

## Giochi della Chimica 1998

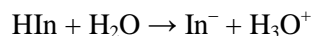
### Problemi risolti – Fase regionale – Classe C

1. La “digestione” di un precipitato prima della filtrazione ha la funzione di:
- A) far accrescere le dimensioni dei cristalli      B) diminuirne la solubilità  
C) renderne più completa la precipitazione      D) far depositare il precipitato sul fondo del recipiente

#### 1. Soluzione

La “digestione” di un precipitato ha la funzione di far accrescere le dimensioni dei cristalli. (Risposta A)

2. Alcune gocce dell'indicatore metilarancio (HIn) vengono aggiunte ad una soluzione acquosa che si trova alla temperatura T. Si ha la reazione:



che raggiunge l'equilibrio. Il colore della soluzione è:

- A) giallo                      B) arancione  
C) rosso                      D) imprecisabile perché dipende dall'acidità della soluzione

#### 2. Soluzione

Il metilarancio è un indicatore acido-base che in soluzioni basiche è giallo, mentre in soluzioni acide è rosso. Il pH di viraggio è intorno a 4 dove si presenta arancione. Nel problema, però, il pH è indefinito. (Risposta D)

3. La formazione del complesso  $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2^{2+}$  può essere sfruttata per:
- A) titolare una soluzione di  $\text{Zn}^{2+}$  con una soluzione acquosa di  $\text{NH}_3$  (0,1 M)  
B) titolare una soluzione acquosa di  $\text{NH}_3$  con una soluzione acquosa di  $\text{Zn}^{2+}$  (0,1 M)  
C) individuare qualitativamente lo ione  $\text{Zn}^{2+}$   
D) separare gli ioni  $\text{Zn}^{2+}$  dagli ioni  $\text{Fe}^{3+}$  in una soluzione acquosa che li contiene entrambi

#### 3. Soluzione

In soluzione ammoniacale, il  $\text{Fe}^{3+}$  precipita come idrossido  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  rosso ruggine, mentre lo zinco resta in soluzione formando il complesso solubile  $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2^{2+}$ . Così i due ioni possono essere separati. (Risposta D)

4. Un materiale umido, contenente il 60% di acqua, viene essiccato fino alla perdita dei 2/3 dell'acqua inizialmente presente. Indicare l'umidità del materiale alla fine dell'essiccamento.

- A) 20%                      B) 40%                      C) 33,3%                      D) 16,7%

#### 4. Soluzione

In 100 g di materiale vi sono 60 g di acqua e 40 g di sostanza. Se i 2/3 dell'acqua vengono eliminati, ne resta 1/3 cioè 20 g. Il materiale contiene ora 20 g di acqua su  $20 + 40 = 60$  g totali:  $20/60 = 33,3\%$ . (Risposta C)

5. In una normale titolazione acido-base, il sistema nel becher raggiunge l'equilibrio chimico:

- A) in prossimità del punto di equivalenza                      B) subito dopo ogni aggiunta di titolante  
C) esattamente al punto di equivalenza                      D) in ogni caso solo al punto di viraggio

#### 5. Soluzione

Dato che la reazione acido base è veloce, subito dopo ogni aggiunta di titolante il sistema nel becher raggiunge rapidamente l'equilibrio chimico. (Risposta B)

6. Ad una temperatura definita e costante (T), in una soluzione acquosa contenente solo AgCl, il prodotto delle concentrazioni molari  $[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$  ha lo stesso valore numerico della  $K_{ps}$  (alla stessa T) quando:

- A) la concentrazione molare di  $\text{Ag}^+$  è uguale a quella di  $\text{Cl}^-$   
B)  $n(\text{AgCl disciolto}) = n(\text{AgCl precipitato})$   
C) la soluzione è satura in AgCl  
D) la soluzione è sovrassatura

#### 6. Soluzione

Quando la soluzione è satura di AgCl, si ha:  $K_{ps} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$ . (Risposta C)

7. Un enzima implicato nella catalisi di reazioni redox passa dalla forma ossidata a quella ridotta accettando due elettroni. Si mescola la forma ossidata dell'enzima (a pH = 7,00) con la forma ossidata di un indicatore redox ( $E^\circ = -0,187 \text{ V}$  a  $37^\circ\text{C}$ ) le cui forme differiscono per un elettrone. La miscela viene parzialmente ridotta con un riducente fino alle condizioni di equilibrio, cui corrispondono le seguenti concentrazioni:

$$\begin{aligned} C_{\text{enz. ox}} &= 4,2 \cdot 10^{-5} \text{ M}; & C_{\text{ind. ox}} &= 3,9 \cdot 10^{-5} \text{ M}; \\ C_{\text{enz. rid}} &= 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ M}; & C_{\text{ind. rid}} &= 5,5 \cdot 10^{-5} \text{ M}. \end{aligned}$$

Ciò significa che  $E^\circ$  dell'enzima a  $37^\circ\text{C}$  vale:

- A)  $-0,174 \text{ V}$
- B)  $-0,156 \text{ V}$
- C)  $-0,366 \text{ V}$
- D)  $-0,208 \text{ V}$

### 7. Soluzione

Il potenziale dell'enzima X vale:  $E_X = E_X^\circ + 0,059/2 \log X_{\text{ox}}/X_{\text{rid}}$

Il potenziale dell'indicatore è:  $E_I = E_I^\circ + 0,059 \log I_{\text{ox}}/I_{\text{rid}}$

Al punto di equilibrio, per l'indicatore si ha:  $E_I = -0,187 + 0,059 \log 3,5/5,5 = -0,1986 \text{ V}$

All'equilibrio enzima e indicatore hanno lo stesso potenziale:  $E_X = E_X^\circ + 0,059/2 \log 4,2/1,8 = -0,1986 \text{ V}$

Da cui:  $E_X^\circ = -0,1986 - 0,01086 = -0,209 \text{ V}$ . (Risposta D)

8. La ferroina, indicatore per reazioni redox, ha nella forma ossidata colore blu e nella forma ridotta rosso. Se il suo potenziale elettrochimico standard è  $E^\circ = +1,147 \text{ V}$  a  $298 \text{ K}$ , si può prevedere che il suo viraggio avvenga nell'intervallo di potenziale compreso tra:

- A)  $1,088 \text{ V}$  e  $1,206 \text{ V}$
- B)  $1,147 \text{ V}$  e  $1,165 \text{ V}$
- C)  $1,129 \text{ V}$  e  $1,165 \text{ V}$
- D)  $1,088 \text{ V}$  e  $1,185 \text{ V}$

### 8. Soluzione

Se consideriamo che il cambio di colore avvenga quando il rapporto tra le specie colorate è 10:1, il viraggio a potenziale inferiore si ha quando:  $E = E^\circ + 0,059 \log 1/10 = 1,147 + 0,059 (-1) = 1,088 \text{ V}$ . Il viraggio a potenziale superiore si ha quando:  $E = E^\circ + 0,059 \log 10 = 1,147 + 0,059 (+1) = 1,206 \text{ V}$ . (Risposta A)

9. In una cella galvanica i fattori che intervengono a ridurre la f.e.m. di uscita o ad aumentare la d.d.p. necessaria per l'elettrolisi (rispetto ai valori calcolati con l'equazione di Nernst) sono: la corrente elettrica nel circuito ...

