
- D) dalton

39. Soluzione

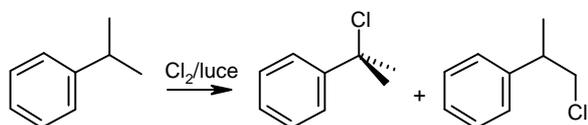
L'unità di massa nel S.I. è il kg, quindi la massa di un corpo si misura in kg.

La massa molare di una sostanza si misura in kg mol^{-1} . (Risposta C)

40. Quanti monocloro derivati si ottengono trattando 1 mol di isopropilbenzene con 1 mol di Cl_2 e luce?

- A) 3
- B) 8
- C) 1
- D) 2

40. Soluzione



Si ottengono due monocloro derivati circa nella stessa quantità: il cloruro terziario benzilico 2-cloro-2-fenilpropano, e il cloruro primario 1-cloro-2-fenilpropano. Quest'ultimo si forma con velocità 5 volte minore, ma ci sono 6 idrogeni primari nella molecola contro un solo H terziario. (Risposta D)

41. Nella neutralizzazione di H_2SO_4 0,1 N con NaOH 0,1 N c'è un solo punto di viraggio perché:

- A) H_2SO_4 contiene due idrogeni fortemente acidi
- B) H_2SO_4 contiene un idrogeno fortemente acido ed uno mediamente acido
- C) HSO_4^- è un acido poco più debole di H_3O^+
- D) HSO_4^- è un acido medio, ma l' NaOH sposta l'equilibrio

41. Soluzione

H_2SO_4 è un acido molto forte. In acqua, la sua prima dissociazione è completa: $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HSO}_4^-$. In soluzione, l'acido presente è H_3O^+ che ha $\text{pK}_a = -1$. Questo valore non è abbastanza separato dal pK_{a2} di H_2SO_4 che vale 1,92 e quindi, nella titolazione con NaOH , il primo punto di viraggio (a pH 1) è coperto dall'inizio della titolazione di HSO_4^- (a pH 0) e così si può registrare solo il secondo punto di viraggio. (Risposta C)

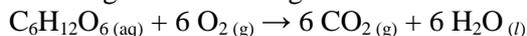
42. Quale delle seguenti trasformazioni NON provoca un aumento di entropia in un gas ideale?

- A) espansione adiabatica reversibile
- B) aumento della temperatura a pressione costante
- C) aumento del volume a temperatura costante
- D) aumento dell'energia interna a volume costante

42. Soluzione

L'espansione adiabatica reversibile avviene senza scambio di calore: $\Delta S = \Delta Q_{\text{rev}}/T = 0$. (Risposta A)

43. L'ossidazione biochimica di 1 mol di glucosio nell'organismo umano è esprimibile come:



Quale delle seguenti affermazioni è ERRATA.

- A) la reazione richiede 6 mol di O_2
- B) la reazione è fortemente esotermica
- C) la reazione produce 38 mol di ATP e 6 mol di CO_2
- D) la reazione produce 6 mol di ATP e 6 mol di CO_2

43. Soluzione

Le prime due risposte sono corrette. Le risposte C e D sono in contraddizione.

Il bilancio di ATP accettato fino all'anno 2000 era di 38 ATP per molecola di glucosio (C corretta) quindi la risposta errata è la D. Dall'ossidazione di una molecola di glucosio nella cellula si ottengono, infatti:

$2 \text{ATP} + 2 \text{NADH}$ (glicolisi) + 2NADH (dec ox) + $2 \text{ATP} + 6 \text{NADH} + 2 \text{FADH}_2$ (ciclo di Krebs)

In totale $4 \text{ATP} + 10 \text{NADH} + 2 \text{FADH}_2$.

Fino al 2000 si credeva che ogni NADH producesse 3 ATP nella catena respiratoria e ogni FADH_2 producesse 2 ATP (uno per ogni complesso proteico I, III, IV attraversato) quindi il bilancio era:

$10 \text{NADH} \rightarrow 30 \text{ATP}$ e $2 \text{FADH}_2 \rightarrow 4 \text{ATP}$. In totale 34 ATP che sommati ai 4 precedenti fanno 38 ATP.

Dopo il 2000 si è visto che per produrre un ATP, l'enzima ATP sintasi consuma 4H^+ . Gli H^+ spostati nello spazio intermembrana dai tre complessi I, III, IV sono rispettivamente 4, 4, 2, quindi il NADH produce 2,5 ATP dato che aziona tutti e tre i complessi, mentre il FADH_2 produce 1,5 ATP dato che aziona solo i complessi III e IV.

