

## Giochi della Chimica 2026

### Fase nazionale – Classe B – Soluzioni guidate

1. Durante una titolazione acido forte-base forte, uno studente non avvinca la buretta con la soluzione titolante (NaOH) ma la risciacqua solo con acqua distillata prima di riempirla. Indicare l'effetto sul volume di NaOH misurato al punto equivalente rispetto al volume che si sarebbe misurato avvinando la buretta.

- A) il volume di viraggio è più basso  
 B) il volume di viraggio è più alto  
 C) non si ha nessun effetto significativo  
 D) l'effetto dipende dalla concentrazione dell'acido

#### 1. Soluzione

Le gocce di acqua distillata rimaste dentro la buretta dopo il lavaggio si uniscono alla soluzione titolante diluendola leggermente. Il volume di soluzione titolante necessario per arrivare al viraggio sarà leggermente maggiore di quello corretto. (Risposta B)

2. Qual è il numero di ossidazione del carbonio nella molecola di acido formico?

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

#### 2. Soluzione

Nell'acido formico (HCOOH), la carica formale degli atomi di ossigeno è -4, quella degli atomi di idrogeno è +2, quindi il carbonio ha N.O. +2 (la molecola è neutra). (Risposta B)

3. Qual è il pH di una soluzione  $10^{-7}$  mol/L di KOH?

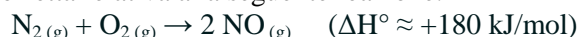
- A) 13,0                      B) 6,8                      C) 7,2                      D) 7,0

#### 3. Soluzione

Quando la concentrazione di KOH è inferiore a  $10^{-6}$  M, per determinare la concentrazione di  $[\text{OH}^-]$  in soluzione bisogna tener conto anche della dissociazione spontanea dell'acqua che produce una concentrazione  $10^{-7}$  M di  $\text{OH}^-$  e  $\text{H}^+$ . La concentrazione totale di  $\text{OH}^-$ , quindi, è maggiore di  $10^{-7}$  M dovuta al solo KOH.

In prima approssimazione  $[\text{OH}^-] \approx 2 \cdot 10^{-7}$  M, quindi  $\text{pOH} \approx 6,7$  ( $\text{pH} \approx 7,3$ ). (Risposta C)

4. Individuare l'affermazione corretta relativa alla seguente reazione:



- A) la  $K_{\text{eq}}$  ha un valore molto grande  
 B) la  $K_{\text{p}}$  è numericamente diversa dalla  $K_{\text{c}}$   
 C) non si possono fare previsioni su come varia la  $K_{\text{eq}}$  con la temperatura  
 D) anche variando la T, il processo non potrà mai avere una costante di equilibrio maggiore di uno

#### 4. Soluzione

In questa reazione il numero di moli non varia ( $2 \text{ mol} \rightarrow 2 \text{ mol}$ ) quindi  $\Delta S$  è molto piccolo.

La variazione di entalpia, invece, è grande ( $\Delta H^\circ \approx +180 \text{ kJ/mol}$ ) e la reazione è fortemente endotermica.

La variazione di energia libera standard  $\Delta G^\circ$ , quindi, è influenzata soprattutto dal  $\Delta H^\circ$ .

Si avrà quindi:  $\Delta G^\circ > 0$  e  $K_{\text{eq}} < 1$  ( $\Delta G^\circ = -RT \ln K_{\text{eq}}$ ). La reazione a 298 K è sfavorita ( $K_{\text{eq}} < 1$ ).

Dato che vale  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ , il  $\Delta G$  può diventare meno sfavorevole ad elevate T dove la componente  $-T\Delta S$  può contrastare  $\Delta H$ .

Dato, però, che  $\Delta S$  è molto piccolo, anche ad elevate temperature non si avrà mai  $\Delta G < 0$  e  $K_{\text{eq}} > 1$ . (Risposta D)

5. L'idrogeno molecolare agisce normalmente da riducente ma in alcuni casi può agire da ossidante. Indicare con quale dei seguenti metalli può comportarsi da ossidante.

- A) Fe                      B) Pd                      C) Na                      D) Ag

#### 5. Soluzione

L'idrogeno  $\text{H}_2$  può agire da ossidante con i metalli che hanno un potenziale minore di zero, quindi soprattutto col sodio Na ( $E^\circ(\text{Na}^+/\text{Na}) = -2,7 \text{ V}$ ), ma anche col ferro Fe ( $E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,44 \text{ V}$ ). (Risposta C?)

6. Valutare, nell'ordine, quale delle seguenti affermazioni è vera (V) o falsa (F):

- i) il catalizzatore è coinvolto nel processo catalitico
  - ii) il catalizzatore aumenta la quantità di prodotti presenti all'equilibrio
  - iii) il catalizzatore diminuisce l'energia di attivazione di una reazione
- A) F, V, F  
 B) V, V, V  
 C) V, F, V  
 D) F, F, V

### 6. Soluzione

Il catalizzatore partecipa alla reazione chimica: (i) vera.

Il catalizzatore non cambia le energie di reagenti e prodotti quindi il  $\Delta G$  non varia e non varia la  $K_{eq}$ : (ii) falsa.

Il catalizzatore offre un diverso percorso di reazione con energia di attivazione minore : (iii) vera. (Risposta C)

7. Una reazione è all'equilibrio quando:

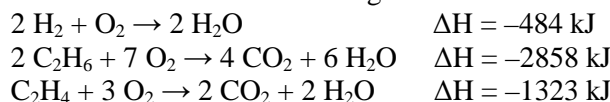
- A)  $\Delta H_r = \Delta S_r$   
 B)  $\Delta S_r = 0$   
 C)  $\Delta G_r = 0$   
 D)  $\Delta H_r = 0$

### 7. Soluzione

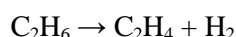
Una reazione, a T e P costanti, è all'equilibrio se  $\Delta G = 0$ .

