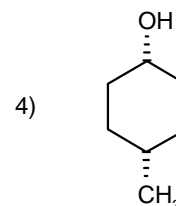
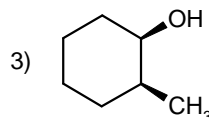
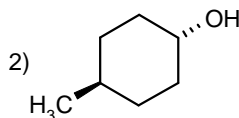
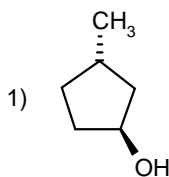


## Giochi della Chimica 2017

### Problemi risolti – Fase Regionale – Classe C

1. Indicare quali dei seguenti composti sono chirali e quali achirali:



- A) 1 e 2 sono chirali, 3 e 4 sono achirali  
C) 1 e 3 sono chirali, 2 e 4 sono achirali

- B) 2 e 4 sono chirali, 1 e 3 sono achirali  
D) 2 e 3 sono chirali, 1 e 4 sono achirali,

#### 1. Soluzione

Tutte queste molecole hanno due diversi centri stereogenici, ma i composti 2 e 4 non sono chirali perché hanno un piano di simmetria nella molecola, mentre i composti 1 e 3 sono asimmetrici.

Quindi 1 e 3 sono chirali, 2 e 4 sono achirali.

(Risposta C)

2. La reazione acido-base dell'acetilene ( $pK_a = 25$ ) con idruro di sodio produce acetiluro di sodio e idrogeno ( $pK_a = 35$ ). Sulla base di questi dati, calcolare la  $K_{eq}$  della reazione:  $HC\equiv CH + Na^+ H^- \rightarrow HC\equiv C^- Na^+ + H_2$

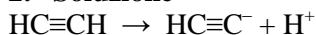
A)  $10^{-10}$

B)  $10^{10}$

C)  $10^{60}$

D)  $10^{-20}$

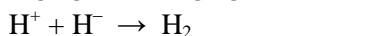
#### 2. Soluzione



$$pK_{a1} = 25$$

$$K_{a1} = 10^{-25}$$

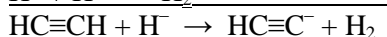
sommando la dissociazione dell'acetilene



$$pK_{a2}^{-1} = -35$$

$$K_{a2}^{-1} = 10^{35}$$

all'inverso di quella di  $H_2$  si ottiene:



$$K = K_{a1} \cdot K_{a2} = 10^{-25} \cdot 10^{35} = 10^{10}$$

(Risposta B)

3. Grassi e oli sono trigliceridi, ossia triesteri del glicerolo con acidi grassi. Qual è la conseguenza della presenza di doppi legami cis, tipica degli oli?

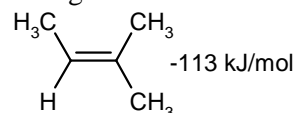
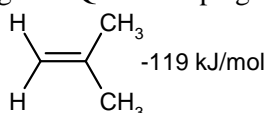
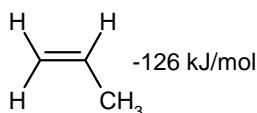
- A) impedisce l'impacchettamento delle catene degli acidi grassi, diminuendo la viscosità degli oli  
B) conferisce agli oli una maggiore stabilità ad alte temperature  
C) favorisce l'impacchettamento delle catene degli acidi grassi, aumentando la viscosità degli oli  
D) conferisce agli oli la tipica colorazione gialla

#### 3. Soluzione

Le catene con doppi legami cis sono piegate in corrispondenza del doppio legame. Questa piegatura ostacola l'appaiamento delle catene idrocarburiche che quindi fanno legami di Van der Waals meno intensi. L'olio è più fluido a temperatura ambiente e ha una temperatura di congelamento minore.

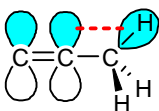
(Risposta A)

4. Osservando i calori di idrogenazione dei seguenti alcheni, si deduce che gli alcheni diventano più stabili all'aumentare della sostituzione sul doppio legame. Qual è la spiegazione più adeguata?



- A) i gruppi alchilici stabilizzano gli alcheni mediante effetti elettronici  
B) i gruppi alchilici stabilizzano gli alcheni aumentandone la simmetria  
C) i gruppi alchilici stabilizzano gli alcheni aumentandone il carattere di triplo legame  
D) i gruppi alchilici stabilizzano gli alcheni mediante effetti sterici

#### 4. Soluzione

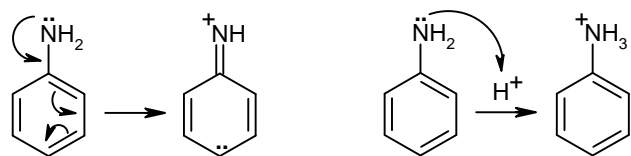


Il  $C\ sp^3$  è meno elettronegativo del  $C\ sp^2$  e quindi il gruppo metilico ha un effetto induttivo elettron-donatore verso il doppio legame  $C=C$ . Questo porta una maggiore carica negativa sui  $C$  del doppio legame che fa ingrossare gli orbitali  $2p\pi$  e ne aumenta la sovrapposizione rinforzando il legame  $\pi$ . Questo è stabilizzato dal  $CH_3$  anche per effetto elettronico (iperconiugazione) per la sovrapposizione dell'orbitale  $sp^3\ C-H$  con gli orbitali  $2p\pi$  dei carboni del doppio legame. Anche se la sovrapposizione  $2p\pi-sp^3$  è scarsa, ogni carbonio sostituito stabilizza il doppio legame di circa 6 kJ/mol. (Risposta A)

5. Le ammine aromatiche sono basi nettamente più deboli di quelle alifatiche. Qual è la spiegazione più plausibile?

- A) l'anello aromatico esercita un effetto induttivo elettron-donatore sull'azoto  
 B) il doppietto elettronico sull'azoto è più disponibile alla reazione con un acido a causa della stabilizzazione per risonanza dell'ammina aromatica  
 C) il doppietto elettronico sull'azoto è meno disponibile alla reazione con un acido a causa della stabilizzazione per risonanza dell'ammina aromatica  
 D) l'anello aromatico impedisce stericamente la reazione con un acido

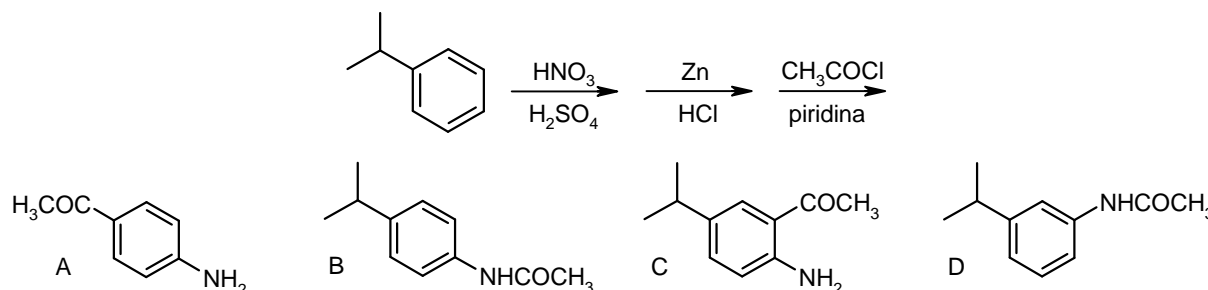
### 5. Soluzione



Il doppietto elettronico di non legame dell'azoto è in risonanza con l'anello, quindi è meno disponibile per legarsi all' $H^+$  e formare lo ione ammonio. (Risposta C) Inoltre, lo ione ammonio aromatico è legato ad un carbonio  $sp^2$  dell'anello che è più elettronegativo rispetto ai carboni  $sp^3$  delle ammine alifatiche, questo lo

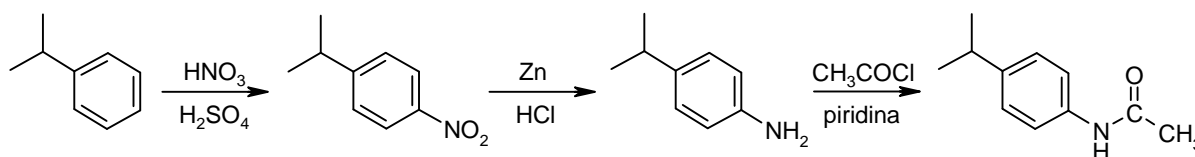
destabilizza rispetto ad uno ione ammonio alifatico.

