

Giochi della Chimica 1997

Problemi risolti – Fase regionale – Classe C

1. La concentrazione di un soluto B in un solvente è una grandezza:

- A) adimensionale
- B) fondamentale del S.I.
- C) intensiva
- D) estensiva

1. Soluzione

La concentrazione è una grandezza intensiva infatti è uguale in ogni punto della soluzione. (Risposta C)

2. Identificare l'equazione che rappresenta la formazione di un eutettico, sapendo che A e B sono le due specie solide, L è il liquido, Q il calore di reazione ed E la miscela eutettica di A + B:

- A) $L = A + B + Q$
- B) $L + Q = E$
- C) $L + A = E + Q$
- D) $L = E + Q$

2. Soluzione

Scaldando la miscela eutettica si ottiene un liquido con la stessa composizione che fonde ad una temperatura costante come se fosse un composto puro: $E + Q = L$. (Risposta D)

3. Indicare quale, fra i seguenti reagenti, NON dà precipitato se mescolato con una soluzione acquosa 0,01 M in ione argento(I):

- A) acido solforico 0,010 M
- B) cloruro di ammonio 0,010 M
- C) idrossido di potassio 0,010 M
- D) ioduro di sodio 0,010 M

3. Soluzione

Nella tabella dei sali poco solubili manca Ag_2SO_4 , mentre ci sono $AgCl$, $AgOH$ e AgI . (Risposta A)

4. Indicare in quale delle seguenti reazioni chimiche, un aumento della pressione NON provoca alcun effetto sul rendimento dei prodotti:

- A) $C_2H_4(g) + H_2O(g) \rightarrow C_2H_5OH(g)$
- B) $CH_3CHO(g) \rightarrow CH_4(g) + CO(g)$
- C) $4 HCl(g) + O_2(g) \rightarrow 2 H_2O(g) + 2 Cl_2(g)$
- D) $CO(g) + H_2O(g) \rightarrow H_2(g) + CO_2(g)$

4. Soluzione

Nella reazione D il numero delle molecole non varia ($2 \rightarrow 2$) e quindi la pressione non cambia. Quindi, per il principio dell'equilibrio mobile, cambiare la pressione applicata non influenza l'equilibrio. (Risposta D)

5. Dato l'equilibrio ossido-riduttivo: $Cu_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)}$
la variazione di energia libera standard ΔG°_{298} è:

- A) -212 kJ mol^{-1}
- B) $+212 \text{ kJ mol}^{-1}$
- C) -106 kJ mol^{-1}
- D) $+106 \text{ kJ mol}^{-1}$

5. Soluzione

La reazione proposta non è spontanea perchè la specie col potenziale maggiore, il rame, si ossida e lo zinco si riduce, mentre dovrebbe accadere il contrario, quindi deve essere $\Delta G > 0$ (A e C errate).

La reazione inversa può azionare una pila: $\Delta E^\circ = E^\circ_{Cu} - E^\circ_{Zn} = 0,34 + 0,76 = 1,1 \text{ V}$.

Per la reazione inversa: $\Delta G^\circ = -nF \Delta E^\circ = -2 \cdot 96485 \cdot 1,1 = -212 \text{ kJ/mol}$.

Per la reazione data: $\Delta G^\circ = +212 \text{ kJ/mol}$.

(Risposta B)

6. L'azione della luce solare sui dicloro-difluorocarburi usati come gas refrigeranti consiste nel rompere:

- A) omoliticamente un legame C-Cl per cui il cloro attacca l'ozono
 B) omoliticamente un legame C-F per cui il fluoro attacca l'ozono
 C) eteroliticamente un legame C-Cl per cui il cloro attacca l'ozono
 D) eteroliticamente un legame C-F per cui il fluoro attacca l'ozono

6. Soluzione

Il legame C-Cl è più debole del legame C-F, quindi si rompe più facilmente per azione della luce UV formando due radicali. Il radicale al cloro è il responsabile delle reazioni a catena che distruggono l'ozono. (Risposta A)

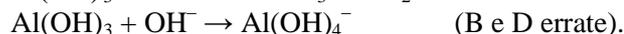
7. Indicare tra i seguenti reagenti quello che NON scioglie l'idrossido di alluminio(III):

- A) soluzione acquosa di cloruro di ammonio
 B) tampone acetato a pH = 4,0
 C) idrossido di sodio 2 M contenente acqua ossigenata a 12 volumi
 D) acido cloridrico 0,10 M

7. Soluzione

L'idrossido di alluminio si scioglie a pH molto acido: $\text{Al(OH)}_3 + 3 \text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$

e anche a pH molto basico



Nell'analisi qualitativa dei cationi del 3° gruppo, dopo aver sciolto Al(OH)_3 in ambiente basico con NaOH, lo si precipita proprio con cloruro di ammonio NH_4Cl che abbassa il pH sotto 9. (Risposta A)

8. La massa atomica relativa di un elemento è una variabile:

- A) dimensionata in u B) dimensionata in u.m.a. C) adimensionale D) dimensionata in kg/kg(^{12}C)

8. Soluzione

La massa atomica relativa è adimensionale perchè è relativa all'unità di massa atomica una cioè a 1/12 della massa del ^{12}C . La massa atomica, la massa atomica molare e la massa atomica relativa sono uguali numericamente ma non dimensionalmente. La massa atomica è espressa in uma, la massa atomica molare è espressa in g/mol, la massa atomica relativa è adimensionale. Per il ^{12}C : MA = 12 uma, MM = 12 g/mol, $\text{MA}_r = 12$. (Risposta C)

9. In una reazione chimica non quantitativa che abbia raggiunto l'equilibrio, l'aggiunta di un catalizzatore:

- A) attiva una nuova via di reazione e la velocità di reazione aumenta
 B) aumenta la velocità di reazione e può selezionare alcuni isomeri
 C) non ha alcun effetto
 D) fornisce un meccanismo con energia di attivazione minore

9. Soluzione

L'aggiunta di un catalizzatore attiva una nuova via di reazione che sfrutta un diverso meccanismo con un'energia di attivazione più bassa e quindi la velocità di reazione aumenta. Se però la reazione è già all'equilibrio, la velocità di reazione è zero e il catalizzatore non ha effetto. (Risposta CD?)