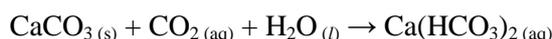
Il nuovo calcolo degli ATP è:

$10 \text{NADH} \rightarrow 25 \text{ATP}$ e $2 \text{FADH}_2 \rightarrow 3 \text{ATP}$. In totale 28 ATP che sommati ai 4 precedenti fanno 32 ATP.

Quindi una molecola di glucosio produce al massimo 32 ATP e non 38 (6 in meno della vecchia stima).

Dato che la domanda è stata posta nel 1994, la risposta C (38 ATP e 6 CO_2) è corretta. (Risposta D)

44. La velocità della reazione:



NON dipende da:

- A) dimensione dei granuli di CaCO_3
- B) pressione parziale della CO_2
- C) temperatura
- D) valore della costante di equilibrio

44. Soluzione

La costante di equilibrio dipende dal ΔG° della reazione ($\Delta G^\circ = -RT \ln K_{\text{eq}}$). La velocità non dipende dal ΔG° o dalla K_{eq} , ma dal ΔG^* (energia di attivazione) e dalla temperatura ($k_{\text{vel}} = A e^{-(E/RT)}$). (Risposta D)

45. Il decadimento radioattivo del ^{14}C ha un tempo di dimezzamento di 5730 anni. Un campione di legno contiene inizialmente 10 mg di ^{14}C . Dopo quanto tempo ne conterrà 2,5 mg?

- A) 5730 anni
- B) 11460 anni
- C) 1430 anni
- D) 16890 anni

45. Soluzione

Il problema si risolve senza calcoli se osserviamo che 10 mg di ^{14}C devono diventare 2,5 mg, cioè devono dimezzarsi due volte ($10 \rightarrow 5 \rightarrow 2,5$). Il ^{14}C subisce due dimezzamenti se trascorre 2 volte il tempo di dimezzamento quindi in: $5730 \cdot 2 = 11460$ anni. (Risposta B)

Il decadimento radioattivo segue una cinetica del 1° ordine: $\ln(A_0/A) = kt$ da cui: $k = \ln(A_0/A)/t$

Dopo un tempo di dimezzamento: $(A_0/A) = 2$ quindi: $k = \ln 2 / t_{1/2}$ $k = \ln 2 / 5730 = 1,21 \cdot 10^{-4}$.

Riprendendo l'equazione iniziale si ha: $t = \ln(A_0/A)/k$ $t = \ln(10/2,5)/1,21 \cdot 10^{-4}$ $t = 11460$ anni.

46. Il gesso da muratori ha la formula $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$; per idratazione si forma $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Qual è la minima quantità di acqua da aggiungere ad 1,00 kg di gesso?

- A) 124 g B) 186 g C) 248 g D) 62 g

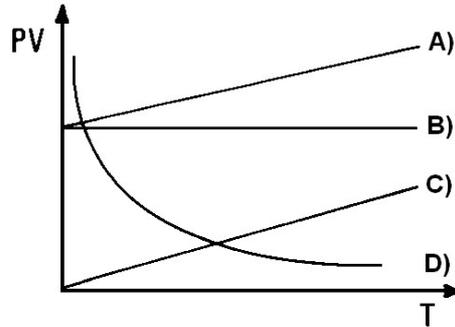
46. Soluzione

La massa molare di $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$ é: $40 + 32 + 64 + 9 = 145 \text{ g/mol}$.

Le moli di gesso in 1,00 kg sono: $1000/145 = 6,9 \text{ mol}$. Per ogni mole vanno aggiunte 1,5 mol di H_2O .

Vanno aggiunte $1,5 \cdot 6,9 = 10,345 \text{ mol}$ di H_2O . La massa di H_2O è $18 \cdot 10,345 = 186 \text{ g}$. (Risposta B)

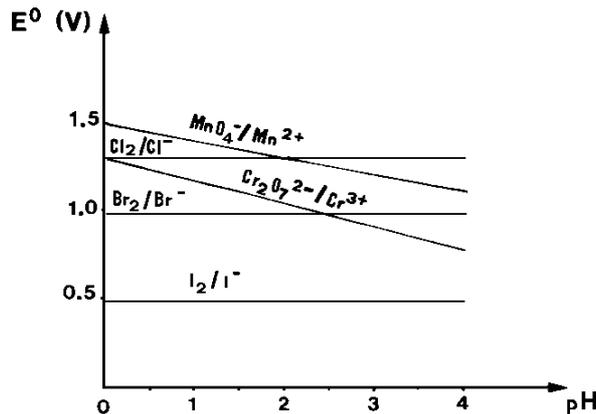
47. Quale delle 4 curve rappresenta il comportamento del gas ideale nel piano PV/T?