6. Qual è il prodotto finale della seguente serie di reazioni?

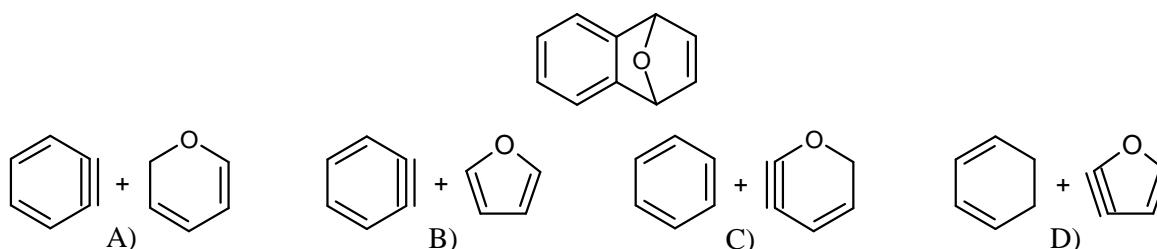


### 6. Soluzione

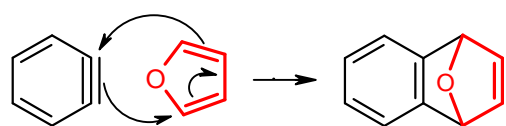
Il gruppo isopropile orienta la nitrazione solo nella posizione para a causa del suo ingombro sterico. La successiva reazione con Zn e HCl riduce il nitrogruppo ad ammina. Questa, infine, si trasforma in ammide per reazione con cloruro di acetile. (Risposta B)



7. Individuare quale coppia di reagenti produce per riscaldamento il seguente addotto di Diels-Alder:



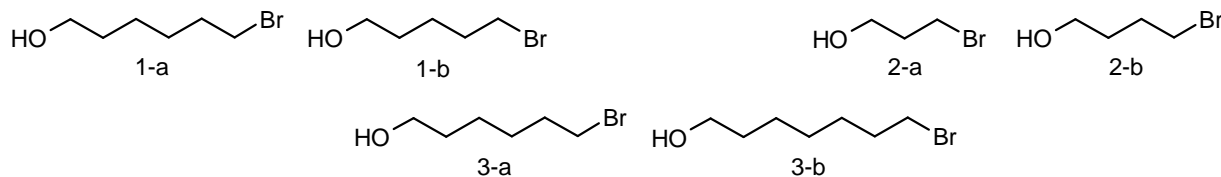
### 7. Soluzione



di molecole B può dare il prodotto cercato.

La cicloaddizione di Diels-Alder del problema lascia l'anello di sinistra con i tre doppi legami aromatici, quindi l'anello a sei termini, prima di reagire, deve avere un triplo legame che diventa doppio con la reazione. Il numero di carboni totali deve essere 10 quindi le reazioni A e C sono errate perchè ne hanno 11. La coppia (Risposta B)

8. Le coppie di composti che seguono formano eteri ciclici per rimozione del protone alcolico in presenza di OH<sup>-</sup>. Quale composto, in ciascuna coppia, formerà l'etere ciclico più rapidamente?



- A) 1-a, 2-a, 3-b  
 B) 1-b, 2-b, 3-b  
 C) 1-b, 2-a, 3-a  
 D) 1-b, 2-b, 3-a

### 8. Soluzione

Ricordiamo che gli anelli a 5 e 6 termini sono i più stabili e quindi facili da formare. Inoltre, più distanti sono gli estremi, meno probabile è che si incontrino per reagire.

Nella coppia 1, la molecola 1-a forma un anello a 7 termini, mentre 1-b lo forma a 6 termini: 1b è favorito.

Nella coppia 2, la molecola 2-a forma un anello a 4 termini, mentre 2-b lo forma a 5 termini: 2b è favorito.

Nella coppia 3, la molecola 3-a forma un anello a 7 termini, mentre 3-b a 8 termini: 3a è favorito. (Risposta D)

9. Individuare l'affermazione ERRATA riguardo una reazione che può procedere secondo un percorso a controllo cinetico o a controllo termodinamico.

- A) il percorso a controllo cinetico prevede l'energia di attivazione più bassa  
 B) il percorso a controllo termodinamico prevede la formazione del prodotto più stabile  
 C) il percorso a controllo cinetico prevede l'energia di attivazione più alta  
 D) i due percorsi sono caratterizzati da differente energia di attivazione

### 9. Soluzione

Il percorso a controllo cinetico è più veloce. A parità di temperatura e concentrazione, la velocità di reazione dipende dall'energia di attivazione, infatti, con EA minore, molte più molecole ogni secondo hanno l'energia sufficiente per reagire. La reazione più veloce ha un'energia di attivazione minore (non maggiore). (Risposta C)

10. La solfonazione del benzene è l'unica sostituzione elettrofila aromatica (SEAr) reversibile. Quale può essere un suo utile impiego nella sintesi aromatica?

- A) come temporaneo gruppo attivante per successive reazioni di SEAr.  
 B) per aumentare temporaneamente il punto di ebollizione del sistema aromatico.  
 C) come gruppo protettore, mantenendo temporaneamente occupata una posizione dell'anello.  
 D) per conferire temporaneamente proprietà acide al sistema aromatico.

### 10. Soluzione

Dato che la solfonazione è l'unica SEAr facilmente reversibile, spesso si usa per occupare la posizione para di un anello orto-para orientante per far entrare poi il gruppo di interesse, con un'alta SEAr, nella posizione orto rimasta libera. La desolfonazione finale fornisce un anello orto-sostituito con alte rese. (Risposta C)

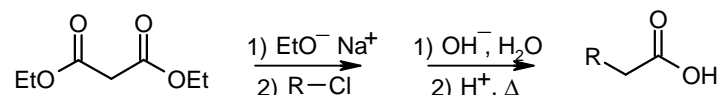
11. La reazione dell'ammoniaca con un cloruro acilico per la sintesi delle ammidi procede generalmente in presenza di una quantità doppia di NH<sub>3</sub> rispetto al cloruro. Perché?

- A) l'eccesso di ammoniaca fa aumentare il pH garantendo la stabilità dell'ammide formata  
 B) l'eccesso di ammoniaca serve a controbilanciare l'acido cloridrico generato nel corso della reazione  
 C) l'eccesso di ammoniaca serve per la cristallizzazione dell'ammide appena formata  
 D) l'eccesso di ammoniaca fa diminuire il pH garantendo la stabilità dell'ammide formata

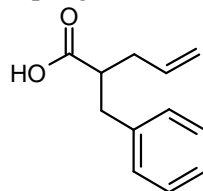
### 11. Soluzione

Durante la sintesi dell'ammide, dal cloruro acilico si libera HCl. Questo consuma un equivalente di ammoniaca trasformandola in cloruro d'ammonio non reattivo. Per questo servono due equivalenti di ammoniaca: uno per la sintesi dell'ammide e il secondo per neutralizzare l'HCl formato. (Risposta B)

12. La sintesi malonica sfrutta l'alchilazione al carbonio in  $\alpha$  e la decarbossilazione di un acido 1,3-dicarbossilico, ed è utilizzata per sintetizzare derivati dell'acido acetico come nello schema seguente.

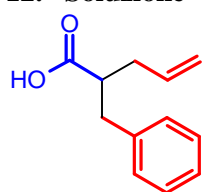


Individuare i due cloruri alchilici (R-Cl) necessari per generare il seguente composto:

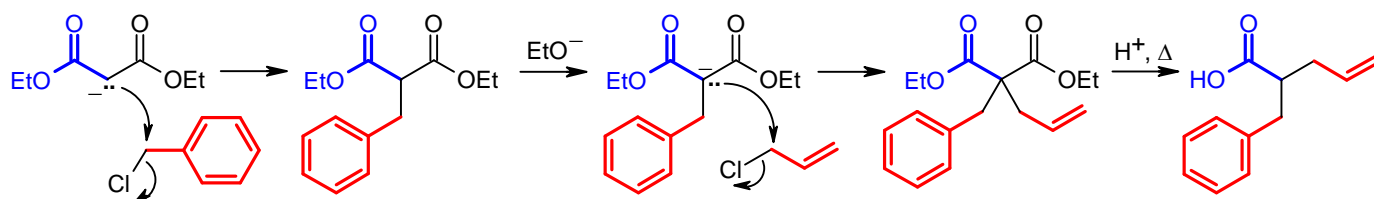


- A) clorobenzene e 1-cloro-1-propene  
 B) cloruro di benzile e 3-cloropropene  
 C) cloruro di benzile e 1-cloropropano  
 D) clorobenzene e 3-cloropropene

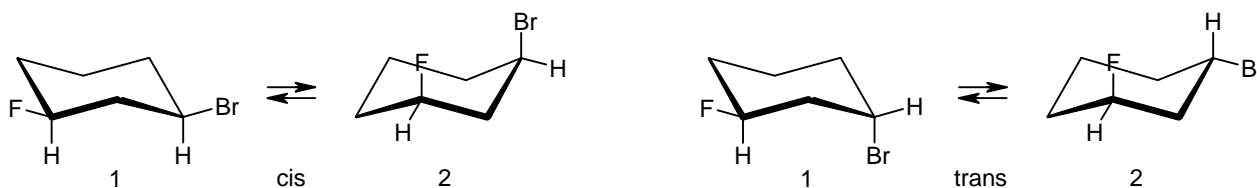
### 12. Soluzione



Evidenziando in blu, nel composto finale, la molecola di acido acetico e in rosso i due gruppi R introdotti come cloruri alchilici, si vede che questi sono: cloruro di benzile e 3-cloropropene. (Risposta B)



13. Gli equilibri conformazionali per il cis e il trans 1-bromo-3-fluorocicloesano sono riportati sotto. Scegliere il conformero più stabile nelle rispettive coppie:

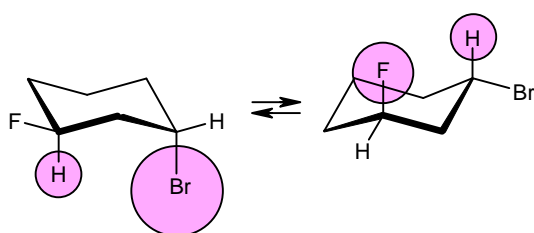


- A) sono più stabili l'1-cis e il 2-trans  
 B) sono più stabili l'1-cis l'1-trans  
 C) sono più stabili il 2-cis l'1-trans  
 D) i conformeri nelle rispettive coppie hanno la stessa stabilità

### 13. Soluzione

I sostituenti del cicloesano in posizione assiale sono meno stabili a causa dell'ingombro sterico che provoca una certa tensione con gli atomi nelle altre posizioni assiali, che è chiamata tensione 1,3-diassiale.