(Risposta C)

8. Conoscendo il  $\Delta H$  delle seguenti reazioni di combustione, in fase gassosa:



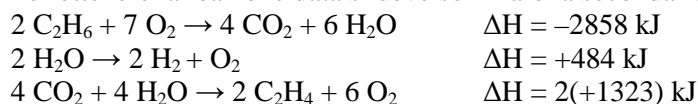
indicare il  $\Delta H$  della seguente reazione:



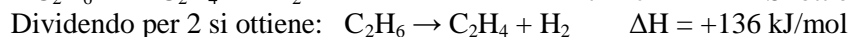
- A) +136 kJ  
 B) +272 kJ  
 C) -136 kJ  
 D) -272 kJ

### 8. Soluzione

Per ottenere la reazione data si deve sommare la seconda reazione con l'inverso della prima e della terza (doppia).



Si ottiene il doppio della reazione richiesta



(Risposta A)

9. Mettere in ordine di energia reticolare crescente i seguenti composti ionici supponendo che abbiano tutti lo stesso tipo di reticolo cristallino.

- A) NaBr < KI < NaCl < LiCl < LiF  
 B) KI < NaBr < NaCl < LiCl < LiF  
 C) NaCl < NaBr < LiF < LiCl < KI  
 D) NaCl < LiCl < KI < NaBr < LiF

### 9. Soluzione

L'energia reticolare è l'energia liberata nella reazione di formazione del cristallo a partire dagli ioni allo stato gassoso. Dipende dalla forza di attrazione elettrostatica tra gli ioni, quindi l'energia reticolare aumenta con la carica degli ioni e diminuisce con le loro dimensioni in accordo con la legge dell'attrazione elettrostatica.

L'energia reticolare massima è quella in cui i cationi sono piccoli ( $\text{Li}^+ > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ ) e in cui anche gli anioni sono piccoli ( $\text{F}^- > \text{Cl}^- > \text{Br}^- > \text{I}^-$ ), quindi  $\text{LiF} > \text{LiCl} > \text{NaCl} > \text{NaBr} > \text{KI}$ . (Risposta B)

**10.** Una reazione chimica ha  $\Delta H^\circ = -20,0 \text{ kJ/mol}$  e  $\Delta S^\circ = +50,0 \text{ J/mol}$ . Considerate le seguenti affermazioni sulla reazione, in condizioni standard:

- (i) la reazione è esotermica,  
 (ii) la reazione è accompagnata da una diminuzione del disordine nel sistema,  
 (iii) la reazione avviene in maniera spontanea.

Dire, nell'ordine, quali sono vere (V) e quali false (F).

- A) V, V, F                      B) F, V, F                      C) F, F, V                      D) V, F, V

### 10. Soluzione

Dato che  $\Delta H^\circ < 0$  ( $-20,0 \text{ kJ/mol}$ ), la reazione è esotermica in condizioni standard: (i) vera

Dato che  $\Delta S^\circ > 0$  ( $+50,0 \text{ J/mol K}$ ), la reazione avviene con aumento del disordine. (ii) falsa

Il  $\Delta G^\circ$  vale:  $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = -20000 - 298 \cdot 30 < 0$ , la reazione è spontanea: (iii) vera. (Risposta D)

**11.** Indicare l'affermazione ERRATA.

- A) la reazione dello ione  $\text{H}^-$  in acqua è una reazione sia acido-base, sia redox  
 B) l'idruro di boro reagisce con l'acqua formando idrogeno e acido borico  
 C) Li e Be sono caratterizzati da un'elettronegatività molto minore di quella di H, e i relativi idruri non liberano in soluzione ioni  $\text{H}^+$  bensì ioni  $\text{H}^-$ , più accentuato nel caso di Li che di Be  
 D) gli idruri dei metalli alcalini sono covalenti

### 11. Soluzione

La prima reazione è:  $\text{H}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2$  è acido-base perché consuma  $\text{H}^+$ ; è redox perché  $\text{H}^-$  si ossida ad  $\text{H}^0$  (OK).

La seconda reazione è  $\text{BH}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{H}_2 + \text{B(OH)}_3$  (OK)

Li e Be sono meno elettronegativi di H (2,1) a causa delle piccole dimensioni di H, quindi, LiH e  $\text{BeH}_2$  possono liberare ioni  $\text{H}^-$ . (OK)

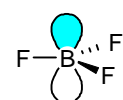
Dato che l'elettronegatività diminuisce nel gruppo dei metalli alcalini scendendo sotto il litio, anche gli idruri di sodio e potassio ( $\text{NaH}$ ,  $\text{KH}$ ) sono ionici e non covalenti (D errata). (Risposta D)

**12.** Indicare, tra le seguenti specie, quelle con geometria planare:  $\text{IF}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{BF}_3$

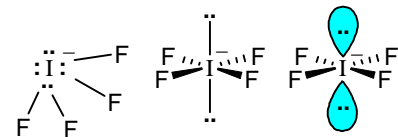
- A)  $\text{IF}_4^-$ ;  $\text{HPO}_4^{2-}$   
 B)  $\text{SO}_4^{2-}$ ;  $\text{BF}_3$   
 C)  $\text{IF}_4^-$ ;  $\text{BF}_3$   
 D)  $\text{HPO}_4^{2-}$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$

### 12. Soluzione

Osservando che  $\text{HPO}_4^{2-}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  sono specie tetraedriche, si possono escludere le risposte A, B, D.