47. Soluzione

Nel piano PV/T la legge dei gas ($PV = nRT$) diventa: $y = mT$ cioè una retta che passa per l'origine. (Risposta C)

48. Il grafico seguente riporta i valori dei potenziali normali a 25 °C in funzione del pH.



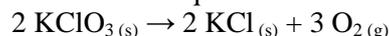
Ad attività unitaria delle specie interessate, quale delle seguenti affermazioni NON è corretta?

- A) a pH = 0,5 MnO_4^- ossida Cl^- a Cl_2
 B) a pH = 1,5 Cl_2 ossida Br^- a Br_2
 C) a pH = 2,7 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ossida Br^- a Br_2
 D) a pH = 3,5 Br_2 ossida I^- a I_2

48. Soluzione

Una specie con potenziale più alto ossida quella a potenziale minore. A pH 0,5 la retta del MnO_4^- è più alta di quella del cloro (A corretta). I potenziali di cloro, bromo e iodio non dipendono dal pH, quindi Cl_2 ossida sempre Br^- e Br_2 ossida sempre I^- (B e D corrette). La retta del bicromato incrocia quella del bromo a pH 2,4, quindi: a pH 2,7 il potenziale del bicromato è più basso di quello del bromo e $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ non ossida Br^- . (Risposta C)

49. Qual è l'equazione che rappresenta la costante di equilibrio della dissociazione termica:



- A) $K = P^3(\text{O}_2)$
 B) $K = P^{3/2}(\text{O}_2)$
 C) $K = [3 P(\text{O}_2)]^3$
 D) $K = [3/2 P(\text{O}_2)]^{3/2}$

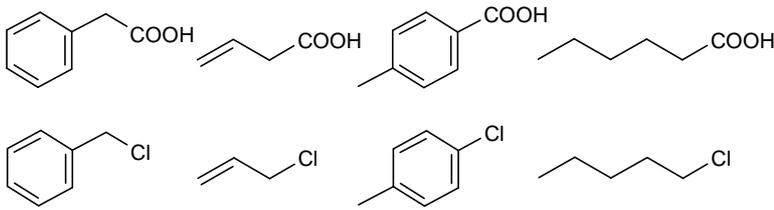
49. Soluzione

I composti solidi, per definizione, hanno attività 1, quindi: $K = P^3(\text{O}_2)$.

(Risposta A)

50. Quale acido NON può essere ottenuto dal corrispondente cloruro per formazione del nitrile e sua idrolisi?
 A) acido fenilacetico B) acido 3 butenoico C) acido p-toluico D) acido esanoico

50. Soluzione



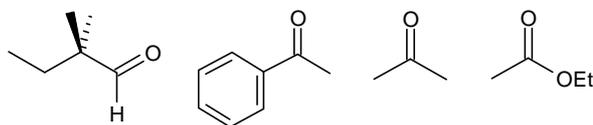
Questi sono i quattro acidi del problema. La sintesi da realizzare consiste nel trasformare un cloruro in nitrile per reazione SN2 con cianuro e poi nell'idrolizzare il nitrile per ottenere l'acido carbossilico. Il passaggio chiave della sintesi è la reazione SN2 del $\text{C}\equiv\text{N}$ sul cloruro per formare il nitrile, una

reazione impossibile sulla molecola C perchè il Cl legato all'anello non può dare reazioni SN2. (Risposta C)

51. Quale dei seguenti composti NON può dare la reazione di autocondensazione?

- A) 2,2-dimetilbutanale
 B) acetofenone
 C) acetone
 D) acetato di etile

51. Soluzione



Tutte le molecole che hanno idrogeni sul carbonio in alfa ad un carbonile possono dare autocondensazione. L'acetofenone e l'acetone danno condensazione aldolica in catalisi acida, l'acetato di etile dà condensazione di Claisen in etanolo ed etossido di sodio. La sola molecola che non può condensare

con sè stessa è 2,2-dimetilbutanale perchè è priva di alfa idrogeni. Questa molecola può dare condensazioni miste dato che l'aldeide può essere attaccata per esempio da un chetone come l'acetone. (Risposta A)