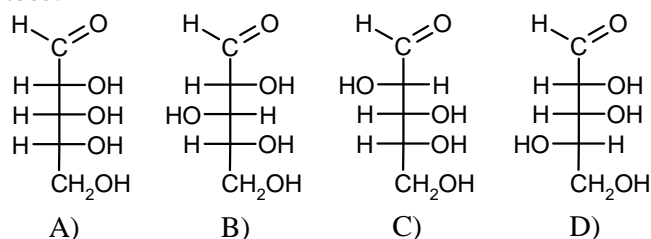
Nel conformero cis, la molecola più stabile si individua senza incertezze: è la molecola 1-cis con entrambi i sostituenti in posizione equatoriale. Nella molecola 2-cis il fluoro e il bromo sono in posizione 1,3-diassiale.



Nel conformero trans, la molecola più stabile è meno facile da individuare. In entrambe le molecole uno dei due sostituenti è in posizione assiale. Nella molecola 1, però, la posizione assiale è occupata dal bromo, che essendo più voluminoso del fluoro, provoca più tensione per ingombro sterico (anche se il legame C-Br è più lungo) con gli idrogeni assiali.

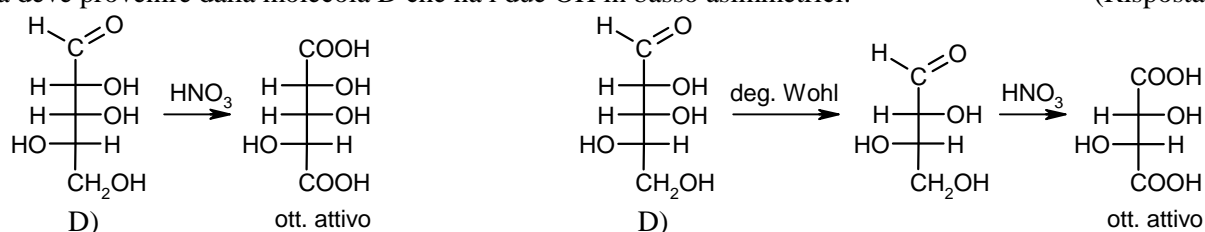
Le molecole più stabili sono 1-cis e 2-trans. (Risposta A)

14. Un D-aldopentoso viene ossidato con  $\text{HNO}_3$  (aq) ad acido aldarico otticamente attivo. La degradazione di Wohl dell'aldopentoso genera un aldotetrosio che viene ossidato con  $\text{HNO}_3$  (aq) ad acido aldarico otticamente attivo. Identifica il D-aldopentoso:

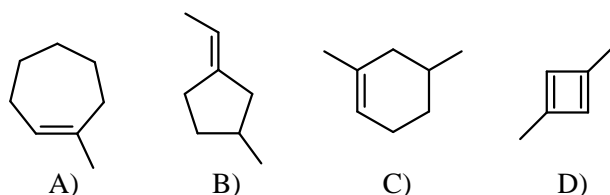


#### 14. Soluzione

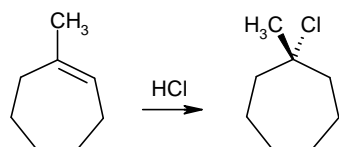
L'ossidazione con  $\text{HNO}_3$  ossida il primo e l'ultimo dei carboni della catena trasformandoli in carbossili. Le molecole con una disposizione simmetrica dei sostituenti OH nella catena (come le molecole A e B) diventano completamente simmetriche e sono prive di attività ottica. Le molecole C e D, invece, formano diacidi chirali. La degradazione di Wohl elimina il carbonio 1 della catena di un aldoso, quindi il C2 diventa il nuovo carbonio aldeidico. Dato che l'ossidazione con  $\text{HNO}_3$  della molecola accorciata forma un diacido otticamente attivo, questa deve provenire dalla molecola D che ha i due OH in basso asimmetrici. (Risposta D)



15. Un composto incognito si combina con un equivalente di  $\text{H}_2$  in una reazione in presenza di Ni come catalizzatore, e in un'altra genera per addizione di  $\text{HCl}$  (aq) un composto achirale. Quale dei seguenti composti è quello incognito?



#### 15. Soluzione



I composti A, B e C hanno un solo doppio legame e, quindi, consumano un equivalente di  $\text{H}_2$  nella reazione di idrogenazione catalitica (D errato). Di questi, solo il composto A, reagendo con  $\text{HCl}$ , forma una molecola priva di attività ottica, dato che è simmetrica. (Risposta A)

16. La pressione osmotica di una soluzione ottenuta sciogliendo 0,400 g di polistirene in  $100 \text{ cm}^3$  di benzene, alla temperatura di  $25,0^\circ \text{C}$  è 1,50 kPa. Calcolare la massa molare media del polistirene.

- A)  $66 \text{ g mol}^{-1}$       B)  $66 \text{ kg mol}^{-1}$       C)  $6,6 \text{ g mol}^{-1}$       D)  $660 \text{ g mol}^{-1}$

#### 16. Soluzione

Con la pressione osmotica vale la legge dei gas  $PV = nRT$  da cui si ricavano le moli  $n = PV/RT$  dove  $P = 1500/1,013 \cdot 10^5 = 1,48 \cdot 10^{-2} \text{ atm}$ ;  $V = 0,1 \text{ L}$ .  $n = (1,48 \cdot 10^{-2} \cdot 0,1)/(0,0821 \cdot 298) = 6,05 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$   
In 0,4 g vi sono  $6,05 \cdot 10^{-5}$  moli. La massa molare media è  $MM = 0,4/6,05 \cdot 10^{-5} = 6612 \text{ g/mol}$ . (Risposta C)  
Dato che la massa molare dello stirene è  $104 \text{ g/mol}$ , la lunghezza media delle catene è di:  $6612/104 = 64$  unità

17. Per una certa reazione il  $\Delta H^\circ$  è  $350 \text{ kJ}$  mentre il  $\Delta S^\circ$  è  $-160 \text{ J K}^{-1}$ . Si può quindi affermare che, in condizioni standard, per questa reazione:

- A) la costante di equilibrio è maggiore di 1      B) la costante di equilibrio è inferiore a 1  
C) la costante di equilibrio ha valore negativo      D) la costante di equilibrio è uguale a zero

#### 17. Soluzione

Dalla relazione:  $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$  si ottiene:  $\Delta G^\circ = 350000 - 298 \cdot 160 = 302 \text{ kJ}$

Dalla relazione:  $\Delta G^\circ = -RT \ln K$  essendo  $\Delta G^\circ > 0$  si ottiene che  $K$  è minore di 1. (Risposta B)

18. A 500 °C il ciclopropano si trasforma in propene. La reazione è del primo ordine con costante cinetica pari a  $6,8 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ . Se la concentrazione iniziale di ciclopropano è  $0,25 \text{ mol dm}^{-3}$ , quale sarà la sua concentrazione dopo 25 minuti?

- A)  $0,05 \text{ mol dm}^{-3}$     B)  $0,14 \text{ mol dm}^{-3}$     C)  $0,09 \text{ mol dm}^{-3}$     D)  $0,02 \text{ mol dm}^{-3}$

### 18. Soluzione

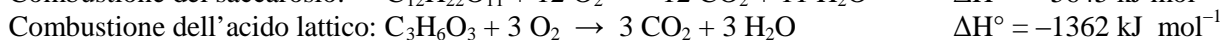
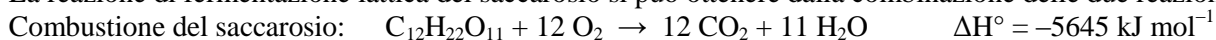
La legge cinetica del primo ordine è:  $\ln(A_0/A) = kt$      $\ln(A_0/A) = 6,8 \cdot 10^{-4} \cdot (25 \cdot 60)$      $\ln(A_0/A) = 1,02$   
da cui:  $A_0/A = 2,77$     e quindi:  $A = A_0/2,77 = 0,25/2,77 = 0,09 \text{ mol/L}$     (Risposta C)

19. L'entalpia standard di combustione del saccarosio ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) è  $-5645 \text{ kJ mol}^{-1}$ , mentre quella dell'acido lattico ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ ) è  $-1362 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Quale sarà l'entalpia della reazione d'idrolisi anaerobica del saccarosio che diventa acido lattico?