$\text{BF}_3$  è una molecola facilmente classificabile come planare perché il boro ha solo tre elettroni di valenza e, quindi, attorno a sé, ha solo tre coppie di elettroni di legame che si dispongono nel piano con angoli di  $120^\circ$ . Sul boro resta un orbitale  $2p_\pi$  vuoto perpendicolare al piano molecolare che rende  $\text{BF}_3$  un acido di Lewis (accettore di elettroni).



Anche  $\text{IF}_4^-$  è una specie planare come si vede da una veloce analisi usando la teoria VSEPR. Lo ione  $\text{I}^-$  ha 8 elettroni di valenza. Quattro elettroni vengono impiegati per legare i 4 atomi di fluoro, restano 4 elettroni che costituiscono 2 coppie di non legame. Le coppie di elettroni da sistemare attorno allo iodio sono 6 (4 di legame + 2 di non legame) e si dispongono ad ottaedro regolare.

Le due coppie di non legame (più ingombranti) si dispongono nelle due posizioni assiali (lontane tra loro). Nelle 4 posizioni della base quadrata si legano i 4 atomi di fluoro. (Risposta C)

**13.** Disporre in ordine di forza acida i seguenti ossiacidi degli alogeni.

- A)  $\text{HOCl} > \text{HOBr} > \text{HOI}$                       B)  $\text{HOBr} > \text{HOI} > \text{HOCl}$   
 C)  $\text{HOBr} > \text{HOCl} > \text{HOI}$                       D)  $\text{HOI} > \text{HOCl} > \text{HOBr}$

### 13. Soluzione

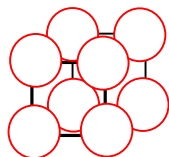
Questi acidi sono tanto più forti quanto più riescono a stabilizzare la carica negativa che resta sull'ossigeno dopo la perdita di  $\text{H}^+$  (formando  $\text{XO}^-$ ). L'acido che ha l'atomo più elettronegativo legato all'ossigeno stabilizza meglio la carica negativa. Quindi la specie più acida è quella con Cl, seguita da quelle con Br e I. (Risposta A)

14. La densità di CsI è  $4,511 \text{ g cm}^{-3}$ . Calcolare la distanza di legame ionico, sapendo che la cella elementare ha una struttura cubica a corpo centrato.

- A)  $2,500 \cdot 10^{-7} \text{ cm}$     B)  $3,957 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$     C)  $2,103 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$     D)  $5,5 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$

#### 14. Soluzione

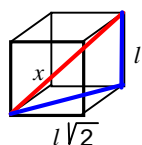
La massa molare di CsI vale:  $132,91 + 126,90 = 259,81 \text{ g/mol}$ . Dato che la densità è una proprietà intensiva, sia il cristallo di CsI, sia la cella elementare devono avere la stessa densità.



In una struttura cubica a corpo centrato vi è un atomo al centro del cubo e poi vi sono 8 atomi sui vertici del cubo (sfere bianche qui a lato). Ognuno di questi 8 atomi, però, è condiviso da 8 cubi adiacenti (4 sotto e 4 sopra), quindi solo  $1/8$  di ognuno di questi atomi è interno al cubo. In totale gli atomi sui vertici che si trovano interni al cubo sono  $8 \cdot 1/8 = 1$  atomo.

In totale all'interno della cella cubica corpo centrata ci sono 2 atomi.

Nel caso del sale CsI possiamo considerare che l'atomo al centro sia lo ione  $\text{I}^-$  e l'atomo ai vertici sia lo ione  $\text{Cs}^+$  (o viceversa, è lo stesso). La distanza del legame ionico Cs-I è la metà della diagonale  $x$  del cubo.



La diagonale  $x$  del cubo (rossa) si ottiene dal teorema di Pitagora sul triangolo che ha per cateti il lato  $\ell$  del cubo e la diagonale della faccia  $\ell\sqrt{2}$  (blu):

$$x^2 = \ell^2 + 2\ell^2 \quad x^2 = 3\ell^2 \quad \text{quindi} \quad x = \ell\sqrt{3}.$$

La massa di una molecola CsI vale:  $\text{MM}/N_A = 259,81/6,022 \cdot 10^{23} = 4,314 \cdot 10^{-22} \text{ g}$

La densità vale:  $d = m/V = m/\ell^3$  da cui:  $\ell^3 = m/d$      $\ell^3 = 4,314 \cdot 10^{-22}/4,511 = 9,564 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$

Da cui:  $\ell = 4,573 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ . La diagonale  $x$  del cubo vale:  $x = \ell\sqrt{3} = 4,573 \cdot 10^{-8} \sqrt{3} = 7,92 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$

La lunghezza del legame ionico è la metà della diagonale  $x$ :  $7,92 \cdot 10^{-8}/2 = 3,96 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ . (Risposta B)

15. A  $123 \text{ }^\circ\text{C}$  il  $\text{PCl}_5$  si decompone per formare  $\text{PCl}_3$  e  $\text{Cl}_2$ , con  $K_c = 0,022$ . In un recipiente chiuso sono inizialmente presenti solo  $\text{PCl}_5$  e  $\text{Cl}_2$  entrambi alla concentrazione di  $1,0 \text{ mol/L}$ . Indicare le concentrazioni di  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{PCl}_3$  e  $\text{Cl}_2$  che si trovano nel recipiente scaldato a  $123 \text{ }^\circ\text{C}$ , all'equilibrio.