52. Una soluzione si dice satura se nella reazione



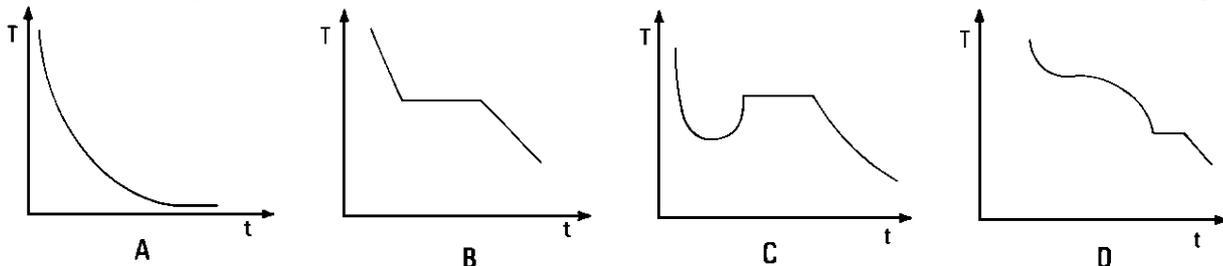
- A) il potenziale chimico del soluto non varia
 B) il potenziale chimico standard del soluto non varia
 C) il ΔS di reazione è nullo
 D) il ΔS° di reazione è nullo

52. Soluzione

Le risposte B e D sono sicuramente errate perchè si riferiscono allo stato standard e non alla situazione attuale della reazione. La risposta C è errata perchè l'entropia della specie A solvatata (più disordinata) è sicuramente maggiore di quella della specie A solida. Resta solo la risposta A.

Il potenziale chimico si può interpretare come energia di Gibbs molare. In una soluzione satura, il sistema è all'equilibrio, il ΔG per la dissoluzione di A è zero. Dato che il potenziale chimico di un solido è costante, deve essere costante anche quello di A in soluzione. (Risposta A)

53. Fra i 4 diagrammi T/tempo quale rappresenta il raffreddamento e la condensazione di un azeotropo?



53. Soluzione

Una miscela azeotropica si comporta come un composto puro quando viene raffreddata e condensata. Infatti il liquido che condensa ha la stessa composizione della fase vapore e quindi condensa rimanendo sempre alla stessa temperatura come accade nel grafico B. Il calore che è sottratto al sistema è compensato dal calore latente di condensazione. Solo quando tutto il vapore è condensato, la temperatura ricomincia a scendere. (Risposta B)

54. Dobbiamo scegliere il solvente S per ricristallizzare la sostanza X; la sostanza Y è l'impurezza.

E' necessario che:

- A) X sia poco solubile in S a freddo
- B) Y sia molto solubile in S a freddo
- C) Y sia poco solubile in S a freddo
- D) X e Y abbiano solubilità diverse a freddo

54. Soluzione

La ricristallizzazione è una tecnica che serve a purificare una sostanza X da un'impurezza Y. Un solvente adatto a questa tecnica deve sciogliere a caldo sia X che Y, ma a freddo deve far precipitare X e mantenere Y in soluzione per consentirci di separare i due composti per filtrazione.

L'ideale sarebbe che X sia poco solubile in S a freddo, e che Y sia più solubile (ma una risposta così non c'è).

Se Y non è più solubile di X a freddo, ne avremo comunque allontanato una quota con le acque madri e il precipitato ricristallizzato sarà più puro. (Risposta A)

55. La tecnica che si usa per determinare l'acqua nel burro è:

- A) distillazione in corrente di vapore di xilene
- B) estrazione con solvente polare
- C) estrazione con solvente apolare
- D) distillazione con rettifica

55. Soluzione

I vapori di xilene trascinano via l'acqua come vapore. Nel pallone di raccolta, l'acqua si separa dallo xilene, con cui non è miscibile, e così è possibile determinarne la quantità. (Risposta A)

56. 1 mmol di sostanza organica (A) è in soluzione in 500 mL di H₂O. Viene estratta con 10 mL di cloroformio. Il coefficiente di ripartizione è 250. Qual è la quantità di A che rimane nella soluzione acquosa?

- A) 1/20 di mmol
- B) 1/6 di mmol
- C) 1/50 di mmol
- D) 1/60 di mmol

56. Soluzione

La sostanza A si distribuisce tra cloroformio e acqua in proporzione ai volumi usati moltiplicati per il coefficiente di ripartizione. In questo caso le quantità di sostanza in cloroformio e in acqua stanno nel rapporto (10 · 250): 500 quindi 5:1. Quindi avremo 5/6 di mmol in cloroformio e 1/6 di mmol in H₂O. (Risposta B)

57. Una soluzione acquosa di esacianoferrato(III) di potassio trasmette il 60 % della radiazione incidente a 420 nm in una cella da 1,0 cm. Se si usa una cella da 2,0 cm, la trasmittanza della soluzione è:

- A) 24 %
- B) 30 %
- C) 36 %
- D) 78 %

57. Soluzione

Se la soluzione trasmette il 60%, la trasmittanza è: $T = 0,6$. L'assorbanza è: $A_1 = -\log T_1 = -\log 0,6 = 0,22$.