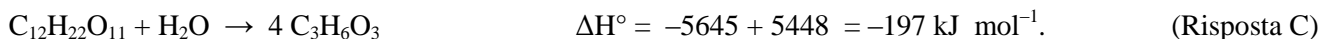
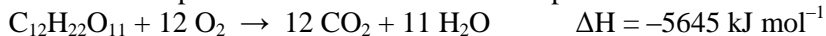
- A)  $-1559 \text{ kJ mol}^{-1}$     B)  $-1559 \text{ kJ g}^{-1}$     C)  $-197 \text{ kJ mol}^{-1}$     D)  $1559 \text{ kJ mol}^{-1}$

### 19. Soluzione

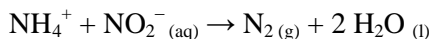
La reazione di fermentazione lattica del saccarosio si può ottenere dalla combinazione delle due reazioni date.



Sommando la prima all'inverso della seconda presa 4 volte si ottiene:



20. Per la reazione:



si eseguono a 25°C due misure di velocità iniziale  $v$  variando le concentrazioni iniziali  $[C]$ .

Primo esperimento:  $[\text{NH}_4^+] = 0,12 \text{ mol dm}^{-3}$ ;  $[\text{NO}_2^-] = 0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ ;  $v = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ .

Secondo esperimento:  $[\text{NH}_4^+] = 0,12 \text{ mol dm}^{-3}$ ;  $[\text{NO}_2^-] = 0,15 \text{ mol dm}^{-3}$ ;  $v = 5,4 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ .

Se la reazione è del primo ordine rispetto a  $\text{NH}_4^+$ , quale sarà l'ordine di reazione totale e il valore della costante cinetica  $k$ ?

- A) la reazione è del secondo ordine;  $k = 3,00 \cdot 10^{-4} \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$   
B) la reazione è del primo ordine;  $k = 5,00 \cdot 10^{-4} \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$   
C) la reazione è del primo ordine;  $k = 3,00 \cdot 10^{-4} \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$   
D) la reazione è del secondo ordine;  $k = 5,00 \cdot 10^{-4} \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$

### 20. Soluzione

Nel secondo esperimento  $[\text{NO}_2^-]$  aumenta di 1,5 volte e anche la velocità iniziale  $v$  aumenta di 1,5 volte, quindi la reazione è del primo ordine anche rispetto a  $\text{NO}_2^-$ . Essendo del primo ordine sia rispetto a  $\text{NH}_4^+$  che a  $\text{NO}_2^-$ , la reazione è del secondo ordine complessivo e la sua velocità è:  $v = k [\text{NH}_4^+] [\text{NO}_2^-]$  (risposte A o D).

Da questa otteniamo:  $k = v/[\text{NH}_4^+] [\text{NO}_2^-]$      $k = 3,6 \cdot 10^{-6}/(0,12 \cdot 0,10) = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ .    (Risposta A)

21. Se temperatura, pressione e numero di moli di ogni componente di un sistema non cambiano, un processo è spontaneo se:

- A) l'energia interna del sistema diminuisce  
B) l'entropia del sistema aumenta  
C) l'energia di Gibbs del sistema diminuisce  
D) l'energia interna dell'ambiente diminuisce

### 21. Soluzione

Per il 2° principio, un processo è spontaneo se fa aumentare l'entropia dell'universo ( $\Delta S_u > 0$ ).

Questo si traduce, a P e T costanti, in  $\Delta G_{\text{sis}} < 0$ .

(Risposta C)

Infatti:  $\Delta S_u = \Delta S_{\text{ambiente}} + \Delta S_{\text{sistema}}$ . A pressione costante:  $\Delta H = Q$  quindi  $\Delta S = \Delta H/T$      $\Delta S_{\text{amb}} = \Delta H_{\text{amb}}/T$

Dato che il calore che esce dal sistema entra nell'ambiente si ha:  $\Delta H_{\text{amb}} = -\Delta H_{\text{sis}}$  quindi:  $\Delta S_{\text{amb}} = -\Delta H_{\text{sis}}/T$

In un processo spontaneo:  $\Delta S_u = -\Delta H_{\text{sis}}/T + \Delta S_{\text{sis}} > 0$     moltiplicando per  $-T$ :  $\Delta H_{\text{sis}} - T\Delta S_{\text{sis}} < 0$

Ricordando che:  $G = H - TS$  se T è costante si ha:  $dG = dH - TdS$  cioè:  $\Delta G_{\text{sis}} = \Delta H_{\text{sis}} - T\Delta S_{\text{sis}}$

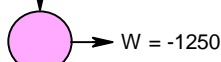
Da cui si ricava la nota condizione di spontaneità a P e T costanti:  $\Delta G_{\text{sis}} < 0$ .

22. Una macchina termica lavora secondo un ciclo di Carnot. Assorbe il calore  $Q_x$  dal serbatoio termico a temperatura  $T_x$ , cede il calore  $Q_y$  al serbatoio termico a temperatura  $T_y$  producendo il lavoro  $W$ . Indicare quale dei seguenti insiemi di valori è compatibile con il funzionamento della macchina:

- A)  $Q_x = 2500 \text{ J}$ ;  $T_x = 304 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $Q_y = 1250 \text{ J}$ ;  $T_y = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $W = 1250 \text{ J}$   
 B)  $Q_x = 2500 \text{ J}$ ;  $T_x = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $Q_y = -1250 \text{ J}$ ;  $T_y = 304 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $W = -1250 \text{ J}$   
 C)  $Q_x = 2500 \text{ J}$ ;  $T_x = 304 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $Q_y = -1250 \text{ J}$ ;  $T_y = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $W = 2500 \text{ J}$   
 D)  $Q_x = 2500 \text{ J}$ ;  $T_x = 304 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $Q_y = -1250 \text{ J}$ ;  $T_y = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $W = -1250 \text{ J}$

### 22. Soluzione

$$T_x = 304^\circ \quad Q_x = 2500$$



$$T_y = 15^\circ \quad Q_y = -1250$$

Se la macchina termica produce lavoro, preleva calore dalla sorgente calda ( $T_x = 304^\circ$ ) e ne cede una parte alla sorgente fredda ( $T_y = 15^\circ$ ) (B errata).

Il calore  $Q_x$  in ingresso è positivo e quello  $Q_y$  in uscita è negativo (A errata).

Il lavoro prodotto  $W$  è energia in uscita, quindi è negativo. (Risposta D)

23. La densità di un campione di metano chiuso in un contenitore a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  e alla pressione di  $95 \text{ kPa}$  è circa di:

- A)  $600 \text{ g m}^{-3}$       B)  $400 \text{ g m}^{-3}$       C)  $200 \text{ g m}^{-3}$       D)  $100 \text{ g m}^{-3}$

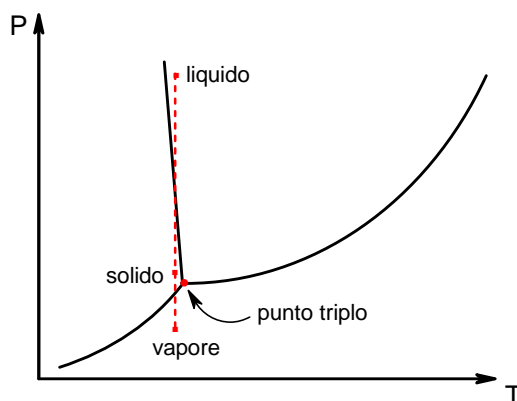
### 23. Soluzione

Dalla legge dei gas  $PV = nRT$  si ottiene la concentrazione  $n/V = P/RT$  dove:  $P = 95000/1,013 \cdot 10^5 = 0,938 \text{ atm}$  e  $T = 30 + 273 = 303 \text{ K}$   $n/V = 0,938/(0,0821 \cdot 303) = 0,0377 \text{ mol/L}$  La massa molare di  $\text{CH}_4$  è:  $12 + 4 = 16 \text{ g/mol}$ . La massa di  $\text{CH}_4$  in un litro è:  $m = 16 \cdot 0,0377 = 0,603 \text{ g/L} = 603 \text{ g/m}^3$ . (Risposta A)

24. A temperature di poco inferiori a quella del punto triplo, quale sequenza di transizioni si può osservare nel corso di una compressione isoterma dell'acqua?

- A) nell'ordine, da gas a solido e da solido a liquido  
 B) nell'ordine, da gas a liquido e da liquido a solido  
 C) da gas a liquido; non è possibile la transizione a solido  
 D) da gas a solido; non è possibile la transizione a liquido

### 24. Soluzione



Aumentando la pressione del vapor d'acqua ad una temperatura di poco inferiore a quella del punto triplo, si possono realizzare le due trasformazioni mostrate in figura: da vapore a solido e da solido a liquido. (Risposta A)

Questo accade perché la retta di equilibrio solido-liquido dell'acqua è leggermente inclinata a sinistra a causa del fatto che, nel passaggio di stato solido-liquido, la variazione di volume  $\Delta V$  è negativa, cioè il ghiaccio ha un volume maggiore dell'acqua liquida.

Dalla relazione di Clapeyron: 
$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H}{T \Delta V}$$

si vede che la pendenza della retta di equilibrio tra le fasi solida e liquida ( $dP/dV$ ) è negativa perché ha lo stesso segno di  $\Delta V$  dato

che  $T$  e  $\Delta H$  sono positivi (la fusione è endotermica).