- A)  $1,113 \text{ mol/L}$ ,  $0,993 \text{ mol/L}$ ,  $0,993 \text{ mol/L}$     B)  $0,979 \text{ mol/L}$ ,  $0,021 \text{ mol/L}$ ,  $1,021 \text{ mol/L}$   
C)  $0,71 \text{ mol/L}$ ,  $0,29 \text{ mol/L}$ ,  $1,29 \text{ mol/L}$     D)  $0,065 \text{ mol/L}$ ,  $0,3 \text{ mol/L}$ ,  $1,13 \text{ mol/L}$

#### 15. Soluzione

La reazione è:  $\text{PCl}_5 \rightarrow \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$ ,

inizio            0            1,0    1,0

fine            x             $1,0-x$      $1,0-x$      $K_c = [\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]/[\text{PCl}_5] = (1-x)^2/x = 0,022$

Dato che  $K_c$  è molto piccola, quasi tutto il  $\text{PCl}_3$  si trasformerà in  $\text{PCl}_5$  che quindi avrà una concentrazione poco inferiore a  $1 \text{ M}$ . La sola risposta coerente è la B (senza fare calcoli).

Se vogliamo risolvere matematicamente, dalla relazione:  $(1-x)^2/x = 0,022$  si ha:

$1 + x^2 - 2x = 0,022x$      $x^2 - 2,0022x + 1 = 0$     da cui:  $x = 0,954 \text{ M}$ . (Risposta B)

16. Una soluzione di HCl (circa  $0,1 \text{ mol/L}$ ) viene standardizzata con una soluzione a titolo noto di  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (standard primario). Qual è la reazione di standardizzazione corretta?

- A)  $2 \text{ HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2 \text{ NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
B)  $\text{HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NaCl}$   
C)  $2 \text{ HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2 \text{ NaCl} + \text{H}_2\text{CO}_3$   
D)  $4 \text{ HCl} + 2 \text{ Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 4 \text{ NaCl} + \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

#### 16. Soluzione

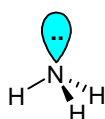
Nella titolazione di HCl con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , la reazione non si ferma al primo equivalente di  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  formando bicarbonato ( $\text{NaHCO}_3$   $\text{pK}_a$  8,3), ma anche il bicarbonato reagisce con HCl formando  $\text{CO}_2$ . (Risposta A)

17. Indicare la base di Lewis nella seguente reazione:



- A)  $\text{NH}_3$     B)  $\text{H}^+$     C)  $\text{NH}_4^+$     D) nessuna delle altre risposte

#### 17. Soluzione



La base di Lewis è  $\text{NH}_3$ : dona un doppietto di elettroni all'orbitale vuoto di  $\text{H}^+$  (acido di Lewis) formando  $\text{NH}_4^+$ . (Risposta A)

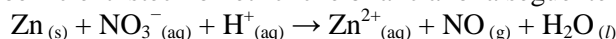
18. Una soluzione ha un'assorbanza  $A = 0,80$  in una cuvetta da  $\ell = 1,0$  cm. Sapendo che il coefficiente di estinzione molare  $\epsilon$  vale  $400 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ , calcolare la concentrazione  $c$  della soluzione

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

### 18. Soluzione

Dalla legge di Beer  $A = \epsilon \ell C$  si ottiene:  $C = A/\epsilon \ell$      $C = 0,8/(400 \cdot 1,0) = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ .    (Risposta B)

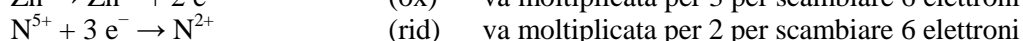
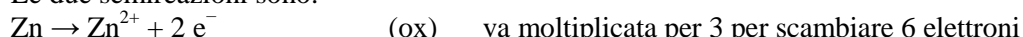
19. Indicare la sequenza dei coefficienti stechiometrici che bilanciano la seguente reazione:



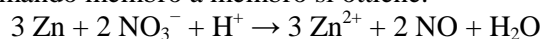
- A) 2, 3, 8, 2, 3, 4  
 B) 3, 2, 4, 3, 2, 4  
 C) 3, 2, 8, 3, 2, 4  
 D) 2, 3, 3, 2, 2, 3

### 19. Soluzione

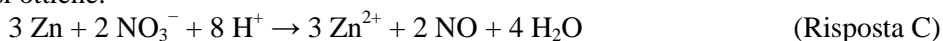
Le due semireazioni sono:



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



Completando il bilanciamento si ottiene:

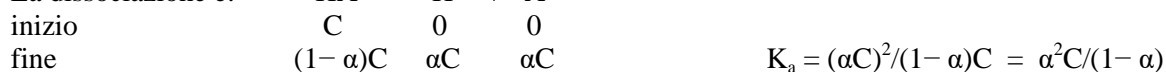


20. Una soluzione  $0,045 \text{ mol/L}$  di un acido debole HA è dissociata al 3,7%. Calcolare il valore della costante di dissociazione dell'acido e il pH della soluzione.