10. La decolorazione del bromo in tetracloruro di carbonio è un saggio qualitativo per il riconoscimento:

- A) degli alcani B) degli alcheni C) dei composti aromatici D) degli eteri

10. Soluzione

La decolorazione del bromo in CCl_4 è un saggio qualitativo per il riconoscimento degli alcheni. Il Br_2 , rosso, si somma al doppio legame formando i dibromoderivati, incolori. (Risposta B)

11. La frazione percentuale di molecole ionizzate di acido acetico ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$ a 25 °C) in una soluzione acquosa 0,0010 M a 25 °C è approssimativamente:

- A) 13% B) 0,013% C) 0,13% D) 1,3%

11. Soluzione

La reazione è: $\text{HAc} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Ac}^-$ $K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{Ac}^-]}{[\text{HAc}]}$

Moli iniziali/L 0,001 0 0

Moli finali/L $0,001(1-\alpha)$ $0,001\alpha$ $0,001\alpha$ $K_a = \frac{(0,001\alpha)^2}{0,001(1-\alpha)} = 0,001 \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)}$

da cui: $0,001 \alpha^2 = K_a(1-\alpha)$ per accelerare il calcolo, trascuriamo α in $(1-\alpha)$ e così otteniamo l'equazione semplificata: $\alpha^2 = K_a/0,001$ $\alpha^2 = 1,8 \cdot 10^{-5}/0,001$ da cui $\alpha = 13\%$

(Risolvendo correttamente avremmo ottenuto: $\alpha = 12,5\%$). (Risposta A)

12. In una reazione chimica non quantitativa che NON abbia raggiunto l'equilibrio, l'aggiunta di un inibitore:
- blocca un percorso di reazione e la reazione diviene più lenta
 - aumenta la quantità dei prodotti, rispetto alla normale reazione
 - non ha alcuna influenza sulla velocità di reazione
 - fornisce un meccanismo con energia di attivazione maggiore e la reazione diviene più lenta

12. Soluzione

L'aggiunta di un inibitore blocca un percorso di reazione e così la reazione deve procedere con un diverso meccanismo con energia di attivazione maggiore e diventa più lenta. (Risposta A)

13. Tra gli ioni isoelettronici Na^+ , Mg^{2+} , F^- , O^{2-} ha raggio maggiore lo ione:

- fluoruro
- sodio
- ossido
- magnesio

13. Soluzione

Lo ione isoelettronico di raggio maggiore è quello più negativo (O^{2-}) nel quale ci sono meno protoni nel nucleo con gli stessi elettroni. (Risposta C)

14. Sciogliendo 1,000 mol di un soluto A in acqua per ottenere 1,000 L di soluzione, si stabilisce l'equilibrio $\text{A} \rightarrow \text{B}$ per il quale $K_c = 0,80$. Le concentrazioni di A e di B all'equilibrio sono:

- $[\text{A}] = 0,56 \text{ M}$, $[\text{B}] = 0,44 \text{ M}$
- $[\text{A}] = 0,44 \text{ M}$, $[\text{B}] = 0,56 \text{ M}$
- $[\text{A}] = 0,50 \text{ M}$, $[\text{B}] = 0,50 \text{ M}$
- $[\text{A}] = 0,56 \text{ M}$, $[\text{B}] = 0,34 \text{ M}$

14. Soluzione

La reazione è: $\text{A} \rightarrow \text{B}$ $K_c = [\text{B}]/[\text{A}]$

Moli iniziali 1 0

Moli finali $1-x$ x $K_c = x/(1-x) = 0,8$ da cui: $x = 0,8 - 0,8x$ $1,8x = 0,8$ $x = 0,44 \text{ M}$
 $[\text{B}] = 0,44 \text{ M}$ quindi: $[\text{A}] = 1 - 0,44 = 0,56 \text{ M}$. (Risposta A)

15. Nel passaggio di stato liquido-vapore, a pressione costante e $T = T_{\text{eb}}$, la variazione di energia ΔH di una sostanza pura:

- è uguale al lavoro di espansione: $-P(V_{\text{vap}} - V_{\text{liq}})$
- coincide con il ΔH di vaporizzazione
- coincide col calore latente di vaporizzazione, detratto il lavoro di espansione
- è uguale a zero, essendo il processo isoterma: $Q = n c_p \Delta T$

15. Soluzione

Dalla definizione di entalpia: $H = U + PV$ a P e T costanti, si ottiene $dH = dU + PdV$ dove $dU = dQ - PdV$
 Quindi $dH = dQ - PdV + PdV$ $dH = dQ$ cioè $\Delta H = \Delta Q = \Delta H$ di vaporizzazione. (Risposta B)

16. Il metodo di Gran viene usato in analisi per:

- rendere più preciso il risultato
- rendere più accurato il risultato
- colorare le proteine dopo elettrolisi
- misurare la velocità di diffusione dei gas

16. Soluzione

Il metodo di Gran è un metodo grafico per analizzare i dati sperimentali di una titolazione o di una titolazione potenziometrica trasformando le curve di titolazione in rette in modo da individuare con più precisione il punto di equivalenza. Era usato prima dell'avvento del computer quando i dati sperimentali dovevano essere elaborati manualmente. Non consente di avvicinarsi di più al valore vero se c'è un errore sistematico. (Risposta A?)

17. I feromoni sono composti o miscele di due o più sostanze usati dai membri di una specie animale:

- per comunicare con altri membri della stessa specie
- per fecondare altri membri della stessa specie
- per comunicare con membri di una specie diversa
- per difendersi da membri di una specie diversa

17. Soluzione

I feromoni sono sostanze organiche volatili rilasciate in minima parte nell'ambiente per comunicare a distanza con membri della stessa specie, per esempio, per attirare un partner dell'altro sesso. (Risposta A)

18. Il sorbitolo viene usato per preparare molte caramelle prive di saccarosio perché:

- A) è uno zucchero più dolce del saccarosio
- B) è un polialcol che non promuove la carie perché non viene metabolizzato
- C) è uno zucchero che non promuove la carie perché non viene metabolizzato
- D) è una sostanza che fornisce calorie negative

18. Soluzione

Il sorbitolo è un polialcol che si ottiene riducendo ad alcol l'aldeide del glucosio. Il sorbitolo ha un sapore dolce come il glucosio, ma non viene metabolizzato e quindi non aggiunge calorie alla dieta. Non essendo metabolizzato nemmeno dai batteri della carie, è un dolcificante innocuo per i denti. (Risposta B)

19. Il principio di Avogadro applicato ai gas ideali:

- A) stabilisce una relazione tra pressione e numero di molecole
- B) descrive un rapporto tra la loro massa molare e la loro pressione parziale
- C) stabilisce una relazione tra volume e numero di molecole
- D) indica una relazione tra volume e costante di Avogadro