- A) esclusivamente
- B) e le sovratensioni agli elettrodi
- C) e le polarizzazioni di concentrazione
- D) le polarizzazioni di concentrazione e le sovratensioni agli elettrodi

### 9. Soluzione

La f.e.m. misurata è inferiore a quella teorica a causa della resistenza interna della cella e quindi alla corrente che scorre ( $-\Delta V = R i$ ), alla polarizzazione di concentrazione (attorno agli elettrodi la reazione consuma il reattivo e la concentrazione reale si abbassa) e alla sovratensione necessaria per avere la reazione. (Risposta D)

10. Un recipiente adiabatico, è composto da due camere, separate da un setto, contenenti due diverse quantità ( $n_1 = 2 \text{ mol}$  ed  $n_2 = 5 \text{ mol}$ ) di un gas ideale nelle stesse condizioni di pressione e di temperatura. Se si toglie il setto e si lasciano mescolare i due gas fino all'equilibrio, la variazione di entropia del sistema tra lo stato iniziale e quello finale è:

- A)  $112,9 \text{ J/K}$
- B)  $34,7 \text{ J/K}$
- C)  $0 \text{ J/K}$
- D)  $-112,9 \text{ J/K}$

### 10. Soluzione

L'entropia di mescolamento è positiva (C e D errate) e vale:  $\Delta S_m = -nR(x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2)$

Le moli totali sono:  $2 + 5 = 7 \text{ mol}$ . La frazione molare di 1 è:  $x_1 = 2/7$ . La frazione molare di 2 è:  $x_2 = 5/7$ .

$\Delta S_m = -7 \cdot 8,31 (2/7 \ln 2/7 + 5/7 \ln 5/7) = -58,198 (-0,3579 - 0,240) = +34,8 \text{ J/K}$ . (Risposta B)

11. Una mole di fotoni di luce rossa con  $\lambda = 650 \text{ nm}$  ( $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ ) trasporta un'energia pari a:

- A) 184,2 kJ      B)  $3,058 \cdot 10^{-19} \text{ kJ}$       C) 769,9 kJ      D) 44,06 kJ

### 11. Soluzione

Per la legge di Plank l'energia del fotone è:  $E = h\nu$  dove:  $\nu = c/\lambda$ . L'energia di una mole di fotoni è:  
 $E = N h c/\lambda$      $E = (6,022 \cdot 10^{23} \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8)/(650 \cdot 10^{-9}) = 184,3 \text{ kJ}$ . (Risposta A)

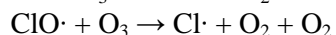
12. Le reazioni tra ozono e clorofluorocarburi che giustificano la formazione del buco dell'ozono sono reazioni:

- A) parallele      B) consecutive      C) eversibili      D) a catena

### 12. Soluzione

La reazione a catena è la seguente: inizio:  $\text{RCl} + h\nu \rightarrow \text{R}\cdot + \text{Cl}\cdot$  (un radicale  $\text{Cl}\cdot$  distrugge migliaia di  $\text{O}_3$ )

Propagazione:  $\text{Cl}\cdot + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO}\cdot + \text{O}_2$



(Risposta D)

13. Lo smalto che ricopre i denti contiene il minerale idrossiapatite  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . La carie si forma perché lo *Streptococcus mutans* forma la placca dentaria e aderisce ai denti producendo acido lattico dal metabolismo del glucosio. Così l'acidità sulla superficie del dente scende al di sotto di pH 5 e l'idrossiapatite diventa solubile. Gli ioni fluoruro che si trovano in alcuni dentifrici inibiscono la carie dentaria non solo perché inibiscono alcuni enzimi dello *Streptococcus* ma anche perché:

- A) innalzano il pH dell'ambiente e quindi ostacolano la solubilizzazione dell'idrossiapatite  
 B) formano in superficie fluoroapatite meno solubile dell'idrossiapatite in ambiente acido  
 C) realizzano un tampone a pH 7 che impedisce la solubilizzazione dell'idrossiapatite  
 D) idrolizzano i polisaccaridi che formano la placca dentaria

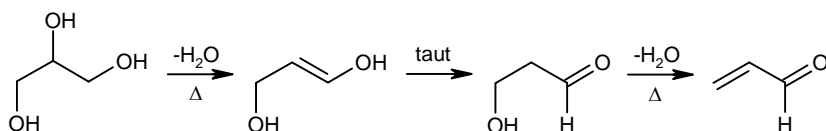
### 13. Soluzione

Gli ioni fluoruro sostituiscono alcuni ioni idrossido dell'idrossiapatite formando in superficie fluoroapatite meno solubile in ambiente acido. (Risposta B)

14. Durante la frittura delle patatine si produce a volte un odore sgradevole. Questo fenomeno è dovuto:

- A) al disgregamento delle micelle dell'olio per effetto della temperatura e alla distillazione di lipidi  
 B) alla trasformazione di glicerolo in acroleina con perdita di acqua  
 C) all'ossidazione dei legami insaturi degli acidi grassi ad opera dell' $\text{O}_2$  disciolto  
 D) all'idrolisi parziale dei trigliceridi che formano acido acetico e acetilderivati

### 14. Soluzione



Una prima disidratazione del glicerolo forma un enolo instabile che per tautomeria forma un beta-idrossi-aldeide. La seconda disidratazione forma acroleina un'aldeide alfa-beta insatura. (Risposta B)

15. Un gas di formula  $\text{NOX}$ , inizialmente puro, ad una temperatura definita si decompone per il 16% in ossido di azoto ( $\text{NO}$ ) e  $\text{X}_2$ , entrambi gassosi. Se la densità della miscela all'equilibrio (relativa all'idrogeno) è 22,685, si può affermare che:

- A) la massa molare di  $\text{X}_2$  non è calcolabile per mancanza di qualche dato  
 B) la massa molare di  $\text{X}_2$  è il 16% di quella di  $\text{NOX}$   
 C)  $\text{X} = \text{Cl}$   
 D) la massa molare di  $\text{X}_2$  è 38 g/mol

### 15. Soluzione

La reazione è:  $2 \text{NOX} \rightarrow 2 \text{NO} + \text{X}_2$

Moli iniziali      100

Moli finali      84      16      8      Moli finali totali 108

La massa di queste 108 moli è 22,685 volte la massa di 108 moli di  $\text{H}_2$ :  $22,685 \cdot 108 \cdot 2 = 4900 \text{ g}$

La massa molare di  $\text{NOX}$  è:  $14 + 16 + x = 30 + x$ . La massa di 100 moli di  $\text{NOX}$  è:  $100(30 + x) = 3000 + 100x$ .