- A)  $K_a = 6,3 \cdot 10^{-3}$ ; pH = 3,52  
 B)  $K_a = 3,6 \cdot 10^{-4}$ ; pH = 4,55  
 C)  $K_a = 5,3 \cdot 10^{-3}$ ; pH = 2,70  
 D)  $K_a = 6,4 \cdot 10^{-5}$ ; pH = 2,78

### 20. Soluzione

La dissociazione è:



$$K_a = 0,037^2 \cdot 0,045 / (1-0,037) \quad K_a = 6,4 \cdot 10^{-5}$$

$$[\text{H}^+] = \alpha C = 0,037 \cdot 0,045 = 0,01665 \text{ M} \quad \text{pH} = 2,78. \quad (\text{Risposta D})$$

21. Il mescolamento di due gas, tra loro inerti, porta sempre alla formazione di:

- A) una soluzione solo se i gas hanno molecola monoatomica  
 B) un composto gassoso  
 C) una soluzione  
 D) una miscela eterogenea

### 21. Soluzione

Due gas inerti sono sempre solubili, quindi formano una soluzione.    (Risposta C)

22. Quando si riscalda un gas in un recipiente chiuso e dalle pareti rigide si verifica sempre:

- A) un aumento del numero di molecole  
 B) una diminuzione di volume  
 C) una diminuzione dell'energia cinetica  
 D) un aumento di pressione

### 22. Soluzione

Quando si riscalda un gas in un recipiente chiuso e dalle pareti rigide, si ha  $V = \text{cost}$

Quindi la legge dei gas diventa:  $P = nRT/V$  con  $N$ ,  $R$  e  $V$  costanti, quindi:  $P = kT$

La pressione  $P$  aumenta in modo direttamente proporzionale alla temperatura  $T$ .    (Risposta D)

23. Una reazione chimica non catalizzata a 300 K ha una costante cinetica  $k = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ M s}^{-1}$ . Indicare il suo ordine di reazione.

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

### 23. Soluzione

La velocità di una reazione ha le dimensioni M/s (moli/L consumate al secondo). In questo problema, la costante cinetica ha le dimensioni M/s, quindi nella legge cinetica non devono comparire concentrazioni (ordine zero).

In una reazione del primo ordine si ha:  $v = k [A]$  da cui  $k = v/[A]$   $[k] = (\text{M/s})/\text{M} = 1/\text{s}$  (non coincide)

In una reazione di ordine zero si ha:  $v = k$  da cui  $k = v$   $[k] = \text{M/s}$  (OK). (Risposta A)

24. Quale reazione NON è tipica degli alcheni?

- A) addizione di alogeni  
B) formazione di aloidrini  
C) ozonolisi  
D) eliminazione di  $\text{H}_2\text{O}$

### 24. Soluzione

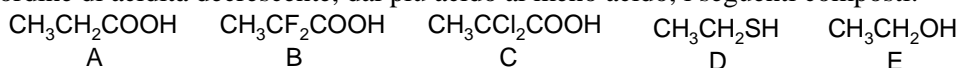
Gli alcheni danno reazioni di addizione di alogeni al doppio legame.

Gli alcheni, reagendo con alogeni e acqua, formano aloidrini.

Gli alcheni, reagendo con ozono, si spezzano in corrispondenza del doppio legame in una reazione di ozonolisi.

Gli alcheni non contengono gruppi OH (non sono alcoli), quindi non possono eliminare  $\text{H}_2\text{O}$ . (Risposta D)

25. Mettere in ordine di acidità decrescente, dal più acido al meno acido, i seguenti composti:



- A) B, C, A, E, D      B) C, A, D, E, B      C) A, B, C, E, D      D) B, C, A, D, E

### 25. Soluzione

L'acido più forte è quello con l'atomo più elettronegativo (F) sul carbonio alfa:  $\text{CH}_3\text{CF}_2\text{COOH}$

Segue l'acido con un cloro in alfa:  $\text{CH}_3\text{CCl}_2\text{COOH}$

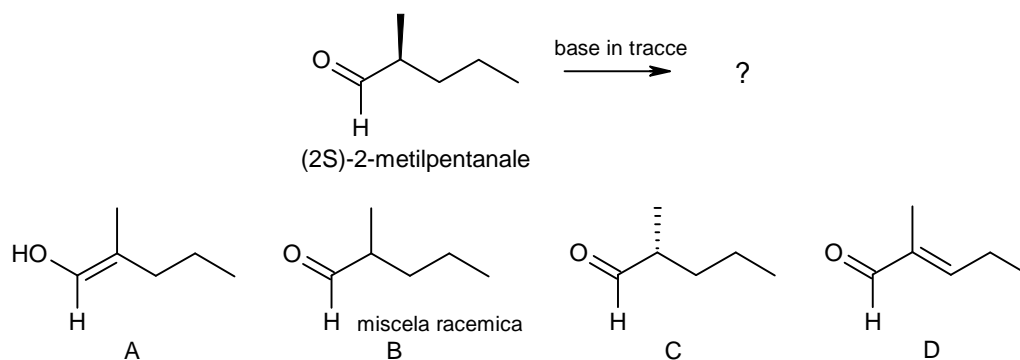
Poi viene il semplice acido carbossilico che comunque è più acido di alcoli e tioli:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ .

Il tiolo è più acido di un alcol come  $\text{H}_2\text{S}$  è più acido di  $\text{H}_2\text{O}$ :  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SH}$ .

Il composto meno acido è l'alcol:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ .

(Risposta D)

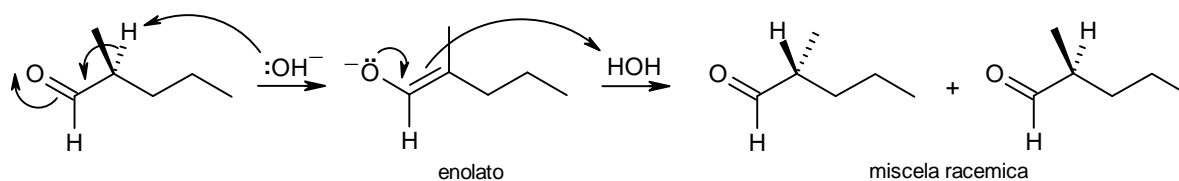
26. Indicare il prodotto principale della seguente reazione.



