

## Giochi della Chimica 2014

### Fase nazionale – Classe C

1. Una miscela gassosa di etano e propano occupa un volume di  $100 \text{ dm}^3$  alle vecchie condizioni normali ( $298,15 \text{ K}$  e  $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ). La miscela è bruciata completamente in eccesso di ossigeno ( $675 \text{ dm}^3$  alle stesse condizioni). Dopo la reazione si osserva che i gas residui occupano  $500 \text{ dm}^3$  (alle stesse condizioni). Determinare la composizione in volume della miscela iniziale di etano e propano.

- A) etano = 50,0% propano = 50,0%  
 B) etano = 25,0% propano = 75,0%  
 C) etano = 75,0% propano = 25,0%  
 D) etano = 100% propano = 0%

2. Utilizzando un cromatografo ionico con una colonna solfonata in forma acida e  $\text{HCl}$   $0,05 \text{ M}$  come fase mobile, stabilire l'ordine di eluizione di  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$  in un'acqua potabile.

- A)  $\text{K}^+$   $\text{Na}^+$   $\text{Li}^+$   $\text{Mg}^{2+}$   
 B)  $\text{Mg}^{2+}$   $\text{K}^+$   $\text{Na}^+$   $\text{Li}^+$   
 C)  $\text{Li}^+$   $\text{Na}^+$   $\text{K}^+$   $\text{Mg}^{2+}$   
 D)  $\text{Na}^+$   $\text{K}^+$   $\text{Li}^+$   $\text{Mg}^{2+}$

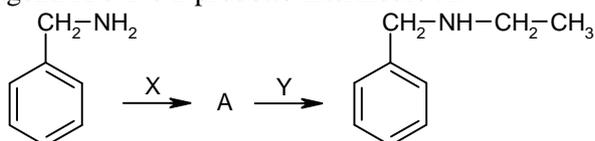
3. Per la reazione  $\text{A} \rightarrow \text{B}$  a  $T = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$ , si ha:  $\Delta H^\circ = -23,99 \text{ kcal/mol}$ ,  $\Delta G^\circ = -3,00 \text{ kcal/mol}$ . Assumendo che  $\Delta H^\circ$  e  $\Delta S^\circ$  rimangano costanti nell'intervallo di temperatura considerato, calcolare la costante di equilibrio a  $T = 50,0 \text{ }^\circ\text{C}$ :

- A) 5,1  
 B) 6,9  
 C) 158,2  
 D) 79,3

4. Calcolare quanti grammi di acqua si possono ottenere dalla decomposizione di  $0,100 \text{ g}$  di  $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$ .

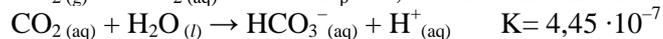
- A) 0,00881 g  
 B) 0,0532 g  
 C) 0,0189 g  
 D) 0,0243 g

5. Nella seguente sequenza di reazioni, indicare i reagenti X e Y e il prodotto intermedio A.



- A) X = formaldeide; A = un'amminoalcol;  
 Y =  $\text{NaBH}_4$   
 B) X = acido acetico; A = un'ammide;  
 Y =  $12 \text{ M HCl}$   
 C) X = acetaldeide; A = un'immina;  
 Y =  $\text{H}_2/\text{Pt}$  (1 atm)  
 D) X = acetone; A = un'amminale;  
 Y =  $\text{H}_3\text{PO}_4$  a caldo

6. Calcolare il pH di un'acqua saturata con aria [con un contenuto di  $\text{CO}_2(\text{g})$  di  $0,035\%$  (v/v)] alle vecchie condizioni normali ( $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  e  $298,15 \text{ K}$ ), sapendo che:

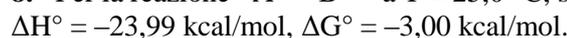


- A) 6,5  
 B) 5,6  
 C) 4,9  
 D) 7,2

7. Gli ioni dei metalli di transizione sono spesso colorati in soluzione acquosa:

- A) perché i raggi ionici sono compresi tra 140 e 210 pm  
 B) perché sono idratati solo debolmente  
 C) perché presentano orbitali d semipieni  
 D) nessuna delle tre