Possiamo scrivere l'equazione:  $3000 + 100x = 4900$  da cui:  $x = 1900/100 = 19 \text{ g/mol}$  (Fluoro)

La massa molare di  $\text{F}_2$  è 38 g/mol.

(Risposta D)

16. Indicare la massa del  $\text{CaF}_2$  ( $K_{ps} = 3,4 \cdot 10^{-11}$  e  $K_{a(\text{HF})} = 10^{-4}$  a  $25^\circ\text{C}$ ) che si può sciogliere in una soluzione acquosa (250 mL) tamponata a  $\text{pH} = 6,11$ .

- A)  $3,99 \cdot 10^{-3}$  g  
 B)  $2,00 \cdot 10^{-3}$  g  
 C)  $1,59 \cdot 10^{-2}$  g  
 D)  $2,04 \cdot 10^{-4}$  g

### 16. Soluzione

La dissociazione di  $\text{CaF}_2$  è:  $\text{CaF}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{F}^-$   $K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^-]^2$  senza HF si ha:  $K_{ps} = s(2s)^2 = 4s^3$   
 $s^3 = K_{ps}/4$   $s = (3,4 \cdot 10^{-11}/4)^{1/3} = (8,5 \cdot 10^{-12})^{1/3}$   $s = 1,286 \cdot 10^{-4}$  mol/L

La massa molare di  $\text{CaF}_2$  è:  $40,08 + 2 \cdot 19 = 78,08$  g/mol.

La massa di  $\text{CaF}_2$  solubile in 250 mL (senza HF) è:  $0,25 \cdot 78,08 \cdot 1,286 \cdot 10^{-4} = 2,51 \cdot 10^{-3}$  g

Tamponando il pH a 6,11,  $[\text{F}^-]$  diminuisce formando HF, quindi la solubilità di  $\text{CaF}_2$  aumenta. Il solo valore maggiore di  $2,51 \cdot 10^{-3}$  è  $3,99 \cdot 10^{-3}$  (risposta A). Calcoliamo il valore esatto.

La dissociazione di HF è:  $\text{HF} \rightarrow \text{H}^+ + \text{F}^-$   $K_a = [\text{H}^+][\text{F}^-]/[\text{HF}]$   
 $[\text{F}^-]/[\text{HF}] = K_a/[\text{H}^+] = 10^{-4}/10^{-6,11} = 10^{2,11}$  da cui:  $[\text{F}^-] = 128,8 [\text{HF}]$   $[\text{F}^-]\% = 128,8/129,8 = 99,23\%$  di F

La  $K_{ps}$  va ricalcolata:  $K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^-]^2$   $K_{ps} = s(2s \cdot 0,9923)^2$   $K_{ps} = 3,939 s^3$   
 $s^3 = K_{ps}/3,939$   $s = (3,4 \cdot 10^{-11}/3,939)^{1/3} = (8,63 \cdot 10^{-12})^{1/3}$   $s = 2,051 \cdot 10^{-4}$  mol/L

La massa di  $\text{CaF}_2$  solubile in 250 mL (a pH 6,11) è:  $0,25 \cdot 78,08 \cdot 2,051 \cdot 10^{-4} = 4,04 \cdot 10^{-3}$  g. (Risposta A)

17. Indicare la concentrazione di  $\text{CO}_3^{2-}$  necessaria perché inizi la precipitazione di  $\text{CaCO}_3$  da una soluzione 0,010 M di  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . Il  $\text{p}K_{ps}$  nella soluzione alla temperatura di lavoro è pari a 7,73.

- A)  $1,9 \cdot 10^{-6}$  M  
 B) leggermente inferiore a  $1,9 \cdot 10^{-6}$  M  
 C) leggermente superiore a  $1,9 \cdot 10^{-6}$  M  
 D)  $1,9 \cdot 10^{-3}$  M

### 17. Soluzione

La reazione è la seguente:  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$   $K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$  da cui:  $[\text{CO}_3^{2-}] = K_{ps}/[\text{Ca}^{2+}]$   
 $K_{ps} = 10^{-\text{p}K_{ps}} = 10^{-7,73} = 1,86 \cdot 10^{-8}$ . Quindi:  $[\text{CO}_3^{2-}] > 1,86 \cdot 10^{-8}/0,01$   $[\text{CO}_3^{2-}] > 1,9 \cdot 10^{-6}$  M. (Risposta C)

18. Indicare il pH di una soluzione acquosa di KOH avente  $d = 1,01$  g/mL e frazione molare 0,004189.

- A) 12,11  
 B) 10,37  
 C) 9,00  
 D) 13,37

### 18. Soluzione

Chiamando  $x$  le moli di KOH aggiunte a 1000 g di acqua, la frazione molare è:  $x/(x + 55,55) = 0,004189$

$x = 0,004189 x + 0,2327$   $0,9958 x = 0,2327$  da cui:  $x = 0,2337$  mol/1000 g di  $\text{H}_2\text{O}$

La massa molare di KOH è:  $39,10 + 17 = 56,1$ . La massa di 0,2337 mol di KOH è:  $56,1 \cdot 0,2337 = 13,11$  g.

La massa della soluzione di KOH e  $\text{H}_2\text{O}$  è:  $1000 + 13,1 = 1013$  g/L la densità coincide con quella data 1,01 g/mL

La concentrazione di KOH è:  $2,337 \cdot 10^{-1}$  M.  $\text{pOH} = -\log(2,337 \cdot 10^{-1}) = 0,63$   $\text{pH} = 13,37$ . (Risposta D)

19. Indicare la variazione di entropia che si ha se si scaldano a volume costante 700 mg di idrogeno fino a raddoppiarne la pressione iniziale.

- A) 5,03 J/K  
 B) 3,02 J/K solo se  $T = 273$  K  
 C) 3,02 J/K  
 D) 5,03 J/K solo se  $P = 2,00 \cdot 10^5$  Pa

### 19. Soluzione

Il calore fornito a V costante è:  $Q = n c_v \Delta T$  dove (per un gas biatomico)  $c_v = 3/2 R + R = 5/2 R$

Le moli di  $\text{H}_2$  sono:  $0,7/2 = 0,35$  mol

La pressione vale:  $P = nRT/V$  a V costante si ottiene:  $P = k T$  cioè se raddoppia P, raddoppia T.