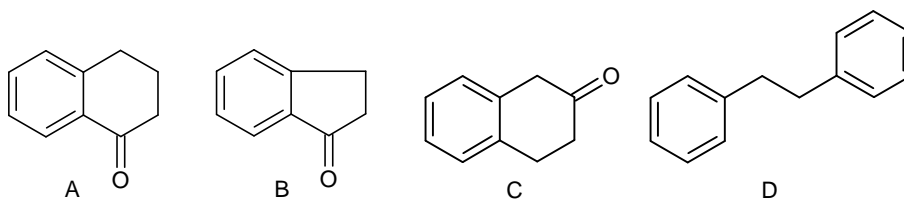
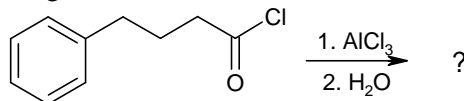
### 26. Soluzione

In ambiente leggermente basico può avvenire la tautomeria cheto-enolica che fa perdere la purezza ottica alla molecola chirale provocandone la racemizzazione dato che l'enolato intermedio è planare e otticamente inattivo.

Una concentrazione maggiore di base avrebbe prodotto quantità maggiori di enolato innescando la reazione di addizione aldolica. (Risposta B)

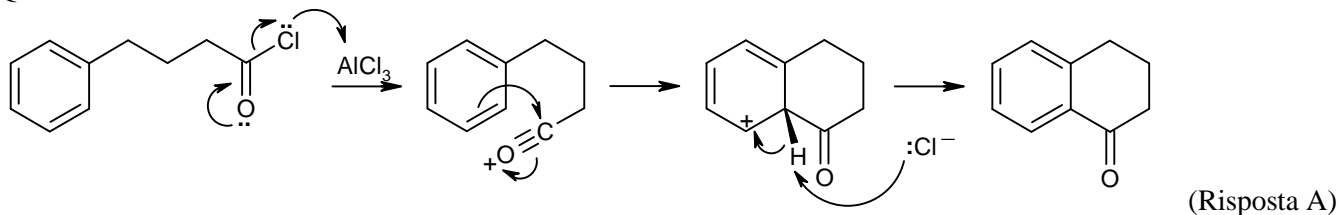


27. Qual è il prodotto principale della seguente reazione?

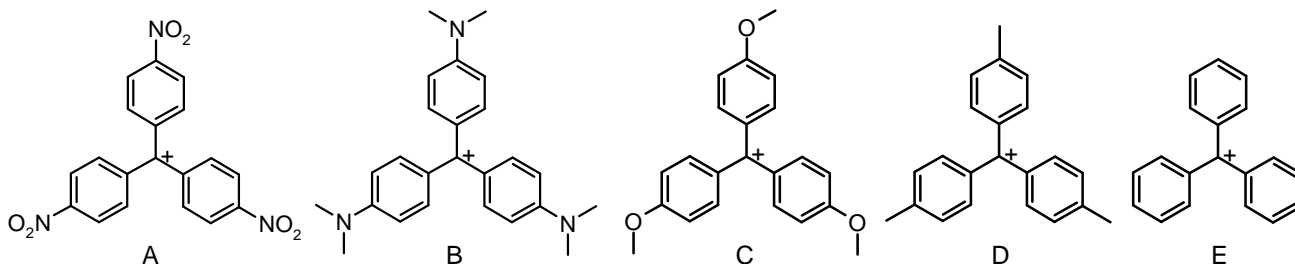


### 27. Soluzione

Questa è un'acilazione di Friedel-Crafts intramolecolare che realizza un nuovo anello di 6 atomi di carbonio.



28. Disporre in ordine di stabilità crescente i seguenti carbocationi derivati del trifenilmetano.



- A) A, D, E, C, B    B) A, E, D, B, C    C) A, E, D, C, B    D) A, E, C, B, D

### 28. Soluzione

Rispetto al carbocatione di riferimento trifenilmetile (E), il composto con i nitro-gruppi sostituenti (A) è il solo meno stabile perché i nitrogruppi sono elettron-attrattori e destabilizzano la carica +.

I composti B, C D sono più stabili perché possiedono gruppi elettron-donatori che stabilizzano la carica +.

Il più stabile è B che ha gruppi amminici sostituenti (poco elettronegativi e elettron-donatori per risonanza).

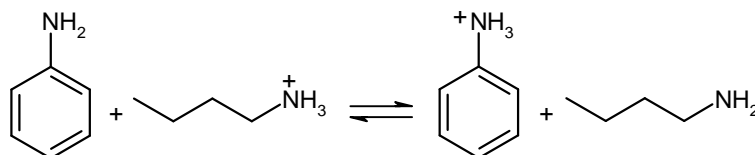
Poi viene C che ha gruppi metossi sostituenti (elettron-donatori per risonanza).

Infine viene D che ha gruppi metilici sostituenti (elettron-donatori per iperconiugazione).

La sequenza dal meno stabile al più stabile è quindi:  $A < E < D < C < B$ .

(Risposta C)

29. I valori di  $pK_a$  degli acidi coniugati di anilina e butilammina sono 4,6 e 10,6. Considerando il seguente equilibrio, quale affermazione NON è corretta?