19. Soluzione

Il principio di Avogadro stabilisce che, a parità di pressione e temperatura, volumi uguali di un qualsiasi gas contengono lo stesso numero di molecole: $n = V(P/RT)$. (Risposta C)

20. Indicare l'acido che in soluzione acquosa presenta la base coniugata più forte:

- A) H_2SO_4
- B) HCl
- C) H_2O
- D) CH_3COOH

20. Soluzione

L'acido più debole (H_2O) forma la base coniugata più forte (OH^-). (Risposta C)

21. Indicare in quale delle seguenti reazioni chimiche, un aumento della pressione fa aumentare la quantità dei prodotti all'equilibrio:

- A) $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$
- B) $4 HCl(g) + O_2(g) \rightarrow 2 H_2O(g) + 2 Cl_2(g)$
- C) $3 Fe(s) + 4 H_2O(g) \rightarrow Fe_3O_4(s) + 4 H_2(g)$
- D) $NH_4Cl(g) \rightarrow NH_3(g) + HCl(g)$

21. Soluzione

Per il principio dell'equilibrio mobile, aumentando la pressione, l'equilibrio si sposta più a destra se, verso destra, la pressione diminuisce, cioè se la reazione fa diminuire il numero di molecole gassose.

Nella reazione A si formano nuove molecole gassose (No).

Nella reazione B da 5 molecole gassose se ne formano 4 (Ok).

Nella reazione C da 4 molecole gassose se ne formano 4 (No).

Nella reazione D da 1 molecola gassosa se ne formano 2 (No). (Risposta B)

22. Per scissione idrolitica progressiva dell'amido si ottengono molecole di:

- A) fruttosio e glucosio
- B) α -glucosio
- C) saccarosio
- D) α -glucosio e β -glucosio

22. Soluzione

L'amido è formato da catene di molecole D-glucosio legate con legame α -1,4, quindi l'amido è un polimero dell' α -D-glucosio, ma, quando lo si idrolizza, l' α -D-glucosio che si libera subisce in breve tempo la reazione di mutarotazione formando una miscela di α e β -D-glucosio. (Risposta D)

23. Indicare tra i seguenti fertilizzanti quello che contiene azoto con maggiore percentuale in massa:

- A) $(NH_4)_2SO_4$
- B) NH_4NO_3
- C) NH_2CONH_2
- D) NH_4Cl

23. Soluzione

Mettiamo in evidenza due atomi di azoto in tutti i composti. La molecola A è $N_2(H_8SO_4)$.

La molecola B è $N_2(H_4O_3)$. La molecola C è $N_2(H_4CO)$. La molecola D è $N_2(H_8Cl_2)$.

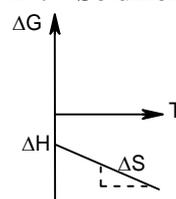
Senza fare calcoli, si vede che la molecola con atomi più leggeri accanto a N_2 è l'urea C. (Risposta C)

24. Indicare quale delle seguenti coppie di relazioni caratterizza con certezza una reazione spontanea:

- A) $\Delta H < 0$; $\Delta S < 0$
 B) $\Delta H > 0$; $\Delta S > 0$
 C) $\Delta G < 0$; $\Delta S < 0$
 D) $\Delta G > 0$; $\Delta S > 0$

24. Soluzione

ΔG ↑ Una reazione è spontanea, a P e T costanti, se ha $\Delta G < 0$. (Risposta C)
 Quindi è spontanea se $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$
 La reazione è sicuramente spontanea se ΔH e $-T\Delta S$ sono entrambi negativi.
 Quindi dobbiamo avere $\Delta H < 0$ e $\Delta S > 0$. (A e B errate)
 Questo lo si vede meglio nel grafico qui a fianco ΔG contro T della retta: $\Delta G = -T\Delta S + \Delta H$



25. Per ossidare una lamina di Ag ad Ag^+ (aq) si può usare:

- A) HCl in soluzione acquosa 1 M B) H_2SO_4 in soluzione acquosa 2M
 C) H_3PO_4 in soluzione acquosa 1 M D) FeCl_3 in soluzione acquosa 1 M

25. Soluzione

La sola specie ossidante (oltre ad H^+ che non è sufficiente) è FeCl_3 che ha $E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ V}$ non lontano dal potenziale dell'argento 0,80 V. Il potenziale del FeCl_3 1M è: $E_{\text{Fe}} = 0,77 + 0,059 \log 1 = 0,77 \text{ V}$

La lamina d'argento si ossida fino a formare in soluzione una concentrazione $[\text{Ag}^+] = x$ tale che: $E_{\text{Ag}} = E_{\text{Fe}}$
 $E_{\text{Ag}} = 0,80 + 0,059 \log x = 0,77$ da cui $\log x = -0,03/0,059 = -0,508$ quindi: $x = 0,3 \text{ M}$. (Risposta D)

26. Indicare quale concentrazione molare si avvicina maggiormente a quella massima di una soluzione di acido cloridrico liberamente commerciabile (15%):

- A) 1/60 mol/L B) 1/6 mol/L C) 1 mol/L D) 6 mol/L

26. Soluzione

Ricordando che l'HCl concentrato di laboratorio è 37% ed è 12 M, l'HCl 15% è poco meno di 6 M. (Risposta D)

27. Il glicerolo-trinitrato è un liquido:

- A) usato in medicina come vasodilatatore per trattare l'angina
 B) usato in agricoltura quale composto azotato
 C) in agricoltura quale diserbante del riso
 D) che a contatto con la farina fossile diventa esplosivo (dinamite)

27. Soluzione

Il glicerolo-trinitrato, anche noto come nitroglicerina, è una sostanza instabile ed esplosiva che viene stabilizzata con farina fossile per confezionare la dinamite. E' usato anche in medicina perchè è un farmaco salvavita in caso di infarto o di angina. Una piccola dose di nitroglicerina, posta sotto la lingua, si decompone lentamente liberando ossido nitrico (NO) che poi diffonde fino alle cellule muscolari che circondano i vasi sanguigni e ne provoca il rilassamento. Questo produce una vasodilatazione che migliora il flusso sanguigno. (Risposta A)

28. In analisi il metodo della regressione è usato per:

- A) ottenere la retta migliore di dati di assorbanza
 B) ottenere il miglior valore della media dei dati di assorbività molare
 C) qualsiasi serie di dati bidimensionale
 D) serie di dati anche non lineari

28. Soluzione

La tecnica della regressione serve per individuare una retta in un insieme di dati che dovrebbero avere una dipendenza lineare in un grafico ed è anche chiamata interpolazione lineare. Usa la tecnica dei minimi quadrati per minimizzare lo scostamento della retta dai punti sperimentali. La parola stessa, regressione, significa ritorno al valore medio. L'interpolazione non lineare è al di fuori delle tecniche utili in laboratorio. La risposta A è errata perchè è vincolata alla sola assorbanza. La risposta B non ha senso. Le risposte C e D sono errate perchè si riferiscono ad andamenti non lineari. (Risposta X?)