La variazione di entropia è:  $dS = dQ/T$  quindi:  $dS = n c_v dT/T$

Integrando si ottiene:  $\Delta S = n c_v \ln T_2/T_1$   $\Delta S = 0,35 \cdot 5/2 \cdot 8,314 \cdot \ln 2 = 5,04$  J/K. (Risposta A)

20. Un sistema è costituito da una fase liquida e da una fase vapore in equilibrio e contiene acqua, acetone e metanolo. Ha quindi varianza pari a:

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

### 20. Soluzione

La varianza (gradi di libertà) è data da:  $v = c - F + 2$  (componenti - fasi + 2)

In questo caso:  $v = 3 - 2 + 2 = 3$ .

(Risposta D)

21. Un "inventore" afferma di aver messo a punto una macchina che nel corso di un ciclo completo, produce 1440 J di lavoro, mentre riceve 336 cal a 500 K dalla sorgente di calore. Una tale macchina viola:

- A) il 1° principio della termodinamica                      B) il 2° principio della termodinamica  
C) sia il 1° che il 2° principio della termodinamica                      D) un principio della termodinamica diverso dal 1° e 2°

### 21. Soluzione

336 cal sono:  $336 \cdot 4,184 = 1406$  J. La macchina viola il 1° principio (conservazione dell'energia) perchè produce più energia (1440 J) di quella che riceve (1406 J). La macchina viola anche il secondo principio perchè una parte dell'energia che assorbe deve essere ceduta ad un serbatoio termico a temperatura minore. (Risposta C)

22. Indicare la lunghezza del legame tra ossigeno e azoto nello ione  $\text{NO}_2^-$ .

- A) intermedia tra singolo e doppio                      B) intermedia tra doppio e triplo  
C) tipica del legame triplo                      D) tipica del legame doppio

### 22. Soluzione

Lo ione nitrito può essere rappresentato con due diverse forme limite di risonanza. In una l'azoto lega un ossigeno con legame singolo e l'altro con legame doppio. Nell'altra i legami singolo e doppio sono invertiti. La molecola vera ha caratteristiche intermedie infatti ha due legami NO identici con ordine di legame 1,5 come è confermato dalla lunghezza dei legami, intermedia tra quella di un legame singolo e uno doppio. (Risposta A)

23. L'esterificazione del cloruro di benzoile con (R)-2-butanolo:

- A) produce una miscela racemica di esteri  
B) è un esempio di sostituzione nucleofila aromatica  
C) avviene con rottura del legame O-H dell'alcol  
D) avviene con inversione di configurazione allo stereocentro

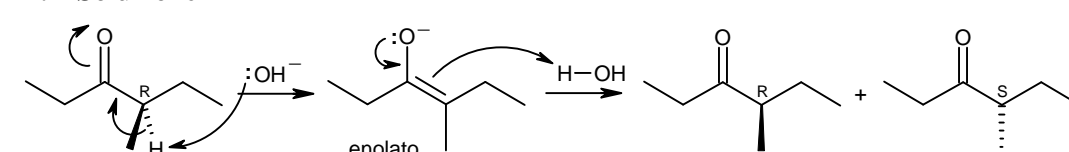
### 23. Soluzione

Il centro stereogenico dell'alcol non viene toccato nella reazione. Il legame O-H si rompe. (Risposta C)

24. Indicare quale delle seguenti reazioni può essere attribuita all'(R)-4-metilesan-3-one.

- A) a freddo, in soluzione basica, racemizza  
B) produce iodoformio, per trattamento con iodio ed NaOH  
C) trattato contemporaneamente con idrazina ed NaOH a 200 °C dà l'idrazone  
D) produce un'enammina, per trattamento con etilammina

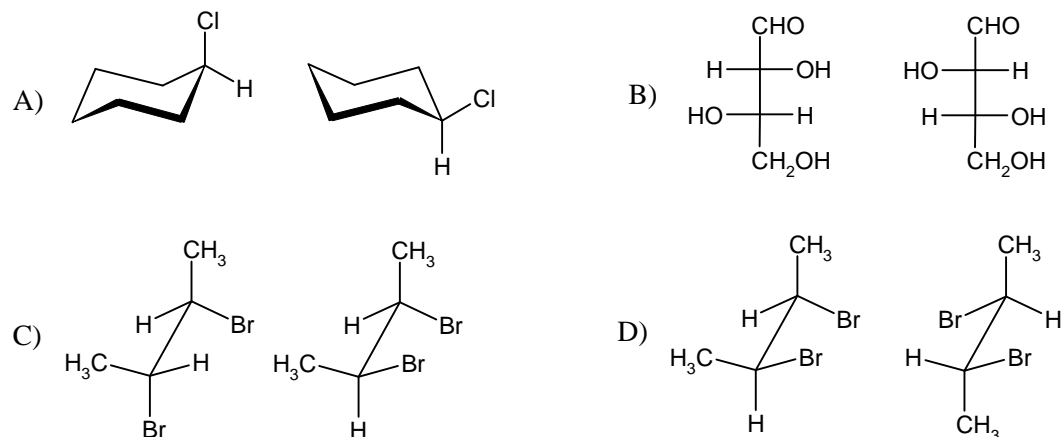
### 24. Soluzione



L'ambiente basico, anche a freddo, catalizza la tautomeria cheto enolica. Il carbonio stereogenico R è in alfa al carbonile, quindi perde la sua configurazione quando si forma l'enolato. Da questo, poi, si formano i due enantiomeri R e S in uguale quantità. La molecola è racemizzata. (Risposta A)

La molecola non forma iodoformio perchè non è un metilchetone. La reazione con idrazina e NaOH a 200 °C dà l'idrazone solo come intermedio, poi questo si riduce ad alcano. L'enammina si forma solo con le ammine secondarie e non con etilammina.

25. Indicare la coppia di diastereoisomeri:



### 25. Soluzione

In A vi sono due conformeri, in B ci sono due enantiomeri (sono speculari), anche in D ci sono due enantiomeri: il carbonio lontano è speculare, quello vicino diventa speculare per rotazione (libera) di  $120^\circ$ .