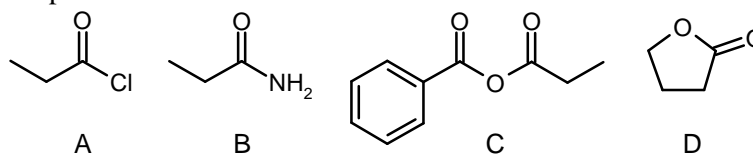
- A) l'equilibrio è spostato verso destra  
 B) l'equilibrio è spostato verso sinistra  
 C) il rapporto tra ioni anilinio e butilammonio è  $1:10^6$   
 D) la butilammina è una base più forte dell'anilina

### 29. Soluzione

Più alto è il  $pK_a$ , più forte è la base: bisogna arrivare ad un pH maggiore per strappare  $H^+$  al suo acido coniugato. La butilammina è una base  $10^6$  volte più forte dell'anilina ( $10^{10,6}/10^{4,6}$ ) quindi sarà la butilammina a catturare  $H^+$  piuttosto dell'anilina e la reazione è spostata a sinistra. (A errata)

(Risposta A)

30. Disporre i seguenti composti in ordine di reattività decrescente nei confronti dell'idrolisi.

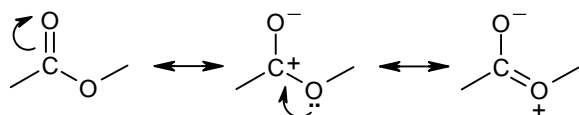


- A) A, D, C, B      B) A, C, D, B      C) C, A, D, B      D) D, A, B, C

### 30. Soluzione



Il carbonile ha una parziale carica positiva sul carbonio a causa della risonanza tra le due forme limite mostrate qui a fianco.



Nei derivati degli acidi carbossilici, però, vi è una terza forma limite di risonanza perché c'è un sostituito (O, N, Cl) legato al carbonio del carbonile che può attenuare o aumentare la carica positiva sul carbonio.

La reattività dei derivati degli acidi carbossilici è tanto

maggiore quanto più grande è la carica positiva sul carbonio del carbonile.

La specie più reattiva è il cloruro acilico (A) perché il cloro è più elettronegativo del carbonio (ne aumenta la carica positiva), ma dona molto poco elettroni per risonanza (scarsa sovrapposizione tra orbitali pigreco 2p-3p).

La specie meno reattiva è l'ammide (B) che dona in modo efficace elettroni per risonanza al carbonile.

Tra le due specie rimaste, l'anidride (C) e l'estere (D), la specie più reattiva è l'anidride nella quale l'ossigeno centrale deve distribuire la sua donazione di elettroni per risonanza tra i due carbonili che così restano più positivi.

La sequenza di molecole dalla più reattiva è: cloruro > anidride > estere > ammido.

(Risposta B)

31. Un miscuglio contiene acqua, sabbia e sale disciolto. Qual è la sequenza corretta per ottenere il sale puro?

- A) distillazione, filtrazione  
 B) evaporazione, filtrazione  
 C) cromatografia, distillazione  
 D) filtrazione, evaporazione

### 31. Soluzione

La prima operazione da fare è una filtrazione per separare la sabbia dalla soluzione di acqua e sale, poi con una semplice evaporazione si allontana l'acqua ottenendo i cristalli di sale puro. (Risposta D)

32. Quale dei seguenti processi è endotermico?

- A) fusione      B) combustione      C) condensazione      D) solidificazione

### 32. Soluzione

Per fondere un solido bisogna fornire il calore latente di fusione che serve a rompere i legami rigidi tra le molecole: il processo è endotermico. (Risposta A)

33. Quale tra le seguenti molecole ha momento dipolare nullo pur avendo legami polari?

- A) H<sub>2</sub>O      B) CO<sub>2</sub>      C) NH<sub>3</sub>      D) SO<sub>2</sub>

### 33. Soluzione

Una molecola che possiede legami polari non sempre è polare. Se i dipoli dei legami si annullano a vicenda, la molecola è apolare. Questo accade, per esempio, con la CO<sub>2</sub>, una molecola lineare che ha due dipoli C→O uno opposto all'altro (O←C→O). (Risposta B)

34. Quale specie ha il raggio ionico maggiore?

- A) Na<sup>+</sup>      B) Mg<sup>2+</sup>      C) O<sup>2-</sup>      D) F<sup>-</sup>

### 34. Soluzione

Questi quattro ioni sono isoelettronici, cioè possiedono lo stesso numero di elettroni del gas nobile Ne.

Lo ione più negativo (O<sup>2-</sup>) è quello che ha il raggio maggiore perché la sua carica nucleare è minore e non riesce a tenere compatta la nuvola elettronica. (Risposta C)

35. Nella molecola di  $\text{CO}_2$  secondo il modello VSEPR, quali orbitali ibridi saranno utilizzati rispettivamente da carbonio e ossigeno?

- A) C  $\text{sp}$ ; O  $\text{sp}^2$   
 B) C  $\text{sp}^2$ ; O  $\text{sp}$   
 C) C  $\text{sp}$ ; O  $\text{sp}$   
 D) C  $\text{sp}^2$ ; O  $\text{sp}^2$

### 35. Soluzione

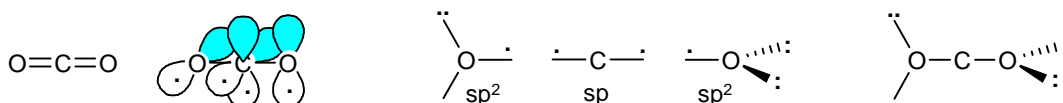
Nella  $\text{CO}_2$ , il carbonio forma due legami pi greco con i due atomi di ossigeno usando gli orbitali  $2p_y$  e  $2p_z$ .

Il carbonio forma due legami sigma con i due ossigeni usando gli orbitali rimasti:  $2s$  e  $2p_x$  che vengono ibridati formando due orbitali ibridi  $\text{sp}$ .