29. Il plasma del sangue umano ha una pressione osmotica pari a 7,73 bar alla temperatura di 37,0 °C. Indicare quale quantità chimica di glucosio (C₆H₁₂O₆) bisogna sciogliere in acqua per preparare 0,250 L di soluzione isotonica con il plasma:

- A) 13,5 g B) 0,075 mol C) 27 g D) 7,5 · 10⁻³ mol

29. Soluzione

La quantità chimica si esprime in moli, quindi A e C sono errate.

La pressione osmotica obbedisce alla legge dei gas: $PV = nRT$ da cui $n = PV/RT$

(7,73 bar = 7,73/1,013 = 7,63 atm) $n = (7,63 \cdot 0,25)/(0,0821 \cdot 310) = 0,075$ mol.

(Risposta B)

30. Se una miscela di due componenti risulta poco separata in gascromatografia, per migliorare la separazione si può:

- A) cambiare il detector B) aumentare la temperatura della colonna
C) cambiare la fase mobile D) cambiare la fase stazionaria

30. Soluzione

Aumentare la temperatura accelera i tempi dell'analisi, ma peggiora la separazione dei picchi (B errata).

La fase mobile è un gas inerte e non influenza la separazione dei picchi (C errata).

Una fase stazionaria più affine alle molecole da separare le trattiene di più e migliora la separazione. (Risposta D)

31. I salumi vengono addizionati di NaCl e KNO₃ per una buona conservazione perché:

- A) tali sali aumentano la pressione osmotica e sottraggono acqua
B) NaCl sottrae acqua e KNO₃ mantiene l'ambiente ossidante
C) NaCl sottrae acqua e KNO₃ riducendosi impedisce la formazione di alcune tossine
D) tali sali disidratando ed ossidando distruggono eventuali virus

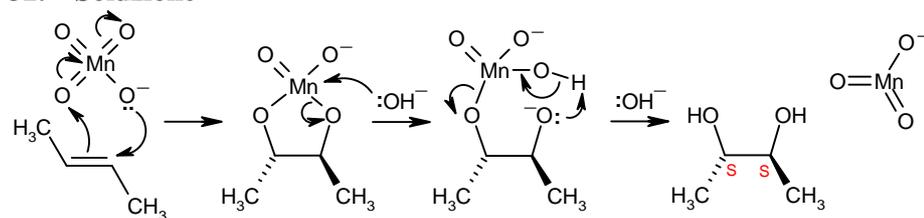
31. Soluzione

NaCl sottrae acqua e KNO₃ è un ossidante che impedisce lo sviluppo di batteri anaerobi alcuni dei quali possono produrre tossine molto pericolose. Inoltre mantiene il ferro-eme nello stato ossidato, Fe³⁺, conservando il colore rosso chiaro delle carni. (Risposta C)

32. Per reazione di una mole di trans-2-butene con permanganato diluito neutro si ottengono:

- A) 2 mol di aldeide acetica
B) 2 mol di acido acetico
C) 1 mol di (2R,3R)-2,3-butandiolo e 1 mol di (2S,3S)-2,3-butandiolo
D) 1 mol di (2S,3R)-2,3-butandiolo e 1 mol di (2R,3S)-2,3-butandiolo

32. Soluzione



La stereochimica del diolo finale si può prevedere considerando che l'alchene è trans, mentre l'addizione è cis, quindi ci aspettiamo un diolo con centri non simmetrici (R,R e S,S) piuttosto che simmetrici (R,S e

S,R). Disegnando il meccanismo di reazione, si vede che un attacco da sopra ha prodotto il diolo (S,S), un attacco da sotto il piano molecolare avrebbe prodotto l'altro isomero (R,R). (Risposta C)

33. E' vero che i gas nobili:

- A) sono usati in molte applicazioni industriali B) reagiscono velocemente a caldo con i metalli fusi
C) sono sempre chimicamente inerti D) formano composti stabili nelle lampade alogene

33. Soluzione

I gas nobili sono molto poco reattivi avendo l'ottetto completo, ma non sono inerti chimicamente (B, C, D errate). Resta solo la risposta A. I gas nobili sono usati nelle lampade alogene perchè catturano il metallo vaporizzato dal filamento caldo e lo fanno tornare al filamento oppure sono usati all'interno dei doppi vetri delle finestre per limitare la conducibilità termica perchè sono gas di molecole pesanti e quindi lente. (Risposta A)

34. Nella relazione del reticolo di diffrazione: $n \sin \alpha = k \lambda$ k indica:
- A) il numero d'ordine di una armonica nella frangia di interferenza
 B) il numero d'ordine di una armonica nella frangia di diffrazione
 C) il rapporto intero $k = R/n$
 D) un numero frazionario o intero, indifferentemente

34. Soluzione

Quando le radiazioni di una certa lunghezza d'onda λ colpiscono un reticolo e poi emergono dai vari punti di questo, si sovrappongono perfettamente sono per un certo angolo α , mentre per angoli diversi si hanno interazioni distruttive che cancellano la radiazione. La corrispondenza di massimi e minimi delle onde per un certo angolo si ottiene anche con lunghezze d'onda multiple di λ (2λ , 3λ , ... $k\lambda$) che vengono chiamate armoniche. (Risposta B)

35. La massa molare (M) è una variabile:
- A) di stato B) di processo C) intensiva D) estensiva

35. Soluzione

La massa molare è una grandezza intensiva, infatti dipende dal tipo di sostanza e non dalla quantità. (Risposta C)

36. Il bicarbonato sodico viene usato come antiacido domestico in quanto agisce con una azione:
- A) basica, producendo acido carbonico ed anidride carbonica
 B) tamponante perché il bicarbonato è un tamponante anfotero
 C) acida, che produce un acido più debole dell'HCl dello stomaco
 D) redox che forma CO_2

36. Soluzione

Il bicarbonato si comporta da base nei confronti di un acido:



37. Indicare tra i seguenti indicatori quello più adatto per titolare una soluzione acquosa di acido fosforico (0,1 M) con una soluzione di idrossido di sodio (0,1 M): ($\text{pK}_{a1} = 2,1$; $\text{pK}_{a2} = 7,2$; $\text{pK}_{a3} = 12,4$)
- A) blu di bromotimolo (pH di viraggio 6,0-7,6)
 B) rosso di metile (pH di viraggio 4,4-6,2)
 C) rosso fenolo (pH di viraggio 6,8-8,4)
 D) giallo alizarina (pH di viraggio 10,1-12,0)

37. Soluzione

NaOH 0,1 M ha pH 13, quindi può titolare solo i primi due H^+ di H_3PO_4 che hanno pK_a 2,1 e 7,2.