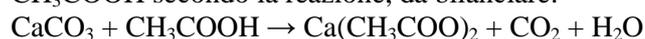
8. Per la reazione  $\text{A} \rightarrow \text{B}$  a  $T = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$ , si ha:



Assumendo che  $\Delta H^\circ$  e  $\Delta S^\circ$  rimangano costanti nell'intervallo di temperatura considerato, calcolare, se la concentrazione iniziale di B è nulla, la percentuale di conversione di A in B a  $T = 50,0 \text{ }^\circ\text{C}$ :

- A) 87,3  
 B) 79,1  
 C) 67,2  
 D) 98,3

9.  $3,00 \text{ g}$  di  $\text{CaCO}_3$  reagiscono con un eccesso di  $\text{CH}_3\text{COOH}$  secondo la reazione, da bilanciare:



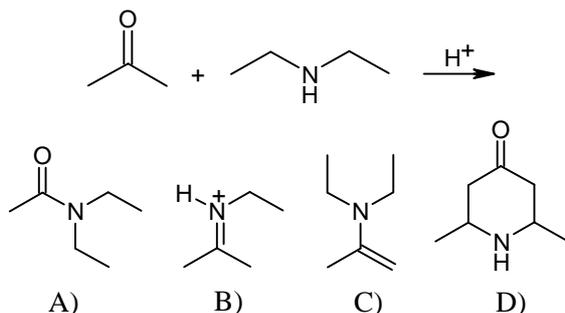
Se tutto il carbonato viene consumato nella reazione, calcolare quanta  $\text{CO}_2$  e  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  si formano:

- A)  $\text{CO}_2 = 1,32 \text{ g}$ ;  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 = 4,74 \text{ g}$   
 B)  $\text{CO}_2 = 4,74 \text{ g}$ ;  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 = 1,32 \text{ g}$   
 C)  $\text{CO}_2 = 4,74 \text{ g}$ ;  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 = 4,74 \text{ g}$   
 D)  $\text{CO}_2 = 1,32 \text{ g}$ ;  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 = 2,64 \text{ g}$

10. Calcolare la concentrazione molare di una soluzione di  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  sapendo che  $23,5 \text{ mL}$  sono titolati con  $12,0 \text{ mL}$  di  $\text{HCl}$   $0,120 \text{ M}$ , utilizzando come indicatore fenolftaleina.

- A) 0,089  
 B) 0,183  
 C) 0,061  
 D) 0,122

11. Indicare quale composto si forma dalla seguente reazione:



12. Per una reazione di ordine zero  $A \rightarrow B$ , la costante cinetica ha le dimensioni di:

- A) concentrazione  $\cdot$  tempo<sup>-1</sup>  
 B) tempo<sup>-1</sup>  
 C) concentrazione  
 D) concentrazione<sup>-1</sup>  $\cdot$  tempo<sup>-1</sup>

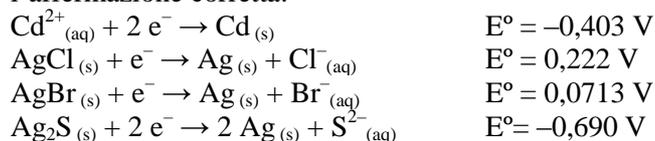
13. A 900 °C, la costante di equilibrio per la reazione:



è pari a 1,04 atm. In un recipiente dal volume di 1,00 L sono introdotti 0,55 g di carbonato di calcio, e la temperatura è portata a 900 °C. Calcolare la pressione finale dell'anidride carbonica nel recipiente:

- A) 1,040 atm  
 B) 0,529 atm  
 C) 0,265 atm  
 D) 0,0529 atm

14. Si aggiunga un eccesso di Cd metallico a una sospensione acida contenente  $\text{AgCl}(\text{s})$ ,  $\text{AgBr}(\text{s})$  e  $\text{Ag}_2\text{S}(\text{s})$ . Considerando le semireazioni elencate, selezionare l'affermazione corretta:



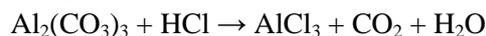
- A) si scioglie solo  $\text{AgCl}(\text{s})$   
 B) si scioglie  $\text{AgBr}(\text{s})$  e  $\text{Ag}_2\text{S}(\text{s})$   
 C) si scioglie solo  $\text{Ag}_2\text{S}(\text{s})$   
 D) si scioglie  $\text{AgCl}(\text{s})$  e  $\text{AgBr}(\text{s})$

15. Per un sistema in equilibrio termico, la probabilità  $p_i$  che la singola molecola si trovi nello stato  $i$ -esimo, di energia  $E_i$ , corrisponde a:

A)  $p_i = \frac{E_i}{kT}$       B)  $p_i = 1 - e^{-\frac{E_i}{kT}}$

C)  $p_i = \left( e^{-\frac{E_i}{kT}} \right)^{N_i}$       D)  $p_i = \frac{e^{-\frac{E_i}{kT}}}{\sum e^{-\frac{E_i}{kT}}}$

16. Un minerale impuro contiene  $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$ . Per reazione di 2,50 kg di minerale con un eccesso di HCl gassoso si ottengono 0,55 kg di  $\text{AlCl}_3$ , secondo la reazione da bilanciare:



Calcolare la % m/m di  $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$  presente nel minerale.

- A) 22,0%  
 B) 11,0%  
 C) 38,6%  
 D) 19,3%

17. Un estratto di tè è analizzato mediante HPLC, con rivelatore spettrofotometrico, con colonna di silice derivatizzata con gruppi C8 (ottile) e fase mobile tampone (pH 8)/acetonitrile (90:10 v/v). Il cromatogramma mostra la presenza di teofillina ( $K_a = 10^{-8,81}$ ), caffeina ( $K_a = 10^{-10,4}$ ) e teobromina ( $K_a = 10^{-7,89}$ ).

Indicare l'ordine di eluizione:

- A) teofillina, caffeina, teobromina  
 B) caffeina, teofillina, teobromina  
 C) teobromina, caffeina, teofillina  
 D) teobromina, teofillina, caffeina

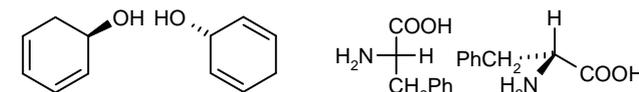
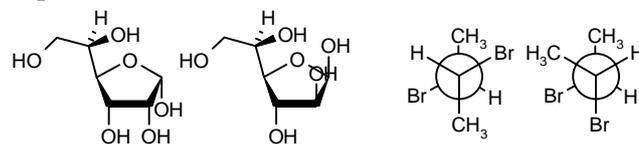
18. Indicare la lunghezza d'onda di un fotone con energia  $5,25 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ . Vel. della luce,  $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  costante di Planck,  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ .

- A)  $3,78 \cdot 10^{-7} \text{ m}$   
 B)  $2,64 \cdot 10^6 \text{ m}$   
 C)  $2,38 \cdot 10^{23} \text{ m}$   
 D)  $4,21 \cdot 10^{-24} \text{ m}$

19. Una soluzione di HClO 0,1 M e HCl 0,1 M viene titolata con NaOH 0,1M, usando metilarancio come indicatore. Quale delle seguenti affermazioni è esatta?