25. Un corpo di ferro di massa  $110 \text{ g}$ , inizialmente a  $95 \text{ }^\circ\text{C}$ , viene immerso in  $0,400 \text{ kg}$  di acqua a  $22,0^\circ\text{C}$ . Quale temperatura viene raggiunta all'equilibrio?

La capacità termica del ferro è  $0,450 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$  e quella dell'acqua è  $4,184 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$ .

- A)  $34 \text{ }^\circ\text{C}$       B)  $24 \text{ }^\circ\text{C}$       C)  $44 \text{ }^\circ\text{C}$       D)  $54 \text{ }^\circ\text{C}$

### 25. Soluzione

Il calore ceduto dal ferro ( $Q_1$ ) coincide con quello assorbito dall'acqua ( $Q_2$ ) per cui vale  $Q_1 = Q_2$ . Alla fine si raggiunge l'equilibrio termico a  $T = x \text{ }^\circ\text{C}$ . Sapendo che  $Q = m c \Delta T$  si può scrivere:

$$m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2 \quad 110 \cdot 0,45 \cdot (95 - x) = 400 \cdot 4,184 \cdot (x - 22) \quad 49,5 (95 - x) = 1673,6 (x - 22)$$

$$4702,5 - 49,5 x = 1673,6 x - 36819,2 \quad 1723,1 x = 41521,7 \quad x = 24 \text{ }^\circ\text{C}. \quad \text{(Risposta B)}$$





**30.** Un campione di glucosio, a pressione atmosferica, fonde a 149 °C, con un  $\Delta H$  di 182 J g<sup>-1</sup>. Qual è il suo  $\Delta S$  di fusione a questa temperatura?

- A) -78 cal mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>  
 B) 78 J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>  
 C) 78 kcal mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>  
 D) 78 J g<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>

**30. Soluzione**

La massa molare del glucosio C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> è: 12 · 6 + 12 + 16 · 6 = 180 g/mol;  $\Delta H = 182 \cdot 180 = 32760 \text{ J mol}^{-1}$   
 Durante la fusione, il sistema è all'equilibrio:  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S = 0$  da cui:  $T\Delta S = \Delta H$   $\Delta S = \Delta H/T$   
 $\Delta S = 32760/(273 + 149) = 78 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . (Risposta B)

**31.** Calcolare la percentuale (m/v) di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in una sua soluzione commerciale a 15,0 volumi. Si ricordi che da 1,00 L di soluzione di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 1,00 volume si sviluppa 1,00 L di O<sub>2(g)</sub> misurato a 273 K e 1,01 · 10<sup>5</sup> Pa.

- A) 7,21%                      B) 4,56%                      C) 2,34%                      D) 6,98%

**31. Soluzione**

Da 1 L di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 15 volumi si sviluppano 15 L di O<sub>2</sub>; le moli sono:  $n = PV/RT = (1 \cdot 15)/(0,0821 \cdot 273) = 0,67 \text{ mol}$ .  
 La reazione è:  $2 \text{ H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O} + \text{O}_2$  Per ogni mole di O<sub>2</sub> servono 2 moli di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:  $0,67 \cdot 2 = 1,34 \text{ mol}$ .  
 La massa molare di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> è: 32 + 2 = 34 g/mol. La massa di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> su un litro è  $34 \cdot 1,34 = 45,56 \text{ g/L}$ ;  
 La massa di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> su 100 mL è 4,56%. (Risposta B)

**32.** Una soluzione acquosa ha pH 8,0 ed è satura di acetato di un metallo, MAc<sub>(s)</sub>. Determinare la solubilità del sale MAc<sub>(s)</sub> in acqua (si consideri solo la reazione dello ione Ac<sup>-</sup> in acqua, trascurando tutti gli altri equilibri acido-base).

- A)  $6,1 \cdot 10^{-6} \text{ M}$   
 B)  $1,8 \cdot 10^{-3} \text{ M}$   
 C)  $4,2 \cdot 10^{-7} \text{ M}$   
 D)  $8,7 \cdot 10^{-5} \text{ M}$

**32. Soluzione**

La reazione acido-base dell'acetato è:  $\text{Ac}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HAc} + \text{OH}^-$   $K_b = K_w/K_a = 10^{-14}/1,8 \cdot 10^{-5} = 5,56 \cdot 10^{-10}$   
 $\text{pOH} = 14 - 8,0 = 6$   $[\text{OH}^-] = 10^{-6} \text{ M}$   $K_b = [\text{HAc}][\text{OH}^-]/[\text{Ac}^-]$   $K_b = [\text{OH}^-]^2/[\text{Ac}^-]$  da cui:  
 $[\text{Ac}^-] = [\text{OH}^-]^2/K_b$   $[\text{Ac}^-] = (10^{-6})^2/5,56 \cdot 10^{-10} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ .  
 La reazione di dissociazione è:  $\text{MAc} \rightarrow \text{M}^+ + \text{Ac}^-$  La solubilità è:  $s = [\text{Ac}^-] = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ . (Risposta B)

**33.** Una soluzione di un acido debole HY ha pH = 4,90. Quante volte occorre diluire la soluzione per avere un pH = 5,25?

- A) 10 volte                      B) 12 volte                      C) 5 volte                      D) 8 volte

**33. Soluzione**

La dissociazione dell'acido è:  $\text{HY} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Y}^-$   $K_a = [\text{H}^+][\text{Y}^-]/[\text{HY}]$   $K_a = [\text{H}^+]^2/C_1$   $K_a = (10^{-4,9})^2/C_1$ .  
 Dopo la diluizione si può scrivere:  $K_a = (10^{-5,25})^2/C_2$ .  
 Dato che  $K_a$  è la stessa deve valere:  $(10^{-5,25})^2/C_2 = (10^{-4,9})^2/C_1$  da cui si ricava il rapporto  $C_1/C_2$ :  
 $C_1/C_2 = (10^{-4,9}/10^{-5,25})^2 = (10^{0,35})^2$   $C_1/C_2 = 5$ . Si deve diluire 5 volte. (Risposta C)

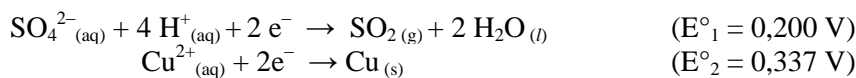
**34.** La combustione di un minerale, contenente il 15,0% (m/m) di azoto, produce NO<sub>(g)</sub>. Quanti grammi di aria (O<sub>2</sub> 21%, N<sub>2</sub> 78%, Ar 1% v/v) sono necessari per la combustione di 0,10 kg di minerale?

- A) 82,5 g                      B) 73,8 g                      C) 49,5 g                      D) 39,5 g

**34. Soluzione**

La reazione di combustione è:  $2 \text{ N} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ NO}$  La massa di N in 100 g di minerale è:  $0,15 \cdot 100 = 15 \text{ g}$   
 Le moli di N in 100 g di minerale sono:  $15/14 = 1,07 \text{ mol}$   
 Queste consumano la metà di moli di O<sub>2</sub>:  $1,07/2 = 0,5357 \text{ mol}$ . Le moli di aria sono:  $0,5357 \cdot (100/21) = 2,55 \text{ mol}$   
 La massa media dell'aria è:  $0,21 \cdot 32 + 0,78 \cdot 28 + 0,01 \cdot 40 = 28,96 \text{ g/mol}$ .  
 La massa di aria necessaria per la combustione è:  $2,55 \cdot 28,96 = 73,87 \text{ g}$ . (Risposta B)

35. Calcolare la costante di equilibrio della reazione che si verifica aggiungendo polvere di Cu<sub>(s)</sub> a una soluzione di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 M, conoscendo i valori di E° per le reazioni che seguono e assumendo che la pressione di SO<sub>2(g)</sub> sia uguale a 1,01 · 10<sup>5</sup> Pa.



- A) 7,2 · 10<sup>-6</sup>      B) 9,5 · 10<sup>-5</sup>      C) 7,4 · 10<sup>-4</sup>      D) 2,3 · 10<sup>-5</sup>

### 35. Soluzione

La reazione proposta è:  $\text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + \text{Cu} \rightarrow \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{Cu}^{2+}$

In questa reazione SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> si riduce e Cu si ossida, quindi si ha:  $\Delta E^\circ = 0,2 - 0,337 = -0,137 \text{ V}$ .

Dalla relazione:  $\Delta G^\circ = -nF\Delta E^\circ$  si ha:  $\Delta G^\circ = 2 \cdot 96485 \cdot 0,137 = 26437 \text{ J/mol}$  ( $\Delta G^\circ > 0$ , la reazione è sfavorita)

Dalla relazione:  $\Delta G^\circ = -RT \ln K$  si ottiene:  $\ln K = -\Delta G^\circ/RT = -26437/8,31 \cdot 298$        $\ln K = -0,67$

La costante K vale:  $K = 2,31 \cdot 10^{-5}$ . (Risposta D)

36. I risultati dell'analisi elementare di una sostanza, espressi come percentuali m/m sono:

C: 67,28%, H: 4,71%, N: 13,08%, O: 14,94%.      Indicare la formula bruta del composto.