La titolazione è conclusa 2 unità di pH oltre il pK_a , quindi, nei due casi, a pH 4,1 e 9,2.

Si può usare rosso metile che arresta la titolazione a pH 5 (due unità di pH prima del secondo pK_a 7,2).

Oppure fenolftaleina che arresta la titolazione a pH 9,5, ma non è tra gli indicatori del problema. Giallo alizarina arresta la titolazione a pH 11,5 un po' troppo avanti anche per il pH prodotto da NaOH 0,1 M. (Risposta B)

38. La posizione dell'equilibrio di dissociazione del pentacloruro di fosforo:



NON varia con l'aggiunta di:

- A) elio gassoso a pressione totale costante B) elio gassoso a volume totale costante
 C) cloro gassoso a pressione costante D) pentacloruro di fosforo a pressione totale costante

38. Soluzione

Alla pressione iniziale si ha: $K = \frac{p_{\text{PCl}_3} p_{\text{Cl}_2}}{p_{\text{PCl}_5}}$ Se aggiungiamo elio a P costante il volume aumenta e le pressioni parziali diminuiscono. Supponiamo che le pressioni dimezzino, il quoziente di reazione Q diventa:

$Q = \frac{(p_{\text{PCl}_3}/2) (p_{\text{Cl}_2}/2)}{(p_{\text{PCl}_5}/2)} = K/2$ Non siamo più in equilibrio e la reazione si sposta a destra (A errata).

Se aggiungiamo elio a V costante, le pressioni parziali non cambiano: $Q = K$ L'equilibrio non cambia (B ok).

La posizione dell'equilibrio di dissociazione di PCl_5 dipende dal rapporto $\text{PCl}_3/\text{PCl}_5$. Quindi, se aggiungiamo Cl_2 si consuma PCl_3 e si forma PCl_5 : la dissociazione regredisce (C errata). Infine, se aggiungiamo PCl_5 a pressione costante, aumenta il volume insieme al numero di moli. Una volta raggiunto l'equilibrio, le concentrazioni e le pressioni parziali restano uguali, il grado di dissociazione non cambia (D ok). (Risposta BD?)

39. La costante di equilibrio K, in una generica reazione, dipende:

- A) dalla temperatura e dall'attività
 B) solo dalla temperatura
 C) dalla molarità di reagenti e prodotti o dalla loro attività
 D) dalla pressione parziale di reagenti e prodotti

39. Soluzione

La K di equilibrio non dipende dalle attività, ma è definita in funzione delle attività, poi queste si possono approssimare con le concentrazioni o le pressioni parziali. La K di equilibrio dipende solo dalla temperatura infatti vale: $\Delta G^\circ = -RT \ln K$ quindi: $\ln K = -\Delta G^\circ/RT$ dove l'unica variabile è T. (Risposta B)

40. Indicare l'alogenuro che reagisce più velocemente con AgNO_3 in soluzione alcolica:

- A) $\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ B) $\text{CH}_3\text{CHClCH}_2\text{CH}_3$ C) $(\text{CH}_3)_2\text{CClCH}_3$ D) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{Cl}$

40. Soluzione

AgNO_3 può precipitare come AgCl reagendo con un alogenuro alchilico che possa perdere Cl^- e formare un carbocatione stabile. Gli alogenuri del problema sono nell'ordine: 1°, 2°, 3°, allilico. Tra questi, quello che forma il carbocatione più stabile è quello allilico. (Risposta D)

41. Durante la distillazione del contenuto liquido di un pallone, la temperatura:

- A) rimane sicuramente costante B) varia da un minimo ad un massimo
 C) varia da un massimo ad un minimo D) di ebollizione è diversa da quella di condensazione

41. Soluzione

Se il liquido nel pallone è formato da due componenti con diversa tensione di vapore e diverso punto di ebollizione, come per esempio la miscela acqua - etanolo, il vapore che si libera alla temperatura di ebollizione della miscela è più ricco nel componente più basso bollente, in questo caso etanolo, e quindi condensa ad una temperatura più bassa di quella a cui bolle la miscela nel pallone. Su questo fenomeno si basa la distillazione frazionata che fa salire i vapori ricchi del componente basso bollente in una colonna di distillazione con temperature via via decrescenti. Quando il vapore arriva nel punto della colonna dove trova la sua temperatura di condensazione, condensa sulla pareti della colonna. (Risposta D)

42. Tra le seguenti soluzioni acquose di H_2SO_4 individuare quella avente concentrazione 1,00 M ($d = 1,05 \text{ g mL}^{-1}$) tenendo conto che l' H_2SO_4 usato è al 96% ($d = 1,84 \text{ g mL}^{-1}$).

- A) 5,55 mL di acido + 94,45 mL di acqua
 B) 5,55 mL di acido + 104,8 mL di acqua
 C) 9,8 g di acido + 96,2 g di acqua
 D) 10,1 mL di acido + 86,8 mL di acqua

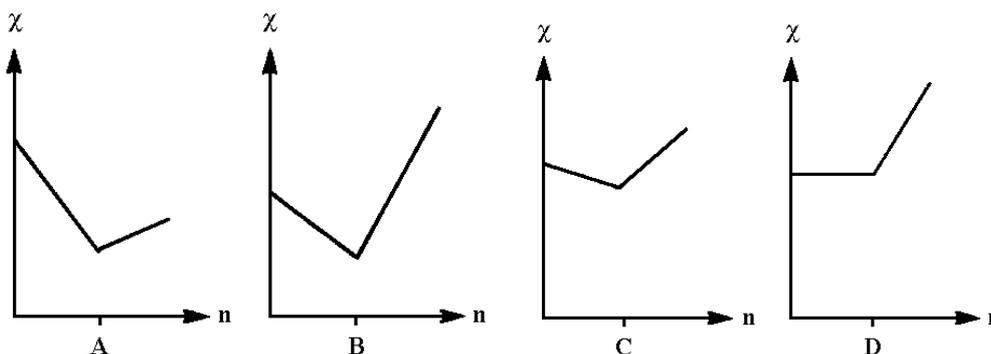
42. Soluzione

La massa molare di H_2SO_4 è: $2 + 32 + 64 = 98 \text{ g/mol}$. Le moli di H_2SO_4 in 1 mL 96 % sono: $1,84/98 = 18,8 \text{ mmol}$
 Le moli in 5,55 mL sono: $18,8 \cdot 5,55 = 0,10 \text{ mol}$ che si trovano in: $5,55 + 94,5 = 100 \text{ mL}$ di soluzione.