- A) si titola solo HCl  
 B) si titola solo HClO  
 C) si titola sia HCl che HClO  
 D) non si titola nessun acido

20. Analizzando le seguenti coppie di composti indicare quali delle relazioni di isomeria indicate nelle risposte (in maniera non ordinata) è corretta:

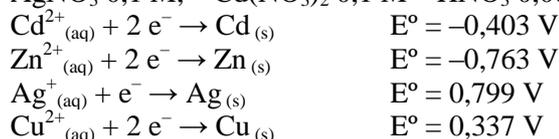


- A) isomeri costituzionali; diastereoisomeri; enantiomeri; isomeri conformazionali  
 B) stessa molecola; isomeri cis-trans; isomeri costituzionali; enantiomeri  
 C) diastereoisomeri; diastereoisomeri; isomeri costituzionali; enantiomeri  
 D) enantiomeri; isomeri conformazionali; diastereoisomeri; enantiomeri

21. L'assorbanza di un campione è 0,12. Qual è la sua trasmittanza?

- A) 0,76  
B) 1,32  
C) 1,13  
D) -0,12

22. Che cosa si osserva se si immerge una barretta di Cu<sub>(s)</sub> in una soluzione contenente: Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 0,1 M, AgNO<sub>3</sub> 0,1 M, Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 0,1 M HNO<sub>3</sub> 0,001 M?



- A) si deposita Ag<sub>(s)</sub>  
B) non si osserva nulla  
C) si deposita Zn<sub>(s)</sub>  
D) si deposita Cd<sub>(s)</sub>

23. Quale dei seguenti composti non dà condensazione aldolica?

- A) 2,2-dimetilbutanale  
B) acetofenone  
C) acetone  
D) decanale

24. La reazione  $\text{NO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NO}(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g})$  è del secondo ordine rispetto a NO<sub>2</sub> e la costante di velocità a 300 °C è 0,543 M<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>. Indicare il tempo di dimezzamento della reazione se la concentrazione iniziale di NO<sub>2</sub> è 0,450 M (alla stessa temperatura):

- A) 4,09 s  
B) 126 s  
C) 87 s  
D) 280 s

25. Una miscela di AgI e AgCl pesa 2,50 g. Sapendo che il contenuto di Ag nella miscela è 1,44 g, calcolare la composizione della miscela.

- A) AgI = 39,2%    AgCl = 60,8%  
B) AgI = 50,0%    AgCl = 50,0%  
C) AgI = 75,5%    AgCl = 24,5%  
D) AgI = 60,8%    AgCl = 39,2%

26. A quale velocità (m/s) si deve muovere un oggetto di massa 10,0 mg per avere una lunghezza d'onda di de Broglie di  $3,3 \cdot 10^{-31}$  m? (costante di Planck,  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  J s)

- A) 4,1  
B)  $1,9 \cdot 10^{-11}$   
C)  $2,0 \cdot 10^2$   
D)  $3,3 \cdot 10^{-42}$

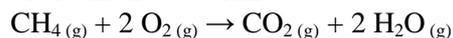
27. Il pH di una soluzione può essere determinato misurando la concentrazione della forma acida e della forma basica di un indicatore. Sapendo che il blu di bromotimolo ha un valore della K<sub>a</sub> di  $10^{-7,1}$ , determinare il pH di una soluzione in cui il rapporto [forma acida]/[forma basica] è 1,5.

- A) 10,2  
B) 7,90  
C) 6,90  
D) 5,80

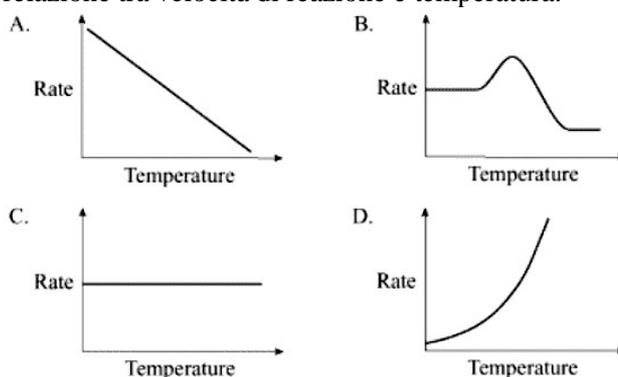
28. Quanti prodotti di diclorurazione del n-butano sono possibili? (considerando anche gli stereoisomeri).