L'assorbanza è proporzionale al cammino ottico ($A = \epsilon l C$): in una cella da 2 cm si ha $A_2 = 2A_1 = 2 \cdot 0,22 = 0,44$.

La nuova trasmittanza diventa: $T_2 = 10^{-A} = 10^{-0,44} = 36\%$. (Risposta C)

58. Nella reazione redox tra KMnO₄ e Na₂C₂O₄ a pH acido, qual è la quantità di MnO₄⁻(aq) equivalente a 50 mL di C₂O₄²⁻(aq) (ossalato) 0,1 M?

- A) 5 mmol
- B) 50 mmol
- C) 2 mmol
- D) 25 mmol

58. Soluzione

Le due semireazioni sono:

$Mn^{7+} + 5 e^- \rightarrow Mn^{2+}$ (rid) va moltiplicata per 2 per scambiare 10 elettroni

$2 C^{3+} \rightarrow 2 C^{4+} + 2 e^-$ (ox) va moltiplicata per 5 per scambiare 10 elettroni ($C_2O_4^{2-} \rightarrow 2 CO_2$)

Moltiplicando per 2 e per 5 e sommando membro a membro si ottiene:



Il rapporto in moli tra i reattivi è 2:5. Le moli di ossalato sono: $n = M V = 0,1 \cdot 50 = 5$ mmol.

Servono 2 mmol di permanganato.

(Risposta C)

59. Qual è il volume di O_2 (misurato a $17\text{ }^\circ\text{C}$ e a $1,00 \cdot 10^5\text{ Pa}$) che viene liberato quando $50,0\text{ mL}$ di soluzione di H_2O_2 di concentrazione pari a $3,4\text{ g/L}$ vengono trattati in ambiente acido con un eccesso di $KMnO_4$?

- A) 120 mL
- B) 60 mL
- C) 7 mL
- D) 117 mL

59. Soluzione

La massa molare di H_2O_2 è: $2 + 32 = 34\text{ g/mol}$. Le moli di H_2O_2 in $3,4\text{ g}$ sono: $3,4/34 = 0,1\text{ mol/L}$.

Le moli di H_2O_2 in 50 mL sono: $n = M V = 0,1 \cdot 50 = 5\text{ mmol}$. Dato che una molecola di H_2O_2 libera una molecola di O_2 , le moli liberate di O_2 sono: 5 mmol . La pressione è: $1/1,013 = 0,987\text{ atm}$.

Il volume di O_2 è: $V = nRT/P \quad V = 5 \cdot 0,0821 \cdot 290/0,987 = 120,6\text{ mL}$. (Risposta A)

60. $10,0\text{ mmol}$ di acido fosforico (H_3PO_4) vengono titolate con $NaOH\ 0,100\text{ M}$ e indicatore fenolftaleina. Il volume di $NaOH$ al punto di viraggio è:

- A) $V < 100\text{ mL}$
- B) $100\text{ mL} \leq V < 200\text{ mL}$
- C) $200\text{ mL} \leq V < 300\text{ mL}$
- D) $V \geq 300\text{ mL}$

60. Soluzione

Le tre K_a di H_3PO_4 sono: $7,5 \cdot 10^{-3}$; $6,2 \cdot 10^{-8}$; $3,6 \cdot 10^{-13}$.

I tre pK_a di H_3PO_4 sono quindi ($pK_a = -\log K_a$): $2,12$; $7,21$; $12,44$.

La titolazione di un acido debole termina 2 unità di pH oltre il suo pK_a (quando l'acido è stato titolato al 99%).

La fenolftaleina vira appena oltre pH 9, quindi vira esattamente quando è completata la titolazione del secondo equivalente di H_3PO_4 , quindi quando si sono titolati $10 + 10 = 20\text{ mmol}$ di H^+ (la titolazione del terzo H^+ comincia a pH 10,4).

Dato che 100 mL di $NaOH\ 0,1\text{ M}$ contengono 10 mmol di OH^- , il volume di $NaOH$ che contiene 20 mmol di OH^- è di 200 mL . (Risposta C)

Soluzioni proposte da Mauro Tonellato