La concentrazione di questa è: $M = n/V = 0,10/0,1 = 1,0 \text{ M}$.

(Risposta A)

43. Indicare il grafico che corrisponde alla titolazione conduttometrica di una soluzione di NaBr (1,00 M) con AgNO_3 (0,0100 M): ($\Lambda^\circ_{\text{Na}^+} = 50 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$; $\Lambda^\circ_{\text{Br}^-} = 78,1 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$; $\Lambda^\circ_{\text{Ag}^+} = 62 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$; $\Lambda^\circ_{\text{NO}_3^-} = 71,4 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$):



43. Soluzione

La reazione è: $\text{NaBr} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgBr}_{(s)} + \text{NaNO}_3$

All'inizio in soluzione vi è NaBr quindi vi sono ioni Na^+ e Br^- . La conducibilità è: $50 + 78 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$

Durante la titolazione si aggiunge AgNO_3 che precipita come AgBr lasciando in soluzione la stessa concentrazione di ioni iniziale, dato che Br^- è sostituito da NO_3^- . Al punto equivalente la conducibilità è: $50 + 71 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$ quindi è scesa leggermente rispetto all'inizio, di: $78 - 71 = 7 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$ (B e C).

Dopo il punto equivalente si continua ad aggiungere AgNO_3 che si dissocia sommando i suoi ioni a quelli presenti in soluzione. Dopo l'aggiunta di un altro equivalente la conducibilità aumenta di: $62 + 71 = 133 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$.

Sia in B che in C la conducibilità scende fino al punto equivalente e poi sale rapidamente. (Risposta BC?)

44. Indicare la coppia formata da ioni che in soluzione acquosa mostrano entrambi carattere neutro.

- A) K^+, Na^+ B) $\text{Fe}^{3+}, \text{NH}_4^+$ C) $\text{CH}_3\text{COO}^-, \text{CN}^-$ D) $\text{H}_3\text{O}^+, \text{Cl}^-$

44. Soluzione

K^+ e Na^+ sono entrambi neutri (A esatta). Fe^{3+} e NH_4^+ sono entrambi acidi (B errata). CH_3COO^- e CN^- sono entrambi basici (C errata). H_3O^+ e Cl^- sono il primo acido, il secondo neutro (D errata). (Risposta A)

45. Se si miscelano due gas ideali si ha:

- A) $\Delta T = 0$ $\Delta H = 0$ $S = nR(x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2)$ $\Delta G = nRT(x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2)$
 B) $\Delta T = 0$ $\Delta G = 0$ $\Delta S = -nR(x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2)$ $\Delta H = nRT(x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2)$
 C) $\Delta T = 0$ $\Delta H = 0$ $\Delta S = -nR(x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2)$ $\Delta G = nRT(x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2)$
 D) $\Delta T = 0$ $\Delta H = 0$ $\Delta S = nR(x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2)$ $\Delta G = -nRT(x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2)$

45. Soluzione

Mescolando due gas ideali: $\Delta T = 0$ e $\Delta H = 0$ (B errata). Si può calcolare la variazione di entropia ΔS (A errata).

La variazione di entropia è positiva perchè aumenta il disordine molecolare, quindi D è errata perchè la frazione molare x è inferiore a 1 quindi $\ln x$ è negativo mentre ΔS deve essere positivo.

Il ΔS di mescolamento è quindi: $\Delta S = -nR(x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2)$ e $\Delta G = -T\Delta S$. (Risposta C)

46. Il pH dell'acqua pura a 100°C vale:

- A) 7,00 B) 6,14 C) 5,60 D) 7,14

46. Soluzione

Dato che la dissociazione dell'acqua è endotermica, un aumento della temperatura da 25 a 100°C sposta l'equilibrio verso i prodotti, il prodotto ionico aumenta, aumenta $[\text{H}^+]$, diminuisce il pH, ma di poco. (Risposta B)

47. Se si raddoppia la temperatura, la costante cinetica di una reazione:

- A) aumenta di un fattore 2 B) aumenta di un fattore e^2
 C) aumenta di un fattore 2^e D) diminuisce di un fattore $\ln 2$

47. Soluzione

L'equazione di Arrhenius lega la k di velocità alla T : $k = A e^{-E/RT}$ da cui: $k/A = e^{-E/RT}$

Se T raddoppia si ottiene: $k'/A = e^{-E/2RT} = (e^{-E/RT})^{1/2}$ $k'/A = (k/A)^{1/2}$ $k' = (kA)^{1/2}$ (nessuna delle risposte)

Dato che k è minore di A (velocità massima) la nuova costante k' è aumentata (D errata) (A, B, C sono errate).

Nelle soluzioni ufficiali la risposta è B (aumenta di un fattore e^2), ma è palesemente errata.

Infatti si avrebbe: $k' = k e^2 = (A e^{-E/RT}) e^2$ da cui: $k' = (A e^{-E/RT + 2})$: non si ottiene $2T$. (Risposta X?)