- A) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NO<sub>2</sub>      B) C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>      C) C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>N<sub>2</sub>O      D) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NO

### 36. Soluzione

Le moli su 100 g sono: C (67,28/12 = 5,6); H (4,71/1,008 = 4,67); N (13,08/14 = 0,934); O (14,94/16 = 0,934).

Dividendo per il valore più piccolo si ha: C (5,6/0,934 = 6); H (4,67/0,934 = 5); N (1); O (1).

La molecola è quindi C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NO. (Risposta D)

37. In un recipiente chiuso a 430 °C, idrogeno e iodio reagiscono, secondo la reazione:  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{HI}(\text{g})$   
Mettendo a reagire quantità equimolari di idrogeno e iodio, all'equilibrio la pressione parziale di HI è il 78,65% della pressione totale. Calcolare la costante di equilibrio della reazione a 430 °C.

- A) 5430      B) 543      C) 54,3      D) 0,543

### 37. Soluzione

La reazione è:  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2 \text{HI}$

moli iniziali      n      n      0

moli finali      n-q      n-q      2q

moli totali finali:  $n - q + n - q + 2q = 2n$

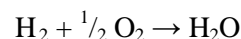
La pressione parziale di una sostanza gassosa è uguale alla sua frazione molare x per la P totale:  $p = x P$ .

Quindi:  $x = p/P$ . La frazione molare di HI è:  $2q/2n = 0,7865$  da cui si ricava:  $q = 0,7865 n$

La K di equilibrio è:  $K = p_{\text{HI}}^2/p_{\text{H}_2} p_{\text{I}_2} = x_{\text{HI}}^2/x_{\text{H}_2} x_{\text{I}_2}$        $K = 4q^2/(n-q)^2$

Sostituendo il valore di q si ottiene:  $K = 4 \cdot 0,7865^2 n^2 / (1 - 0,7865)^2 n^2 = 54,3$ . (Risposta C)

38. Un razzo con un motore che utilizza la reazione esotermica:



deve portare un vettore aerospaziale a una altezza di 350 km. In questo percorso si producono 1,80 · 10<sup>6</sup> kg di H<sub>2</sub>O.

Determinare il consumo medio di idrogeno per ogni chilometro percorso dal razzo:

- A) 571 kg      B) 5710 kg      C) 286 kg      D) 2860 kg

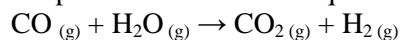
### 38. Soluzione

Le moli di H<sub>2</sub>O prodotte sono:  $1,80 \cdot 10^9 / 18 = 10^8 \text{ mol}$ . Queste coincidono con quelle di H<sub>2</sub> consumate.

La massa totale di H<sub>2</sub> consumata è:  $10^8 \cdot 2 \text{ g} = 0,2 \cdot 10^6 \text{ kg}$ .

La massa di H<sub>2</sub> consumata per chilometro è:  $0,2 \cdot 10^6 / 350 = 571 \text{ kg}$ . (Risposta A)

39. In un recipiente cilindrico chiuso da un pistone si stabilisce l'equilibrio:



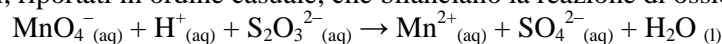
Cosa accade, all'equilibrio, se aumenta la pressione sul sistema?

- A) aumenta la massa dei prodotti  
B) aumenta la massa dei reagenti  
C) aumenta la costante di equilibrio della reazione  
D) nessuna delle tre

### 39. Soluzione

Dato che, nella reazione, le moli restano costanti, la pressione non cambia col procedere della reazione, quindi una variazione di pressione non può spostare l'equilibrio. (Risposta D)

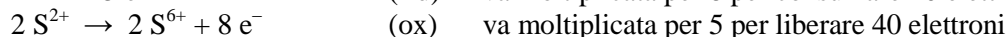
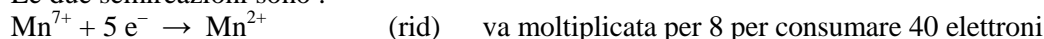
40. Indicare i coefficienti, riportati in ordine casuale, che bilanciano la reazione di ossidoriduzione:



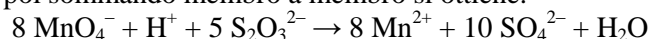
- A) 5, 5, 7, 7, 8, 10  
 B) 10, 10, 5, 8, 8, 14  
 C) 10, 5, 7, 8, 8, 14  
 D) 2, 8, 7, 10, 10, 14

#### 40. Soluzione

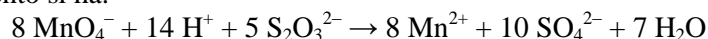
Le due semireazioni sono :



Moltiplicando per 8 e per 5 e poi sommando membro a membro si ottiene:



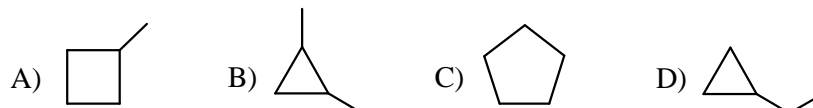
Completando il bilanciamento si ha:



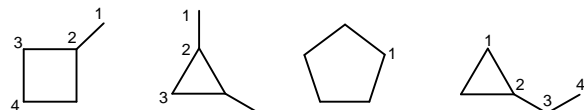
I coefficienti sono quindi: 5, 7, 8, 8, 10, 14.

(Risposta C)

41. Quale dei seguenti cicloalcani, con formula molecolare  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ , forma un solo prodotto di monoclorurazione quando viene riscaldato in presenza di  $\text{Cl}_2$ ?



#### 41. Soluzione



In figura sono indicati i punti dove si formano prodotti di monoclorurazione diversi.

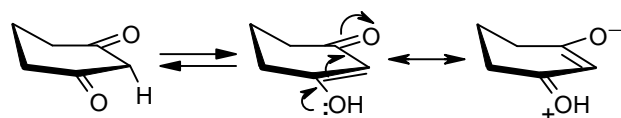
Solo il composto C dà un solo prodotto di monoclorurazione, mentre gli altri ne danno 3 o 4. (Risposta C)

42. Le aldeidi e i chetoni con almeno un idrogeno sul carbonio  $\alpha$  sono in equilibrio con le loro rispettive forme enoliche, e generalmente l'equilibrio è spostato verso la forma carbonilica.

Perché nel caso dell'1,3-cicloesandione, invece, l'equilibrio è spostato verso la forma enolica?

- A) la forma enolica è stabilizzata dalla coniugazione  
 B) la forma enolica è stericamente meno impedita  
 C) la forma enolica è stabilizzata da un legame a idrogeno intramolecolare  
 D) la forma enolica ha una maggiore reattività

#### 42. Soluzione



Il doppio legame dell'enolo è coniugato col secondo carbonile e questa risonanza stabilizza la forma enolica rispetto quella che si forma quando vi è un solo chetone, come nel cicloesانونe. (Risposta A)

43. La pressione osmotica del sangue è  $7,75 \cdot 10^5$  Pa. Si vuole preparare 1,00 L di soluzione di glucosio ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) isotonica rispetto al sangue. Quanto glucosio bisogna utilizzare?

- A) 45,6 g  
 B) 54,1 g  
 C) 72,5 g  
 D) 66,2 g

#### 43. Soluzione

La pressione osmotica obbedisce alla legge dei gas  $PV = nRT$  Le moli di glucosio sono quindi  $n = PV/RT$

Dove  $P = 7,75 \cdot 10^5 / 1,013 \cdot 10^5 = 7,65$  atm  $n = (7,65 \cdot 1) / (0,0821 \cdot 298) = 0,3127$  mol

La massa molare del glucosio  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  è:  $12 \cdot 6 + 12 + 16 \cdot 6 = 180$  g/mol.

La massa del glucosio è:  $0,3127 \cdot 180 = 56,3$  g.

(Risposta B)

44. Un sistema adiabatico si espande da  $1,0 \text{ m}^3$  a  $1,3 \text{ m}^3$  contro una pressione esterna costante di  $1,00 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ .

Qual è la variazione di energia interna?

- A)  $\Delta U = -3,0 \text{ kJ}$       B)  $\Delta U = -30 \text{ kJ}$       C)  $\Delta U = 30 \text{ kJ}$       D)  $\Delta U = -40 \text{ kJ}$

#### 44. Soluzione

In un sistema adiabatico non vi è scambio di calore con l'ambiente ( $Q = 0$ ). Per il primo principio:  
 $\Delta U = Q - W$  (calore assorbito - lavoro fatto) se  $Q = 0$  si ha:  $\Delta U = -W$  (se il sistema compie il lavoro  $W$ , si abbassa la sua energia interna).  $\Delta U = -P\Delta V = -10^4 \cdot (1,3 - 1,0) = -3,0 \text{ kJ}$ . (Risposta A)

45. Si consideri la conversione dell'ozono in ossigeno molecolare. Se in determinate condizioni la velocità con cui si produce ossigeno è  $6,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ , la velocità con cui si consuma ozono sarà:

- A)  $9,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$   
 B)  $12,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$   
 C)  $6,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$   
 D)  $4,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$

#### 45. Soluzione

La reazione è:  $2 \text{ O}_3 \rightarrow 3 \text{ O}_2$  la velocità con cui si consuma  $\text{O}_3$  è:  $2/3 \cdot 6,0 \cdot 10^{-5} = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ M/s}$ . (Risposta D)

46. Si osserva sperimentalmente che la velocità della reazione  $A \rightarrow \text{Prodotti}$  non cambia se varia la concentrazione di A. Qual è l'ordine di tale reazione? Quale andamento avrà la concentrazione di A al trascorrere del tempo?