La coppia di diastereoisomeri è la C in cui i carboni lontani hanno la stessa configurazione, mentre i carboni vicini hanno configurazione opposta (Br e H sono invertiti di posizione). Ricordiamo, infatti, che due diastereoisomeri sono due molecole stereoisomere che non sono speculari tra loro, cioè non enantiomeri. (Risposta C)

26. L'aggiunta di una soluzione di  $\text{NaHCO}_3$  al 5% ad una soluzione acquosa di fenolo non provoca la reazione acido-base di formazione di fenato di sodio e di bollicine di  $\text{CO}_2$  perchè:

- A) il bicarbonato sodico non si scioglie nella soluzione di fenolo
- B) il fenolo si ossida preferenzialmente a benzochinone
- C) la  $K_a$  del fenolo è minore della  $K_a$  di  $\text{H}_2\text{CO}_3$
- D) la  $K_a$  del fenolo è maggiore della  $K_a$  di  $\text{H}_2\text{CO}_3$

### 26. Soluzione

Il fenolo è leggermente acido, con un  $\text{p}K_a$  di circa 10. Per strappargli l' $\text{H}^+$  serve una specie basica che crei un pH maggiore di 10, mentre il bicarbonato produce un pH 8,3 e quindi non è abbastanza basico.

Il fenolo è meno acido ( $K_a = 10^{-10}$ ) dell'acido carbonico ( $K_a = 4,2 \cdot 10^{-7}$ ).

(Risposta C)

27. Si definiscono epimeri:

- A) solo due monosaccaridi che differiscono fra loro per la configurazione del C-2 stereogenico
- B) due isomeri geometrici
- C) due diastereoisomeri che differiscono tra loro per la configurazione di un solo centro stereogenico
- D) due monosaccaridi enantiomeri

### 27. Soluzione

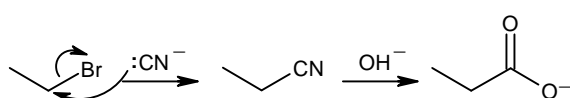
Due epimeri sono due diastereoisomeri con più centri stereogenici tutti uguali tra loro fuorchè uno.

Quindi D-glucosio e D-galattosio sono epimeri sul C-4, due peptidi con la stessa sequenza di amminoacidi sono epimeri se in uno dei due vi è un amminoacido D invece di L. (Risposta C)

28. Per reazione di un alogenuro alchilico con cianuro di potassio e successivo trattamento con idrossidi alcalini in glicole etilenico a caldo, si ottiene:

- A) un composto organometallico
- B) il sale di un acido carbossilico
- C) un'ammina con un atomo di C in più rispetto all'alogenuro
- D) un'imminoetere

### 28. Soluzione

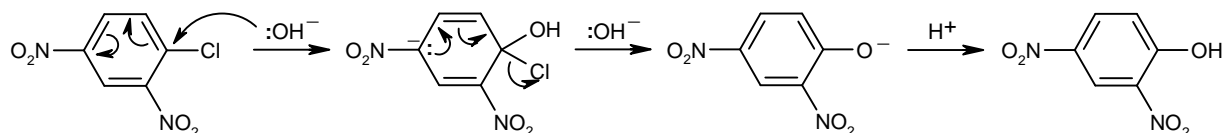


La reazione  $\text{S}_{\text{N}}2$  col cianuro forma un nitrile. Questo poi è idrolizzato in ambiente basico per formare il sale dell'acido carbossilico corrispondente. (Risposta B)

29. Se si tratta il 2,4-dinitroclorobenzene con carbonato sodico acquoso si ottiene dopo acidificazione:
- A) 2,4-dinitrobenzene e acido cloridrico                      B) clorobenzene ed acido nitrico  
C) il 2,4-dinitrofenolo    D) il 2,4-diidrossiclorobenzene e acido nitrico

### 29. Soluzione

I due nitrogruppi elettron-attrattori rendono l'anello molto reattivo verso la sostituzione nucleofila aromatica. La reazione con  $\text{OH}^-$  forma inizialmente un fenato che per acidificazione dà il 2,4-dinitrofenolo. (Risposta C)



30. Indicare quale potrebbe essere il valore dell'entropia di un vetro allo zero assoluto.

- A) 1,29 u.e.                      B) -1,29 u.e.                      C) 0 u.e.                      D) -0,1 u.e.

### 30. Soluzione

Per il 3° principio della termodinamica, l'entropia di un cristallo perfetto è zero a 0 K.

Dato che la struttura di un vetro è amorfa, resta sempre un po' di disordine anche allo zero assoluto.

Il solo valore positivo, tra quelli proposti, è 1,29 u.e.

(Risposta A)

31. Una definita quantità di iodio è distribuita tra due fasi (acqua e tetraclorometano) a contatto. Se il sistema è all'equilibrio, il potenziale chimico dello iodio è:

- A) maggiore nell'acqua  
B) maggiore nel tetracloruro di carbonio  
C) uguale nelle due fasi  
D) sempre uguale a zero

### 31. Soluzione

Il potenziale chimico si può interpretare come energia di Gibbs molare. Se il sistema è all'equilibrio, il  $\Delta G$  per la migrazione dello iodio tra le due fasi è zero e così il suo potenziale chimico nelle 2 fasi è uguale. (Risposta C)

32. E' possibile determinare la  $K_a$  di un acido debole monoprotico costruendone la curva di titolazione con il piaccametro e misurando il pH:

- A) all'inizio della titolazione    B) al punto finale    C) a metà titolazione    D) al punto di equivalenza

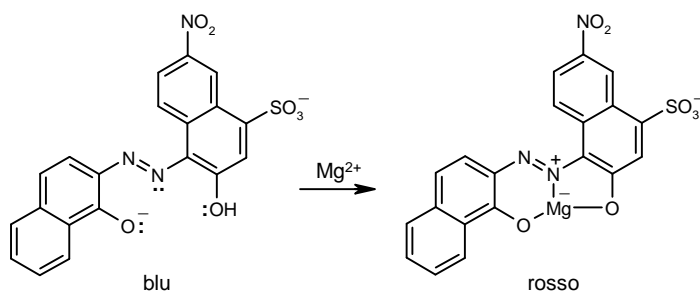
### 32. Soluzione

Durante la titolazione di un acido debole HA, in soluzione vi è sia HA che  $\text{A}^-$  quindi si forma una soluzione tampone in cui vale:  $\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$  a metà titolazione  $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$  quindi  $\text{pH} = \text{pK}_a$ . (Risposta C)

33. Nella titolazione di  $\text{Mg}^{2+}$  con EDTA e NET (Nero Eriocromo T) in ambiente tamponato a pH 10 si osserva un viraggio dal rosso all'azzurro. La soluzione appare azzurra perché prevale il colore del:

- A) tampone in assenza di ioni metallici liberi  
B) NET complessato:  $\text{Mg}[\text{NET}]$  in equilibrio col tampone  
C)  $\text{Mg}^{2+}$  complessato:  $\text{Mg}[\text{EDTA}]$  in equilibrio col tampone  
D) NET libero da ioni metallici in equilibrio col tampone

### 33. Soluzione



Il NET (nero eriocromo T) è usato come indicatore nelle titolazioni complessometriche di  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Ca}^{2+}$ . Durante la titolazione, il NET si trova in presenza di  $\text{Mg}^{2+}$  col quale forma un complesso colorato rosso grazie alla estesa coniugazione. Quando l'EDTA sequestra tutto l' $\text{Mg}^{2+}$ , il NET si viene a trovare nella forma non complessata che a pH 10 è blu. (Risposta D)

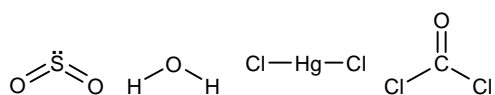




40. Indicare quale delle seguenti molecole ha forma lineare:

- A) SO<sub>2</sub>
- B) H<sub>2</sub>O
- C) HgCl<sub>2</sub>
- D) COCl<sub>2</sub>

40. Soluzione



La molecola lineare è HgCl<sub>2</sub> nella quale il mercurio (6s<sup>2</sup>) usa orbitali ibridi sp per legare a 180° i due atomi di cloro.