48. Una reazione con $K = 10^8$ e $\Delta G = -10 \text{ kJ mol}^{-1}$:

- A) può avere rese basse e non evolvere spontaneamente verso l'equilibrio
 B) può avere rese elevate ed evolvere spontaneamente verso l'equilibrio
 C) ha rese basse e non evolve spontaneamente verso l'equilibrio
 D) ha rese elevate ed evolve spontaneamente verso l'equilibrio

48. Soluzione

Le risposte B e D sono simili, ma in D le rese elevate si danno per certe, mentre in B si possono avere rese elevate. Perchè una reazione proceda, deve essere favorita sia dalla termodinamica che dalla cinetica. Una reazione con ΔG favorevole come quella tra H_2 e O_2 in mancanza di un'innesco non avviene perchè è troppo lenta, ma può avvenire con rese molto alte se viene iniziata da un calore sufficiente (una scintilla o una fiamma). (Risposta B)

49. Indicare il sale che dà una soluzione fortemente basica, secondo Bronsted, in acido acetico anidro.
 A) acetato di ammonio B) nitrato di bario C) solfato di sodio D) solfato acido di potassio

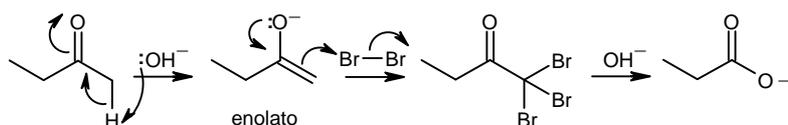
49. Soluzione

L'acetato di ammonio in soluzione acquosa mantiene il pH a 7 perchè il pK_a dello ione ammonio è 9,2, il pK_a dell'acido acetico è 4,8 e il pH realizzato dai due ioni insieme è la media tra i due pK_a : $(9,2 + 4,8)/2 = 7$.
 Mentre pH 7 in acqua è neutro, in acido acetico è basico. (Risposta A)

50. La reazione di bromurazione del butanone in ambiente basico:

- A) ha una velocità che dipende dalla concentrazione dell'alogeno
 B) il passaggio lento è la formazione di un enolato
 C) fornisce esattamente lo stesso prodotto della bromurazione in ambiente acido
 D) è del primo ordine cinetico

50. Soluzione



La bromurazione di un metilchetone in ambiente basico è la reazione aloformio e inizia con uno stadio lento di tautomeria cheto-enolica nel quale si forma un enolato. La cinetica è del 2° ordine: dipende dalle

concentrazioni del chetone e della base, ma non da quella del Br_2 che interviene nello stadio veloce. La bromurazione avviene tre volte sul C-1, il carbonio in alfa meno sostituito dove è più stabile la carica negativa che si forma strappando H^+ per formare l'enolato. Il tribromoderivato perde poi CBr_3^- per attacco di OH^- formando il carbossilato finale con un carbonio in meno. In ambiente acido, invece, la bromurazione avviene una sola volta sul C-3, cioè avviene sul carbonio in alfa più sostituito che forma l'enolo col doppio legame più stabile. (Risposta B)

51. Indicare tra le seguenti reazioni quella che avviene endotermicamente e con aumento di entropia.

- A) combustione del metano B) decomposizione del carbonato di calcio
 C) idrogenazione dell'etene D) sintesi dell'ammoniaca

51. Soluzione

La decomposizione del carbonato di calcio $CaCO_3(s) \rightarrow CO_2(g) + CaO(s)$ è endotermica, avviene solo ad alta temperatura e con aumento di entropia: CO_2 è un gas. (Risposta B)

52. Se ad una soluzione acquosa satura di CH_3COOAg (100 mL in equilibrio col corpo di fondo) si aggiunge una soluzione acquosa di $NaCl$ (50 mL, 1 M), si verifica la seguente trasformazione:

- A) precipitazione di acetato di argento e diminuzione della concentrazione dei due ioni
 B) solubilizzazione di acetato di argento e aumento della concentrazione di entrambi gli ioni
 C) solubilizzazione di acetato di argento
 D) precipitazione di $AgCl$ e solubilizzazione di acetato di argento

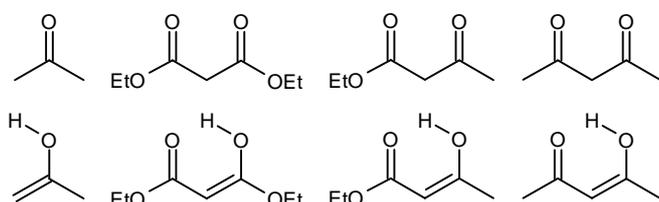
52. Soluzione

L'acetato di argento non è tra i sali poco solubili in tabella. La soluzione ne è comunque satura. Aggiungendo $NaCl$, l' Ag^+ precipita col Cl^- come $AgCl$. Essendo diminuita la concentrazione di Ag^+ , si può sciogliere un po' di acetato d'argento, inoltre, dato che nella soluzione aumenta la forza ionica, aumenta la K_{ps} apparente dell'acetato di argento e aumenta anche la sua solubilità. (Risposta D)

53. Indicare quale dei seguenti composti esiste prevalentemente in forma enolica.

- A) CH_3COCH_3 B) $CH_2(COOC_2H_5)_2$ C) $CH_3COCH_2COOC_2H_5$ D) $CH_3COCH_2COCH_3$

53. Soluzione



La specie che esiste prevalentemente in forma enolica è l'acetilacetone (D) nel quale vi è la più forte stabilizzazione per risonanza. Infatti, non solo ha due carbonili che stabilizzano per risonanza uno l'enolo dell'altro, ma entrambi i suoi carbonili sono dedicati solo a questa risonanza, mentre in B e C almeno un carbonile è in risonanza anche con l'ossigeno dell'estere. (Risposta D)

54. Indicare il composto che si scioglie in acqua endotermicamente e con aumento di entropia.

- A) NH_4NO_3
 B) H_2SO_4
 C) NaOH
 D) MgSO_4

54. Soluzione

Tutti si sciolgono con aumento di entropia, ma NH_4NO_3 fa anche raffreddare la soluzione. (Risposta A)

55. Una soluzione di AgNO_3 (100 mL; 0,200 M) viene elettrolizzata con una corrente di intensità costante (1,00 A) per 1200 s; indicare la concentrazione molare di AgNO_3 alla fine dell'elettrolisi.

- A) 0,020 M
 B) 0,084 M
 C) 0,100 M
 D) 0,076 M

55. Soluzione

Entrambi gli ioni di questo sale possono ridursi: $E^\circ_{\text{Ag}^+} = 0,80 \text{ V}$; $E^\circ_{\text{NO}_3^-} = 0,94 \text{ V}$.

Però la reazione di riduzione di NO_3^- è condizionata dal pH: $\text{NO}_3^- (\text{aq}) + 2 \text{H}^+ (\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$

Dopo che 1/10000 di NO_3^- ha reagito il suo potenziale è: $E = 0,94 + (0,059/2) \log (0,2 \cdot 10^{-14})/0,00002 = 0,64 \text{ V}$.

L'elettrolisi riduce la specie col potenziale maggiore quindi si riduce Ag^+ : $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$

La quantità di corrente usata è: $Q = I t = 1,00 \cdot 1200 = 1200 \text{ Coulomb}$.