- A) primo ordine; la concentrazione di A diminuisce linearmente  
 B) ordine zero; la concentrazione di A diminuisce linearmente  
 C) ordine zero; la concentrazione di A non cambia  
 D) primo ordine; il logaritmo della concentrazione di A diminuisce linearmente

#### 46. Soluzione

Qui bisogna ricordare le leggi cinetiche delle reazioni di ordine 0, I, II.

Ordine zero:  $v = k$        $A_0 - A = kt$        $t_{1/2} = A_0/2k$

Ordine I:  $v = k A$        $\ln(A_0/A) = kt$        $t_{1/2} = \ln 2 / k$

Ordine II:  $v = k A^2$        $1/A - 1/A_0 = kt$        $t_{1/2} = 1/kA_0$

Se la velocità di reazione non dipende da A, la reazione è di ordine zero ( $v = k$ ).

La concentrazione di A diminuisce linearmente ( $A_0 - A = kt$ ). (Risposta B)

47. L'equilibrio di formazione dell'acqua:  $2 \text{ H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{g})$

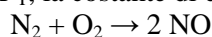
si sposta a destra se la temperatura diminuisce. Si può quindi concludere che:

- A) la reazione ha un  $\Delta H$  maggiore di zero  
 B) la reazione è endotermica  
 C) la reazione è esotermica  
 D) non si può trarre alcuna conclusione in assenza di dati aggiuntivi

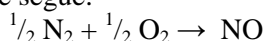
#### 47. Soluzione

Per il principio dell'equilibrio mobile di Le Chatelier, una reazione all'equilibrio tende a contrastare ogni perturbazione del sistema. Se la reazione si sposta a destra quando la temperatura diminuisce, significa che spostandosi a destra produce più calore, quindi la reazione è esotermica. (Risposta C)

48. Alla temperatura di 300 K e alla pressione  $P_T$ , la costante di equilibrio per la reazione:



è  $K_p$ . Se, invece, la reazione viene scritta come segue:



la costante di equilibrio sarà:

- A)  $(K_p)^{1/2}$       B)  $K_p$       C)  $(K_p)^2$       D)  $K_p \cdot P_T$

#### 48. Soluzione

Nel primo caso (considerando solo il numeratore) si ha:  $K_p = p_{\text{NO}}^2$       Nel secondo caso:  $K_2 = p_{\text{NO}}$   
 Quindi  $K_2 = (K_p)^{1/2}$ . (Risposta A)

49. In quale soluzione vi è la concentrazione di ioni  $\text{Ag}^+$  maggiore?

$K_{ps}(\text{AgCl}) = 1,8 \cdot 10^{-10}$ ;  $K_{ps}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 1,7 \cdot 10^{-5}$ ;  $K_{ps}(\text{AgCN}) = 1,2 \cdot 10^{-16}$ .

- A) soluzione satura di AgCl  
 B) soluzione satura di  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$   
 C) soluzione 0,015 M di  $\text{AgNO}_3$   
 D) soluzione satura di AgCN

#### 49. Soluzione

$\text{AgCl} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{Cl}^-$   $K_{ps} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$   $K_{ps} = [\text{Ag}^+]^2$   $[\text{Ag}^+] = (K_{ps})^{1/2} = (1,8 \cdot 10^{-10})^{1/2} = 1,34 \cdot 10^{-5} \text{ M}$   
 $\text{Ag}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{Ag}^+ + \text{SO}_4^{2-}$   $K_{ps} = [\text{Ag}^+]^2 [\text{SO}_4^{2-}]$   $K_{ps} = [\text{Ag}^+]^3$   $[\text{Ag}^+] = (K_{ps})^{1/3} = (17 \cdot 10^{-6})^{1/3} = 2,6 \cdot 10^{-2} \text{ M}$   
 $\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$  è solubile in acqua, quindi  $[\text{Ag}^+] = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ .  
 Dato che  $K_{ps}(\text{AgCN})$  è troppo piccola, la  $[\text{Ag}^+]$  maggiore si ha con  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  ( $2,6 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ ). (Risposta B)

50. Calcolare il pH di una soluzione ottenuta sciogliendo in acqua 0,015 mol di HCl e 0,030 mol di  $\text{NaNO}_2$  e portando il volume a 0,50 L.

- A) 2,2                      B) 3,3                      C) 4,3                      D) 4,9

#### 50. Soluzione

La reazione tra HCl e  $\text{NaNO}_2$  trasforma metà delle molecole di  $\text{NaNO}_2$  in  $\text{HNO}_2$  per cui alla fine si forma una soluzione tampone 1:1 con  $\text{NaNO}_2/\text{HNO}_2$ . Il pH di una soluzione tampone è:  $\text{pH} = \text{p}K_a - \log[\text{HA}]/[\text{A}^-]$ .

Se, come in questo caso,  $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$   $\log[\text{HA}]/[\text{A}^-] = 0$  quindi  $\text{pH} = \text{p}K_a$ .

Dalle tabelle, per  $\text{HNO}_2$ , si ottiene:  $K_a = 4,5 \cdot 10^{-4}$  quindi:  $\text{pH} = \text{p}K_a = -\log 4,5 \cdot 10^{-4} = 3,35$ . (Risposta B)

51. Quanti grammi di acqua devono evaporare da 80,0 g di una soluzione al 37,0% (m/m) di KBr, per ottenere una soluzione al 55,0%?

- A) 34,3 g                      B) 12,8 g                      C) 11,7 g                      D) 26,2 g

#### 51. Soluzione

In 100 g di soluzione vi sono 37 g di KBr e quindi:  $100 - 37 = 63 \text{ g di H}_2\text{O}$ .

In 80 g di soluzione vi sono:  $37 \cdot 0,8 = 29,6 \text{ g di KBr}$  e  $63 \cdot 0,8 = 50,4 \text{ g di H}_2\text{O}$ .

Perché 29,6 g di KBr siano il 55%, devono essere sciolti in  $(29,6/55) \cdot 45 = 24,2 \text{ g di H}_2\text{O}$ .

Devono evaporare  $50,4 - 24,2 = 26,2 \text{ g di acqua}$ . (Risposta D)

52. Alla temperatura di 293 K, in 250 mL di soluzione acquosa sono sciolti 0,019 g di  $\text{N}_{2(\text{aq})}$  nelle condizioni in cui la pressione parziale di  $\text{N}_{2(\text{g})}$  sulla soluzione è  $1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Calcolare la costante (in unità Pa/M) relativa all'equilibrio:

- A)  $4,11 \cdot 10^6 \text{ Pa/M}$     B)  $1,55 \cdot 10^5 \text{ Pa/M}$     C)  $3,73 \cdot 10^7 \text{ Pa/M}$     D)  $8,44 \cdot 10^7 \text{ Pa/M}$

#### 52. Soluzione

In un litro di soluzione sono sciolti  $0,019 \cdot 4 = 0,076 \text{ g di N}_2$  che corrispondono a  $0,076/28 = 2,71 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

La K di equilibrio della reazione è:  $K = P_{\text{N}_2}/M_{\text{N}_2} = 1,01 \cdot 10^5/2,71 \cdot 10^{-3} = 3,73 \cdot 10^7 \text{ Pa/M}$ . (Risposta C)

53. Calcolare il pH di una soluzione ottenuta mescolando: 100,0 mL di  $\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{aq})}$  0,020 M con 20,0 mL di  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$  0,030 M e 50,0 mL di  $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$  0,052 M. Considerare i volumi additivi.

- A) 10,7                      B) 12,5                      C) 7,21                      D) 9,15

#### 53. Soluzione

In 20 mL di HCl 0,03 M le moli sono:  $n = M V = 0,03 \cdot 20 = 0,6 \text{ mmol}$ .

In 50 mL di NaOH 0,052 M le moli sono:  $n = M V = 0,052 \cdot 50 = 2,6 \text{ mmol}$ .

NaOH viene in parte neutralizzato da HCl e restano:  $2,6 - 0,6 = 2,0 \text{ mmol di NaOH}$

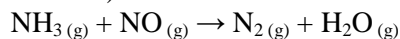
In 100 mL di  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,02 M le moli sono:  $n = M V = 0,02 \cdot 100 = 2,0 \text{ mmol} (\text{NH}_4^+)$ .

2 mmol di NaOH reagiscono completamente con 2 mmol di  $\text{NH}_4^+$  formando 2 mmol di  $\text{NH}_3$  in 170 mL.

La concentrazione di  $\text{NH}_3$  è  $2/170 = 1,176 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ . L'ammoniaca si dissocia secondo la reazione:

$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$   $K_b = [\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]/[\text{NH}_3]$   $K_b = [\text{OH}^-]^2/C$   $[\text{OH}^-] = (K_b \cdot C)^{1/2}$   
 $[\text{OH}^-] = (1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1,176 \cdot 10^{-2})^{1/2} = 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ .  $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = 3,34$   $\text{pH} = 10,7$ . (Risposta A)

54. A 1000 K avviene la reazione (da bilanciare):

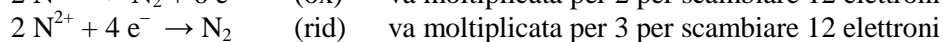


Quante moli di  $\text{N}_2$  si ottengono se si mettono a reagire 15,3 mol di NO e 8,5 moli di  $\text{NH}_3$ ?