Oppure, secondo la teoria VSEPR, il mercurio deve ospitare attorno a sé due coppie di legame e le dispone a 180°. (Risposta C)

41. L'ossido di diazoto è un gas incolore che:

- A) non viene utilizzato in alcun settore perché è il più nocivo degli ossidi di azoto
- B) viene usato per inibire la combustione dell'idrogeno e degli idrocarburi
- C) viene utilizzato anche nelle bombolette per formare la panna montata
- D) a temperatura ambiente si decompone lentamente per dare N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> ed NO

41. Soluzione

L'ossido di diazoto N<sub>2</sub>O (protossido di azoto) è noto come gas esilarante perché, inalato in modesta quantità, provoca euforia e allevia l'ansia. E' usato per migliorare la combustione nei motori a scoppio perché a caldo libera ossigeno e aumenta la potenza del motore. Essendo solubile nei grassi è usato anche come propellente nelle bombolette per formare la panna montata. (Risposta C)

42. Nell'analisi dell'acqua contenuta in un grasso con l'apparecchio di Marcusson si usa xilene saturato con acqua perché:

- A) è sostanzialmente una distillazione in corrente di vapore
- B) lo xilene anidro scioglie piccole quantità di acqua e la misura dell'acqua viene modificata
- C) lo xilene umido diventa più polare e estrae più facilmente l'acqua contenuta nel grasso
- D) lo xilene con acqua a ricadere forma orto-metilfenolo che disgrega meglio la struttura dei grassi

42. Soluzione

Se si usasse xilene anidro questo scioglierebbe piccole quantità di acqua e altererebbe la misura. (Risposta B)

43. Una quantità di ICl<sub>3</sub> (1 mol) può essere ridotta a ICl in una reazione che usa:

- A) KI (1 mol) e forma ICl (2 mol)
- B) I<sub>2</sub> (1 mol) e forma ICl (2 mol)
- C) KI (1 mol) e forma ICl + I<sub>2</sub> (1 mol + 1 mol rispettivamente)
- D) KI (1 mol) e forma ICl + I<sub>3</sub><sup>-</sup> (1 mol + 1 mol rispettivamente)

43. Soluzione

Nella reazione data lo iodio si riduce:  $I^{3+} + 2 e^{-} \rightarrow I^{+}$  e richiede due elettroni. La reazione di ossidazione di KI libera due elettroni:  $I^{-} \rightarrow I^{+} + 2 e^{-}$  e forma un'altra molecola di ICl. (Risposta A)

44. L'acciaio inossidabile è una lega del ferro con il cromo, nella quale il cromo:

- A) impedisce la passivazione e permette la prevenzione della ruggine
- B) induce la passivazione e permette la prevenzione della ruggine
- C) funge da anodo sacrificale
- D) impedisce il proliferare dei batteri metanogeni

44. Soluzione

Il cromo presente nella lega, ossidandosi, si ricopre di uno strato compatto di ossido che protegge il metallo come se fosse una vernice e gli impedisce di continuare ad ossidarsi.

Questo fenomeno è chiamato passivazione e previene la formazione della ruggine. (Risposta B)

45. Data la reazione (da bilanciare):



indicare la quantità chimica di cloruro di cromile  $\text{CrO}_2\text{Cl}_2$  che si può produrre partendo da 134 mmol di KCl e da 36 mmol di  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

- A) 67 mmol                      B) 268 mmol                      C) 18 mmol                      D) 9 mmol

#### 45. Soluzione

Le reazione è:  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4 \text{KCl} + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{CrO}_2\text{Cl}_2 + 3 \text{K}_2\text{SO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O}$

Coefficienti                      1                      4                      2

Moli (mmol)                      (36)                      134                      67

Le moli di bicromato sono in eccesso perchè richiederebbero  $36 \cdot 4 = 144$  mmol di KCl, mentre le moli disponibili sono solo 134 mmol. Le moli di  $\text{CrO}_2\text{Cl}_2$  sono la metà di quelle di KCl:  $134/2 = 67$  mmol. (Risposta A)

46. Con 37,50 mL di una soluzione 0,2020 M di permanganato di potassio, si possono titolare 25,00 mL di ossalato sodico alla concentrazione di:

- A) 1,010 M                      B) 0,5050 M                      C) 0,2020 M                      D) 0,7575 M

#### 46. Soluzione

La semireazione del  $\text{KMnO}_4$  è:  $\text{Mn}^{7+} + 5 \text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$                       va presa 2 volte per scambiare 10 elettroni

La semireazione dell'ossalato è:  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 2 \text{e}^-$                       va presa 5 volte per scambiare 10 elettroni

Le moli di permanganato sono:  $n = M V = 0,2020 \cdot 37,50 = 7,575$  mmol

Le moli di ossalato devono essere i 5/2 :  $7,575 \cdot (5/2) = 18,9375$  mmol.

La molarità dell'ossalato quindi è:  $M = n/V = 18,9375/25,00 = 0,7575$  M. (Risposta D)

47. Se si mescolano volumi uguali di due soluzioni acquose di acido acetico ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) aventi rispettivamente  $\text{pH} = 3,22$  e  $\text{pH} = 2,52$ , la soluzione risultante ha un pH uguale a:

- A) 2,52                      B) 5,74                      C) 2,87                      D) 2,66

#### 47. Soluzione

Il pH finale deve essere intermedio tra i due, ma non la media:  $(3,22 + 2,52)/2 = 2,87$ : A, B e C sono errate.

In un litro, le moli di  $\text{H}^+$  delle due soluzioni sono:  $10^{-3,22} = 6,026 \cdot 10^{-4}$  mol e  $10^{-2,52} = 3,02 \cdot 10^{-3}$  mol.