Le moli di elettroni sono: $n = Q/F = 1200/96485 = 0,0124 \text{ mol}$ che corrispondono alle moli di Ag^+ ridotte.

Le moli iniziali di Ag^+ in 100 mL erano: $n = M V = 0,200 \cdot 0,1 = 0,020 \text{ mol}$

Le moli di Ag^+ rimaste in 100 mL dopo la riduzione sono: $0,020 - 0,0124 = 0,0076 \text{ mol}$.

La concentrazione di AgNO_3 è: $M = n/V = 0,0076/0,1 = 0,076 \text{ M}$.

(Risposta D)

56. La costante del prodotto di solubilità del cromato d'argento(I) è $K_{\text{ps}} = 10^{-12}$ e quella del bromuro d'argento(I), è $K_{\text{ps}} = 10^{-13}$, a 298 K. Indicare la concentrazione molare dello ione argento(I) in una soluzione satura sia di cromato di argento che di bromuro di argento alla stessa temperatura:

- A) $1,0 \cdot 10^{-6,5} \text{ M}$
 B) $2,5 \cdot 10^{-8} \text{ M}$
 C) $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ M}$
 D) $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ M}$

56. Soluzione

Le due reazioni sono: $\text{AgCrO}_4 \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{CrO}_4^-$ $[\text{Ag}^+][\text{CrO}_4^-] = 10^{-12}$

$\text{AgBr} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{Br}^-$ $[\text{Ag}^+][\text{Br}^-] = 10^{-13}$ $[\text{Ag}^+] = 10^{-13}/[\text{Br}^-]$

Sostituendo nella prima equazione: $(10^{-13}/[\text{Br}^-]) [\text{CrO}_4^-] = 10^{-12}$ $[\text{CrO}_4^-]/[\text{Br}^-] = 10^{-12}/10^{-13} = 10$

Quindi: $[\text{CrO}_4^-] = 10 [\text{Br}^-]$ Inoltre, per il bilanciamento della carica: $[\text{Ag}^+] = [\text{CrO}_4^-] + [\text{Br}^-]$

Ponendo $[\text{Br}^-] = x$ si ottiene: $[\text{CrO}_4^-] = 10x$ e $[\text{Ag}^+] = 10x + x = 11x$

Sostituendo nella $[\text{Ag}^+][\text{CrO}_4^-] = 10^{-12}$ si ottiene: $11x \cdot 10x = 10^{-12}$ $x^2 = 10^{-12}/110 = 9,091 \cdot 10^{-15}$

Quindi: $x = 9,535 \cdot 10^{-8}$ da cui: $[\text{Ag}^+] = 11x = 11 \cdot 9,535 \cdot 10^{-8} = 1,05 \cdot 10^{-6} \text{ M}$. (Risposta C)

57. Se si scioglie acido benzoico nella canfora se ne abbassa la temperatura di fusione. Perché:

- A) la frazione molare della canfora nella soluzione è diminuita
 B) le molecole di acido benzoico disturbano la formazione del reticolo cristallino della canfora
 C) le molecole di canfora si legano alle molecole di acido benzoico e la quantità di sostanza diminuisce
 D) la temperatura di fusione di tutte le soluzioni acide diminuisce rispetto a quella di un solvente neutro

57. Soluzione

L'affermazione A è esatta, infatti la presenza di un soluto abbassa frazione molare e quindi la tensione di vapore del solvente e così il punto di fusione si trova a temperature inferiori perchè la canfora solida ha una tensione di vapore inferiore a T inferiori (al punto di fusione il solido puro e la soluzione liquida sono in equilibrio e hanno la stessa tensione di vapore). Il fenomeno è noto come abbassamento crioscopico.

L'affermazione B è esatta, infatti, le molecole di acido benzoico trattengono le molecole di canfora così queste si possono separare per solidificare solo ad una temperatura inferiore. Le due affermazioni non si contraddicono.

(Risposta AB?)

58. Sapendo che a 298 K il ΔG° di una reazione è uguale a -50 kJ, si può calcolare il valore di K.

- A) $8,7 \cdot 10^{-6}$
- B) $5,8 \cdot 10^{-8}$
- C) $5,8 \cdot 10^8$
- D) $1,74 \cdot 10^{-9}$

58. Soluzione

Dalla relazione: $\Delta G^\circ = -RT \ln K$ si ottiene: $\ln K = -\Delta G^\circ/RT$ $\ln K = 50000/8,314 \cdot 298 = 20,18$
 da cui: $K = 5,8 \cdot 10^8$. (Risposta C)

59. Indicare per quale dei seguenti solventi, al punto di neutralità di una reazione acido/base, si verifica la massima basicità della soluzione:

Solvente	Costante di autosolvolisi
A) ammoniacca	$1,0 \cdot 10^{-22}$
B) acido acetico	$1,0 \cdot 10^{-13}$
C) acqua	$1,0 \cdot 10^{-14}$
D) metanolo	$1,0 \cdot 10^{-17}$

59. Soluzione

La domanda non è ben chiara. Se si riferisce a quale solvente è più basico, la risposta è sicuramente l'ammoniaca. Se, invece, chiede in quale solvente, alla neutralità, il pH è maggiore allora bisogna fare qualche calcolo, ma, per fortuna, la risposta è la stessa.

Il valore più basso di autosolvolisi è quello di NH_3 : $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_2^- + \text{H}^+$ $[\text{NH}_2^-][\text{H}^+] = 10^{-22}$
 Alla neutralità: $[\text{NH}_2^-] = [\text{H}^+]$ sostituendo si ottiene: $[\text{H}^+] = 10^{-11}$ $\text{pH} = 11$. (Risposta A)

60. Indicare il potenziale elettrico E di un elettrodo normale a idrogeno ($T = 298$ K) immerso in una soluzione acquosa a $\text{pH} = 7,00$.

- A) $7,00 \cdot 10^{-1}$ V
- B) $-0,059$ V
- C) $+0,413$ V
- D) $-0,413$ V

60. Soluzione

A $\text{pH} 7$ la concentrazione di H^+ è 10 milioni di volte inferiore rispetto a $\text{pH} 0$ quindi il potenziale deve essere inferiore a 0 V (A e C errate).

Il potenziale è: $E = E^\circ + 0,059 \log [\text{H}^+]$ $E = 0 - 0,059 \text{pH} = -0,413$ V. (Risposta D)

Soluzioni proposte da Mauro Tonellato