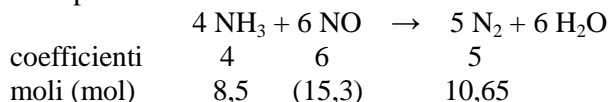
- A) 12,1 mol  
 B) 11,2 mol  
 C) 13,1 mol  
 D) 10,6 mol

#### 54. Soluzione

Le due semireazioni sono:



Moltiplicando per 2 e per 3 e poi sommando membro a membro si ottiene:



Le moli di NO che reagiscono con 8,5 mol di  $\text{NH}_3$  sono:  $(8,5/4) \cdot 6 = 12,75$  mol. Le moli di NO sono in eccesso.

Le moli di  $\text{N}_2$  che si formano da 8,5 mol di  $\text{NH}_3$  sono:  $(8,5/4) \cdot 5 = 10,65$  mol. (Risposta D)

55. Mettendo a reagire 2,00 mol di  $\text{N}_2$  con una quantità stechiometrica di  $\text{H}_2$ , ad alta temperatura, si forma  $\text{NH}_3$ . Calcolare il numero di moli di tutte le specie presenti alla fine della trasformazione, se la reazione ha una resa del 75%.

- A) 1,0 mol  $\text{N}_2$ ; 3,0 mol  $\text{H}_2$ ; 2,0 mol  $\text{NH}_3$   
 B) 0,5 mol  $\text{N}_2$ ; 1,5 mol  $\text{H}_2$ ; 3,0 mol  $\text{NH}_3$   
 C) 0,7 mol  $\text{N}_2$ ; 0,21 mol  $\text{H}_2$ ; 1,75 mol  $\text{NH}_3$   
 D) 0,25 mol  $\text{N}_2$ ; 0,50 mol  $\text{H}_2$ ; 3,0 mol  $\text{NH}_3$

#### 55. Soluzione

La reazione che avviene è:  $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{NH}_3$

moli iniziali	2,0	6,0	
moli finali	0,5	1,5	3,0

Se la resa è 75%, le moli non reagite sono il 25%.

Le moli finali di  $\text{N}_2$  sono:  $0,25 \cdot 2,0 = 0,5$  mol. Le moli finali di  $\text{H}_2$  sono:  $0,25 \cdot 6,0 = 1,5$  mol.

Le moli reagite di  $\text{N}_2$  sono:  $2,0 - 0,5 = 1,5$  mol. Le moli finali di  $\text{NH}_3$  sono  $1,5 \cdot 2 = 3,0$  mol. (Risposta B)

56. Nella struttura di Lewis dello ione  $\text{NO}_3^-$  la carica formale sull'azoto è:

- A) 0                      B) +1                      C) +2                      D) +3

#### 56. Soluzione

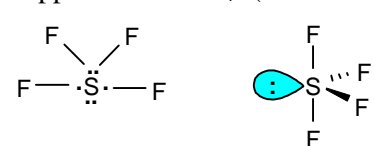
Nello ione nitrato l'azoto fa quattro legami e quindi sta utilizzando anche il suo doppietto di non legame. Sull'azoto, invece dei normali 5 elettroni, ve ne sono solo 4, quindi l'azoto ha una carica formale positiva: +1. (Risposta B)

57. Indicare, in base alla teoria VSEPR, quale delle due specie,  $\text{SF}_4$  e  $\text{NH}_4^+$ , ha una geometria a cavalletto:

- A) solo  $\text{SF}_4$   
 B) solo  $\text{NH}_4^+$   
 C) ambedue le specie  
 D) nessuna delle due specie

#### 57. Soluzione

Sappiamo che  $\text{NH}_4^+$  (come il metano  $\text{CH}_4$ ) ha una struttura tetraedrica.



Analizziamo  $\text{SF}_4$ . Lo zolfo (come l'ossigeno) ha 6 elettroni di valenza. Con 4 elettroni lega i 4 atomi di fluoro, gli restano due elettroni che formano una coppia di non legame. Le coppie da alloggiare attorno a S sono  $4 + 1 = 5$  e si dispongono a bipiramide trigonale. La coppia di non legame (più ingombrante) va posta su uno dei vertici della base (angoli di  $120^\circ$ ).

La molecola ha quindi una geometria a cavalletto.

(Risposta A)

**58.** La reazione tra zinco e acido solforico produce solfato di zinco e idrogeno gassoso. Calcolare quanti grammi di solfato di zinco si producono se si formano 28,0 L di  $H_2$  misurato a 273,15 K e 101,3 kPa.

- A) 202,0 g  
B) 404,0 g  
C) 606,0 g  
D) 134,7 g

**58. Soluzione**

La reazione è:  $Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$

Dalla legge dei gas si ottengono le moli di  $H_2$ :  $n = PV/RT = (1 \cdot 28)/(0,0821 \cdot 273) = 1,25$  mol

Il rapporto in moli  $H_2/ZnSO_4$  è 1:1, quindi si ottengono 1,25 moli anche di  $ZnSO_4$ .

La massa molare di  $ZnSO_4$  è:  $65,38 + 32,06 + 64 = 161,4$  g/mol

La massa di  $ZnSO_4$  è:  $161,4 \cdot 1,25 = 202$  g.

(Risposta A)

**59.** 2,95 g di un miscuglio costituito unicamente da carbonato di calcio e carbonato di magnesio vengono completamente decomposti per riscaldamento. Dalla decomposizione si ottengono 750 mL di  $CO_2$  misurati a 298 K e 101,3 kPa. Calcolare la composizione percentuale della miscela.

- A)  $CaCO_3 = 74,58\%$ ;  $MgCO_3 = 25,42\%$   
B)  $CaCO_3 = 62,64\%$ ;  $MgCO_3 = 37,36\%$   
C)  $CaCO_3 = 30,51\%$ ;  $MgCO_3 = 69,49\%$   
D)  $CaCO_3 = 78,3\%$ ;  $MgCO_3 = 21,7\%$

**59. Soluzione**

Le reazioni sono:  $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$  e  $MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2$

Le masse molari sono:  $CaCO_3$  ( $40,08 + 12 + 48 = 100,08$  g/mol);  $MgCO_3$  ( $24,3 + 12 + 48 = 84,3$  g/mol)

Dalla legge dei gas si ricavano le moli di  $CO_2$ :  $n = PV/RT = (1 \cdot 0,75)/(0,0821 \cdot 298) = 0,030655$  mol

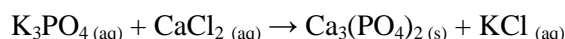
Le moli di  $CO_2$  sono la somma delle moli dei due sali:  $x = \text{moli } CaCO_3$  ( $0,030655 - x = \text{moli } MgCO_3$ )

$x \cdot MM_{CaCO_3} + (0,030655 - x) \cdot MM_{MgCO_3} = 2,95$  g  $100,08 x + 84,3 (0,030655 - x) = 2,95$

$100,08 x + 2,584 - 84,3 x = 2,95$   $15,78 x = 0,366$   $x = 0,0232$  mol  $0,0232 \cdot 100,08 = 2,32$  g  $CaCO_3$

$2,32/2,95 = 78,6\%$   $CaCO_3$  e quindi  $21,4\%$   $MgCO_3$ . (Risposta D)

**60.** Calcolare quanti grammi di  $Ca_3(PO_4)_2$  si ottengono facendo reagire 22 g di  $K_3PO_4$  con 12 g di  $CaCl_2$ . La reazione (da bilanciare) è:



- A) 44 g  
B) 33 g  
C) 22 g  
D) 11 g

**60. Soluzione**

La reazione bilanciata è:  $2 K_3PO_4 + 3 CaCl_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 6 KCl$

coefficienti	2	3	1
moli (mol)	(0,1036)	0,108	0,036
MM (g/mol)	212,3	111	310,2
massa (g)	22	12	11,2

Le masse molari (in g/mol) sono:

$K_3PO_4$  ( $3 \cdot 39,1 + 31 + 64 = 212,3$ );  $CaCl_2$  ( $40,1 + 2 \cdot 35,45 = 111$ );  $Ca_3(PO_4)_2$  ( $120,2 + 95 \cdot 2 = 310,2$ ).

Le moli di  $K_3PO_4$  sono:  $22/212,3 = 0,1036$  mol; le moli di  $CaCl_2$  sono:  $12/111 = 0,108$  mol.

Il  $K_3PO_4$  è in eccesso: per reagire con 0,108 mol di  $CaCl_2$  bastano:  $0,108 \cdot (2/3) = 0,072$  mol di  $K_3PO_4$ .

Quindi,  $CaCl_2$  è il reagente limitante.

Le moli di  $Ca_3(PO_4)_2$  sono:  $0,108 \cdot (1/3) = 0,036$  mol. La sua massa è:  $310,2 \cdot 0,036 = 11,2$  g. (Risposta D)

Soluzioni proposte da Mauro Tonellato