La  $[\text{H}^+]$  di un acido debole è:  $[\text{H}^+]^2 = K_a C$  da cui:  $K_a C_1 = [\text{H}^+]^2 = (6,026 \cdot 10^{-4})^2 = 3,63 \cdot 10^{-7}$

$K_a C_2 = [\text{H}^+]^2 = (3,02 \cdot 10^{-3})^2 = 9,12 \cdot 10^{-6}$ . La media tra i due valori è:  $K_a C_{\text{medio}} = K_a (C_1 + C_2)/2 = 4,74 \cdot 10^{-6}$

$[\text{H}^+]_{\text{medio}}^2 = K_a C_{\text{medio}} = 4,74 \cdot 10^{-6}$  da cui:  $[\text{H}^+]_{\text{medio}} = (4,74 \cdot 10^{-6})^{1/2} = 2,178 \cdot 10^{-3}$  M

Il pH risultante è quindi:  $-\log(2,178 \cdot 10^{-3}) = 2,66$ . (Risposta D)

48. Una reazione chimica spontanea (a P e T costanti) avviene sempre con una diminuzione:

- A) dell'energia libera  $\Delta G^\circ$  del sistema  
 B) dell'ordine totale del sistema  $\Delta S$  se la reazione non è reversibile  
 C) dell'energia libera  $\Delta G$  del sistema  
 D) dell'energia libera  $\Delta G$  se la reazione è reversibile

#### 48. Soluzione

La condizione di spontaneità a P e T costanti è:  $\Delta G < 0$ . Il  $\Delta G^\circ$  non c'entra, infatti il  $\Delta G$  si riferisce alle condizioni attuali del sistema, mentre il  $\Delta G^\circ$  si riferisce a condizioni standard. (Risposta C)

Questa posizione nasce dal 2° principio che dice che nei processi spontanei:  $\Delta S_{\text{universo}} > 0$

Vediamo come queste due condizioni sono legate tra loro.

Sapendo che:  $\Delta S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{ambiente}} + \Delta S_{\text{sistema}}$  si ha:  $\Delta S_u = \Delta S_{\text{am}} + \Delta S_{\text{si}} > 0$

Ricaviamo  $\Delta S_{\text{am}}$ . Dalla definizione di entalpia:  $H = U + PV$  differenziando si ha:  $dH = dU + PdV + VdP$

Dove:  $dU = dQ - dL$  Se il lavoro è solo di volume:  $dU = dQ - PdV$  cioè:  $dU = TdS - PdV$

Sostituendo  $dU$  nell'espressione di  $dH$  si ottiene:  $dH = TdS - PdV + PdV + VdP$   $dH = TdS + VdP$

Se P è costante,  $VdP = 0$ , quindi si ha:  $dH = TdS$  da cui:  $dS = dH/T$ .

Dato che il calore che entra nel sistema viene dall'ambiente:  $\Delta H_{\text{am}} = -\Delta H_{\text{si}}$  quindi:  $\Delta S_{\text{am}} = -\Delta H/T$ .

Sostituendo  $\Delta S_{\text{am}}$  nella ( $\Delta S_u = \Delta S_{\text{am}} + \Delta S_{\text{si}} > 0$ ) si ottiene:  $\Delta S_u = -\Delta H/T + \Delta S_{\text{si}} > 0$

Moltiplicando per  $(-T)$  si ha:  $-T\Delta S_u = \Delta H - T\Delta S < 0$

Ricordando che:  $G = H - TS$  se T è costante si ha:  $dG = dH - TdS$  cioè  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

Da cui si ricava la nota condizione di spontaneità a P e T costanti:  $\Delta G < 0$ .

49. Indicare le (eventuali) dimensioni del termine "0,059/n" che compare nell'equazione di Nernst:

- A) 1 (= adimensionale)
- B) V (= volt)
- C) V/mol (di elettroni)
- D) V/eq (elettrochimico)

**49. Soluzione**

L'equazione di Nernst è:  $E = E^\circ + (0,059/n) \log(\text{ox/rid})$  Dato che il logaritmo è adimensionale, il termine "0,059/n" è in Volt e le dimensioni dei termini dell'equazione sono:  $V = V + V$ . (Risposta B)

50. I valori dei potenziali chimici standard sono:

- A) assoluti
- B) relativi
- C) relativi e convenzionali
- D) convenzionali

**50. Soluzione**

Dato che misuriamo solo differenze di potenziale  $\Delta E$ , non possiamo conoscere i potenziali chimici assoluti.

I potenziali tabulati sono relativi ad un valore preso arbitrariamente come riferimento: quello dell'elettrodo ad idrogeno ( $E^\circ = 0$ )

Inoltre, per convenzione, si è assegnato al potenziale di ogni coppia redox lo stesso segno assunto dall'elettrodo rispetto a quello dell'idrogeno, quindi i potenziali delle specie che si riducono hanno segno positivo (assorbono elettroni dall'elettrodo) e i potenziali tabulati sono potenziali di riduzione che hanno un valore tanto più positivo quanto maggiore è la tendenza della specie a ridursi.

Negli Stati Uniti, in origine, è stata adottata la convenzione opposta: i potenziali sono di ossidazione e hanno i segni invertiti. (Risposta C)

51. La fosfoglucomutasi ha un numero di turnover pari a  $1500 \text{ min}^{-1}$ . Quante micromoli di glucosio-1-fosfato vengono trasformate in 1,5 ore, usando  $1 \mu\text{mol}$  di enzima?

- A)  $1500 \mu\text{mol}$
- B)  $135000 \mu\text{mol}$
- C)  $1 \mu\text{mol}$
- D)  $1350000 \mu\text{mol}$

**51. Soluzione**

Ogni molecola di enzima trasforma 1500 molecole al minuto, quindi  $1 \mu\text{mole}$  di enzima trasforma  $1500 \mu\text{mol}$  al minuto. In 1,5 ore le  $\mu\text{mol}$  trasformate sono:  $1500 \cdot 60 \cdot 1,5 = 135000 \mu\text{mol}$ . (Risposta B)

52. Indicare l'affermazione ERRATA:

- A) i gruppi prostetici sono cofattori legati covalentemente agli enzimi
- B) i coenzimi sono cofattori solo se le loro molecole non sono separabili dagli enzimi
- C) i coenzimi sono molecole organiche, molte a base vitaminica, che interagiscono con gli enzimi
- D) gli ioni inorganici  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , sono cofattori legati chimicamente all'enzima

**52. Soluzione**

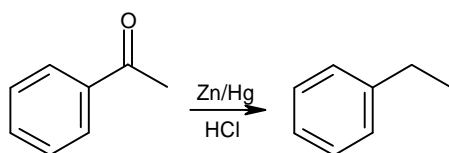
L'affermazione A è errata perchè i gruppi prostetici sono cofattori che restano legati all'enzima durante tutta la sua azione e non sono continuamente sostituiti come ATP o NAD, ma non è detto che siano legati covalentemente. Per esempio il gruppo eme dell'emoglobina o della mioglobina è legato da un semplice legame di coordinazione tra il ferro al centro dell'eme e l'azoto sull'anello dell'istidina vicinale.