- A) 16  
B) 11  
C) 12  
D) 10

29. Data la reazione esotermica



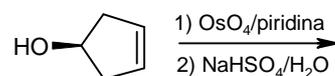
indicare quale dei seguenti diagrammi rappresenta la relazione tra velocità di reazione e temperatura.



30. Calcolare la massima quantità di miscela di cloruro di sodio e ioduro di sodio al 12,0% in sodio, che si può ottenere avendo a disposizione 10,0 g del primo e 20,0 g del secondo:

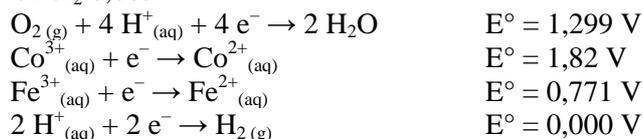
- A) 25,0 g  
B) 30,0 g  
C) 15,0 g  
D) non è possibile ottenere una miscela con questa percentuale

31. Indicare quale coppia rappresenta il prodotto della seguente reazione:



- A) +
- B) +
- C) +
- D) +

32. Cosa si verifica facendo gorgogliare aria in una soluzione contenente HCl 0,1 M, FeCl<sub>2</sub> 0,005 M e CoCl<sub>2</sub> 0,005 M?

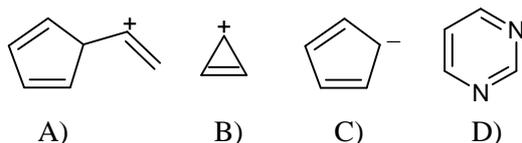


- A) si forma H<sub>2</sub>  
B) non succede nulla  
C) si forma Fe<sup>3+</sup>  
D) si forma Co<sup>3+</sup>

33. Il calore di combustione dell'acido benzoico a 298 K, misurato in una bomba calorimetrica, è -3227,2 kJ mol<sup>-1</sup>. Calcolare il ΔH di combustione a 298 K (considerare ideali i gas).

- A) -4502,3 kJ mol<sup>-1</sup>  
B) -3227,2 kJ mol<sup>-1</sup>  
C) -22,72 kJ mol<sup>-1</sup>  
D) -3228,4 kJ mol<sup>-1</sup>

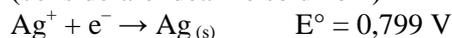
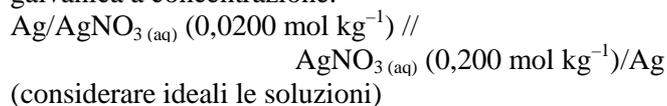
34. Indicare quale tra le seguenti specie NON è aromatica:



35. In base alla teoria VSEPR, indicare quale molecola presenta una geometria a T.

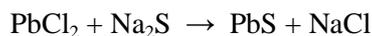
- A) BCl<sub>3</sub>  
B) NCl<sub>3</sub>  
C) PCl<sub>3</sub>  
D) ICl<sub>3</sub>

36. Calcolare il potenziale elettrico a 25 °C della cella galvanica a concentrazione:



- A) il potenziale è nullo  
B) 59,2 mV  
C) 29,5 mV  
D) 592 mV

37. Una soluzione acquosa contenente 1,80 g di PbCl<sub>2</sub> viene trattata con un eccesso di Na<sub>2</sub>S secondo la seguente reazione non bilanciata:



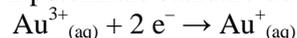
Si recuperano per filtrazione 1,00 g di PbS. Calcolare la resa percentuale della reazione:

- A) 25,0%  
B) 50,3%  
C) 64,6%  
D) 95,0%

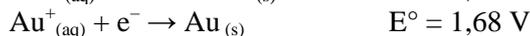
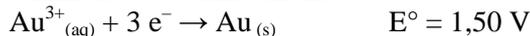
38. Quale delle seguenti condizioni è necessaria affinché si verifichi una collisione tra molecole efficace per una reazione chimica:

- I) orientazione favorevole delle molecole nell'urto  
II) energia cinetica sufficiente  
III) elevato ΔH di reazione  
A) condizione I  
B) condizioni I e II  
C) condizioni II e III  
D) le tre condizioni

39. Calcolare il potenziale standard della coppia

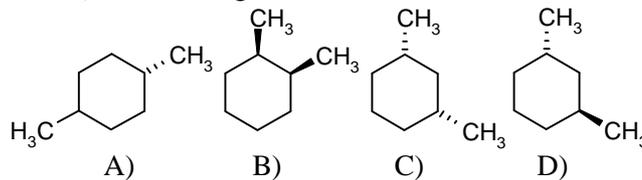


utilizzando le semireazioni



- A) 1,41 V  
B) 0,78 V  
C) -0,69 V  
D) 1,21 V

40. Quale tra le seguenti molecole è chirale?



41. Fra le seguenti molecole:

- I) metano  
II) acetone  
III) acqua  
IV) anidride carbonica  
quali hanno momento di dipolo permanente nullo?  
A) tutte  
B) metano e anidride carbonica  
C) solo il metano  
D) nessuna

42. In gascromatografia la risoluzione tra due

picchi si definisce come  $R = \frac{\sqrt{N}}{4}(\gamma - 1)$

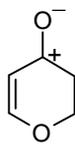
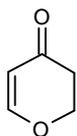
dove N è il numero di piatti teorici e γ è il rapporto delle velocità dei due componenti. Per aumentare R da 1,0 a 1,5 di quanto deve essere aumentato N?

- A) 4,00  
B) 2,25  
C) 2,00  
D) 3,00

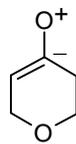
43. Indicare l'ordine medio di legame tra Cl e O nelle strutture di risonanza più stabili dello ione ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

- A) 1  
B) 1,25  
C) 1,75  
D) 1,5

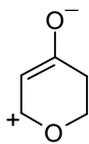
44. Dato il seguente composto, indicare quale delle strutture a separazione di carica riportate sotto NON rappresenta una sua formula di risonanza:



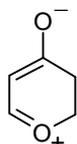
A)



B)



C)

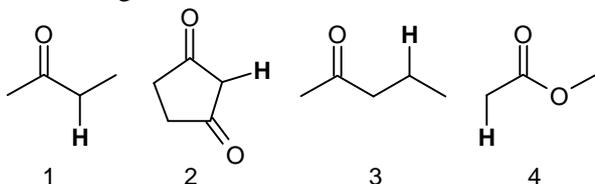


D)

45. Qual è la variazione di potenziale chimico nella compressione dell'azoto da 50,0 L a 20,0 L, alla temperatura di 25 °C? (considerare ideale il gas)

- A) 2,27 kJ mol<sup>-1</sup>  
 B) 0,0227 kJ mol<sup>-1</sup>  
 C) 12,2 kJ mol<sup>-1</sup>  
 D) 122 kJ mol<sup>-1</sup>

46. L'idrogeno legato a un atomo di carbonio, in particolare se ibridato sp<sup>3</sup>, ha in genere una bassa acidità. Disporre i seguenti composti carbonilici in ordine di acidità crescente rispetto agli idrogeni indicati in grassetto:



- A) 1, 3, 4, 2  
 B) 3, 4, 1, 2  
 C) 2, 3, 4, 1  
 D) 4, 1, 3, 2

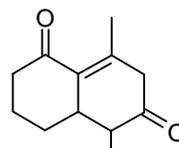
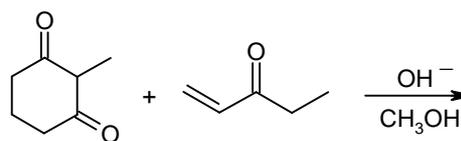
47. Sapendo che, alla temperatura di 100 °C, la tensione di vapore dell'acqua è 1,013 bar e il  $\Delta H_{\text{vap}}$  vale 40,8 kJ mol<sup>-1</sup>, la tensione di vapore a 50 °C si può stimare pari a:

- A) 1,130 bar  
 B) 0,130 bar  
 C) 0,026 bar  
 D) 0,260 bar

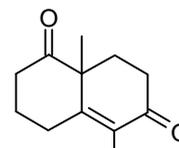
48. A quale dei seguenti valori si avvicina di più la temperatura di ebollizione dell'acqua in una pentola a pressione che opera alla pressione di 2,0 bar? (Usare i dati del quesito precedente)

- A) 100 °C  
 B) 104 °C  
 C) 120 °C  
 D) 170 °C

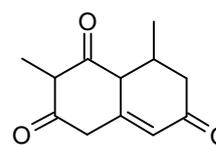
49. La reazione di addizione di Michael seguita da una condensazione aldolica intramolecolare prende il nome di anellazione di Robinson, e può essere sfruttata per la formazione di sistemi biciclici. Individuare il prodotto della seguente reazione di anellazione di Robinson:



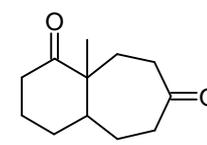
A)



B)



C)



D)

50. La reazione di addizione elettrofila di acido cloridrico al 3,3-dimetil-1-butene produce soprattutto:

- A) 1-cloro-3,3-dimetilbutano  
 B) 3-cloro-2,2-dimetilbutano  
 C) 2-cloro-2,3-dimetilbutano  
 D) 1,2-dicloro-3,3-dimetilbutano

51. Trattando l'acetato di propile con un eccesso di bromuro di etilmagnesio, dopo idrolisi con cloruro di ammonio acquoso, si ottiene:

- A) 3-metil-3-pentanol  
 B) 2-butanone  
 C) acetato di etile  
 D) 3-metil-3-esanol

52. Nella molecola di HCl la costante di forza del legame è  $4,84 \cdot 10^2 \text{ N m}^{-1}$ . Calcolare il numero d'onda vibrazionale per l'isotopomero <sup>1</sup>H<sup>35</sup>Cl: (l'unità di massa atomica è  $1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ; la velocità della luce è  $2,997925 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ )

- A)  $2,90 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1}$   
 B)  $4,02 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1}$   
 C)  $2,90 \cdot 10^2 \text{ cm}^{-1}$   
 D)  $40,2 \text{ cm}^{-1}$

53. Nel disaccaride saccarosio i due monosaccaridi sono presenti come:

- A)  $\beta$ -glucopiranosio e  $\alpha$ -fruttofuranosio  
 B)  $\alpha$ -glucopiranosio e  $\beta$ -fruttofuranosio  
 C)  $\alpha$ -glucopiranosio e  $\alpha$ -fruttofuranosio  
 D)  $\beta$ -glucopiranosio e  $\beta$ -fruttofuranosio

54. Il legame C-D è più difficile da rompere rispetto al legame C-H. Tenendo conto di questa evidenza, quale delle seguenti affermazioni può spiegare l'osservazione che il benzene perdeuterato,  $C_6D_6$ , è nitrato con la stessa velocità del benzene  $C_6H_6$ ?

- A) la scissione del legame C-D non avviene nello stato di transizione dello stadio determinante la velocità di reazione di nitrato del  $C_6D_6$   
 B) la scissione del legame C-D avviene nello stato di transizione dello stadio determinante la velocità di reazione di nitrato del  $C_6D_6$   
 C) nella reazione di nitrato del  $C_6D_6$  non si verifica la scissione del legame C-D  
 D) nessuna delle precedenti affermazioni

55. A 300 K la tensione di vapore del benzene puro è  $1,603 \cdot 10^4$  Pa, quella del toluene puro  $0,489 \cdot 10^4$  Pa. Qual è la composizione (in frazioni molari) della fase vapore in equilibrio con una miscela costituita da 3,0 mol di benzene e 7,0 mol di toluene? (considerare ideale la miscela).