L'affermazione B è errata perchè i coenzimi sono cofattori che possono essere facilmente separabili dalla proteina (come ATP o NAD), ma anche non facilmente separabili come il gruppo eme. (Risposta AB?)

53. Indicare il prodotto che si ottiene per reazione dell'acetofenone con amalgama di zinco in acido cloridrico.

- A) 1-feniletanolo
- B) etilbenzene
- C) stirene
- D) 1-cloro-1-feniletano

**53. Soluzione**



Si tratta di una riduzione di Clemmensen che riduce i chetoni aromatici ad alcani ed avviene sulla superficie del metallo (Zn/Hg) senza liberare in soluzione l'alcol intermedio. (Risposta B)

54. Indicare, fra le seguenti, l'affermazione corretta. La vitamina E è un antiossidante naturale ...

- A) idrosolubile
- B) contenuto anche nell'olio d'oliva e nei germi di grano
- C) contenuto anche negli agrumi e nel tabacco
- D) contenuto nella verdura e nelle carote

#### 54. Soluzione

La vitamina E è una molecola apolare, solubile nei grassi (A, C, D errate). Ha una struttura simile ad un idrochinone e per ossidazione passa prima alla forma semichinonica (radicale stabilizzato per risonanza) e infine a quella chinonica. E' contenuta anche nell'olio d'oliva e nei germi di grano. (Risposta B)

55. Usando le tabelle individuare il valore più vicino a quello della costante dell'equilibrio redox tra  $\text{MnO}_4^-$  ed  $\text{Fe}^{2+}$  in soluzione acida a 25 °C:

- A)  $10^{63}$
- B)  $10^{126}$
- C)  $10^{30}$
- D)  $10^{-30}$

#### 55. Soluzione

Le due semireazioni sono:  $\text{Mn}^{7+} + 5 e^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$  scambia 5 elettroni  
 $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + e^-$  va moltiplicata per 5 per scambiare 5 elettroni

$E^\circ_{\text{Mn}} = 1,51 \text{ V}$ ;  $E^\circ_{\text{Fe}} = 0,77 \text{ V}$  La d.d.p. standard è:  $\Delta E^\circ = 1,51 - 0,77 = 0,74 \text{ V}$

Sapendo che vale:  $\Delta G^\circ = -nF \Delta E^\circ$  e  $\Delta G^\circ = -RT \ln K$  si ottiene:  $RT \ln K = nF \Delta E^\circ$

Quindi:  $\ln K = nF \Delta E^\circ / RT$   $\ln K = (5 \cdot 96485 \cdot 0,74) / (8,314 \cdot 298) = 144,1$   $K = 3,8 \cdot 10^{62}$ . (Risposta A)

56. La conducibilità molare di  $\text{AgNO}_3$  è  $\Lambda_m = 78 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$  per soluzioni 1 M e  $\Lambda_m = 130 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$  per soluzioni  $10^{-3} \text{ M}$ . La variazione è causata da:

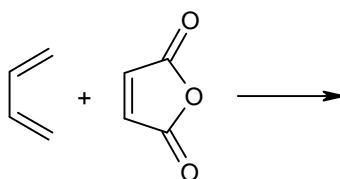
- A) precipitazione di  $\text{AgNO}_3(s)$
- B) diminuzione delle interazioni ioniche
- C) diminuzione della dissociazione di  $\text{AgNO}_3(aq)$
- D) diminuzione del campo elettrico e aumento del volume molare di  $\text{AgNO}_3(aq)$

#### 56. Soluzione

$\text{AgNO}_3$  è solubile, è completamente dissociato e il campo elettrico applicato è costante (A, C e D errate).

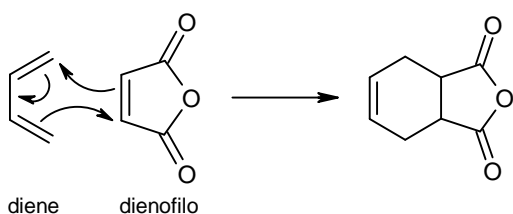
Nella soluzione  $10^{-3} \text{ M}$  il volume molare di  $\text{AgNO}_3$  è 1000 volte maggiore, le interazioni ioniche tra  $\text{Ag}^+$  e  $\text{NO}_3^-$  sono molto minori quindi gli ioni sono più liberi di muoversi sotto la spinta del campo elettrico e la conducibilità di una mole di sale è maggiore. (Risposta B)

57. La seguente reazione:



- A) è una reazione di Wittig
- B) è una condensazione di Diels Alder
- C) è la sintesi dell'anidride ftalica
- D) è una reazione tra il dienofilo A e l'anidride fumarica

#### 57. Soluzione



Questa reazione è una cicloadizione di Diels Alder tra un diene (1,3-butadiene) e l'anidride fumarica (il dienofilo).

(Risposta B)

**58.** Gli inibitori non competitivi agiscono:

- A) sui siti allosterici
- B) su tutti gli enzimi
- C) aumentando il valore della costante di Michaelis-Menten
- D) non influenzando il valore di  $v_{\max}$

**58. Soluzione**

Gli inibitori non competitivi non influenzano la  $K_M$  (C errata), abbassano la  $v_{\max}$  (D errata) e agiscono solo sugli enzimi che hanno un secondo sito in cui legarsi (B errata) chiamato allosterico. (Risposta A)

**59.** L'aglicone è:

- A) un ormone steroideo contenente un gruppo chetonico
- B) il tripeptide della glicina
- C) la parte glicidica di un glicoside
- D) la parte non glicidica di un glicoside

**59. Soluzione**

Il nome aglicone è composto da una *a* privativa (come acefalo, senza testa) e dal termine glicone che indica una molecola glicosidica, cioè una molecola composta da uno zucchero legato con legame acetalico ad una seconda molecola che può essere un altro zucchero oppure un alcol o un'ammina. La parte glucidica del glicoside è chiamata glicone, la parte non glucidica, se c'è, è chiamata aglicone. (Risposta D)

**60.** Indicare quale dei seguenti è il più diretto e rapido metodo strumentale per identificare i gruppi funzionali organici.

- A) spettroscopia di assorbimento nel visibile
- B) spettroscopia di assorbimento atomico
- C) spettroscopia di assorbimento nell'infrarosso
- D) risonanza magnetica nucleare

**60. Soluzione**

I gruppi funzionali delle molecole organiche si identificano rapidamente con la spettroscopia IR. (Risposta C)

Soluzioni proposte da Mauro Tonellato