- A) benzene = 0,42 toluene = 0,58  
 B) benzene = 0,58 toluene = 0,42  
 C) benzene = 0,30 toluene = 0,70  
 D) il vapore è composto da benzene puro

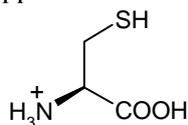
56. Nel miscelamento dei liquidi puri per formare la miscela del quesito precedente, le variazioni di entalpia e di energia libera di Gibbs valgono, rispettivamente:

- A) 0      -15,2 kJ  
 B) 50,8 J   -15,2 kJ  
 C) 0      50,8 kJ  
 D) 0      15,2 kJ

57. La cisteina è un amminoacido che presenta tre costanti acide:

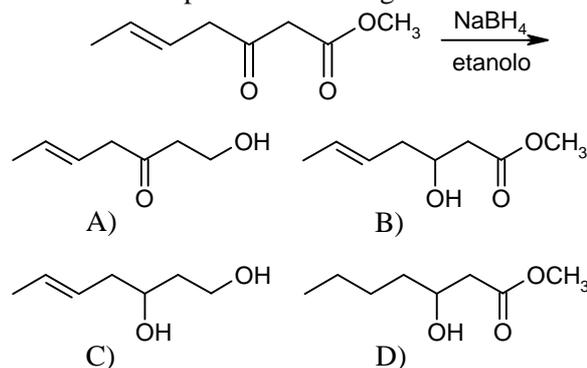
$$K_{a1} = 10^{-1,70} \quad K_{a2} = 10^{-8,36} \quad K_{a3} = 10^{-10,8}$$

Indicare a quali gruppi funzionali sono riferite:

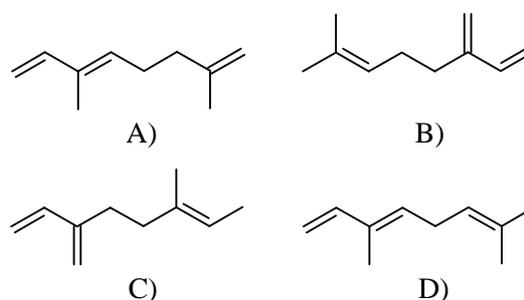


- A)  $K_{a1}$ : COOH     $K_{a2}$ :  $NH_3^+$      $K_{a3}$ : SH  
 B)  $K_{a1}$ :  $NH_3^+$      $K_{a2}$ : COOH     $K_{a3}$ : SH  
 C)  $K_{a1}$ : COOH     $K_{a2}$ : SH     $K_{a3}$ :  $NH_3^+$   
 D)  $K_{a1}$ : SH     $K_{a2}$ : COOH     $K_{a3}$ :  $NH_3^+$

58. Indicare il prodotto della seguente reazione:



59. Il mircene è un composto profumato isolato dalla cera della mirica e ha formula  $C_{10}H_{16}$ . L'ozonolisi del mircene seguita da trattamento con zinco e acido acetico fornisce due moli di formaldeide, una mole di acetone e un terzo composto con formula  $C_5H_6O_3$ . Individuare la struttura del mircene:



60. Quali delle seguenti affermazioni sono esatte per il processo di espansione di un gas ideale nel vuoto:

- I) il processo comporta una variazione di entalpia  
 II) il processo comporta un aumento di entropia  
 III) il processo comporta una diminuzione dell'energia libera di Gibbs  
 IV) il processo può procedere spontaneamente nella direzione inversa  
 A) le quattro affermazioni sono tutte esatte  
 B) sono esatte solo le affermazioni II e III  
 C) sono esatte solo le affermazioni I e IV  
 D) le quattro affermazioni sono tutte errate