L'ossigeno forma un solo legame pi greco col carbonio usando un orbitale  $2p_y$ .

L'ossigeno forma il legame sigma col carbonio usando gli orbitali rimasti  $2s$ ,  $2p_x$ ,  $2p_z$  che vengono ibridati formando tre orbitali ibridi  $\text{sp}^2$ . Due di questi ospitano coppie di non legame, il terzo  $\text{sp}^2$  realizza il legame sigma.

Lo scheletro sigma della molecola vede il carbonio usare ibridi  $\text{sp}$ , mentre l'ossigeno usa ibridi  $\text{sp}^2$ . (Risposta A)

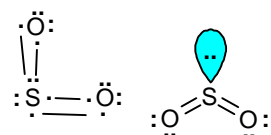


36. Per il biossido di zolfo, indicare nell'ordine:

- (i) la forma più rappresentativa della molecola secondo la teoria VSEPR,  
 (ii) la geometria dell'intorno elettronico dell'atomo centrale,  
 (iii) il numero di coppie solitarie di elettroni.

- A) molecola lineare, intorno trigonale planare, nessuna coppia  
 B) molecola angolare, intorno lineare, nessuna coppia  
 C) molecola lineare, intorno lineare, nessuna coppia  
 D) molecola angolare, intorno trigonale planare, una coppia

### 36. Soluzione



Lo zolfo ha 6 elettroni di valenza, 4 formano due doppi legami con gli ossigeni, resta una coppia di non legame. I due doppi legami e la coppia di non legame si dispongono a  $120^\circ$  nel piano. L'intorno elettronico attorno allo zolfo è planare trigonale.

La geometria della molecola è angolata.

Attorno allo zolfo c'è una coppia di non legame.

(Risposta D)

37. Nei gas ideali:

- A) le molecole di un gas ad una certa temperatura e pressione urtano contro le pareti del recipiente che lo contiene tutte con la stessa energia  
 B) le molecole di due campioni di gas diversi, ma alla stessa temperatura e pressione, hanno la stessa energia cinetica media  
 C) le molecole di due campioni di gas diversi, ma alla stessa temperatura e pressione, hanno la stessa velocità quadratica media  
 D) l'energia cinetica media delle molecole di un gas non cambia se la temperatura del gas viene aumentata

### 37. Soluzione

Per la teoria cinetica dei gas ideali, le molecole di due gas diversi, alla stessa temperatura, hanno la stessa energia cinetica media:  $E = \frac{3}{2} kT$  (la pressione non c'entra). (Risposta B)

38. Individuare la soluzione isotonica con una soluzione di  $\text{CaCl}_2$  0,0020 m.

- A)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  0,0010 m  
 B)  $\text{KCl}$  0,002 m  
 C)  $\text{NaBr}$  0,0030 m  
 D) saccarosio 0,002 m

### 38. Soluzione

La concentrazione di ioni nella soluzione di  $\text{CaCl}_2$  (libera 3 ioni) è il triplo di m:  $0,0020 \cdot 3 = 0,0060$  m

Solo per  $\text{NaBr}$  (2 ioni) si ha lo stesso risultato:  $0,0030 \cdot 2 = 0,0060$  m.

(Risposta C)

**39.** Il  $\text{PCl}_3$  è un prodotto di partenza per la sintesi di pesticidi e viene preparato per reazione diretta del fosforo con cloro. Indicare la massa di  $\text{PCl}_3$  che si ottiene dalla reazione di 125 g di P con 325 g di  $\text{Cl}_2$ .

- A) 554,7 g
- B) 306,7 g
- C) 404,0 g
- D) 420,0 g

**39. Soluzione**

La reazione è:	$2 \text{P} + 3 \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{PCl}_3$
moli	(4,0)    4,58    3,056
MM	31    70,9    137,35
massa	125    325    420

4 moli di fosforo possono reagire con 6 moli di  $\text{Cl}_2$ , ma ci sono solo 4,584 mol di  $\text{Cl}_2$ : il cloro è in difetto.

Da questa quantità di cloro si possono formare 3,056 mol di  $\text{PCl}_3$  ( $4,584 \cdot 2/3 = 3,056$ )

La massa molare di  $\text{PCl}_3$  è:  $\text{MM} = 31 + 3 \cdot 35,45 = 137,35 \text{ g/mol}$ .

La massa di  $\text{PCl}_3$  è:  $m = n \text{ MM} = 3,056 \cdot 137,35 = 419,7 \text{ g}$ . (Risposta D)

**40.** Indicare la proprietà non periodica degli elementi.

- A) energia di ionizzazione
- B) numero atomico
- C) energia di affinità per l'elettrone
- D) raggio atomico

**40. Soluzione**

Energia di ionizzazione, affinità elettronica e raggio atomico hanno valori che variano in modo discontinuo in dipendenza dei livelli energetici degli atomi quindi sono proprietà periodiche.

Il numero atomico, invece, non ha un andamento periodico, ma cresce in modo continuo passando dall'atomo più piccolo al più grande e indica il numero di protoni del nucleo. (Risposta B)

**41.** Un composto ha dato all'analisi elementare per combustione i seguenti risultati: C = 40,0%, H = 6,60% (la restante parte è ossigeno), sapendo che la sua massa molare vale 180 g/mol, indicare in ordine la sua formula molecolare e la sua formula minima.

- A)  $\text{CH}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
- B)  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ,  $\text{CH}_2\text{O}$
- C)  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ ,  $\text{CH}_2\text{O}$
- D)  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

**41. Soluzione**

La % mancante è dovuta all'ossigeno:  $100 - 40 - 6,6 = 53,4 \%$

In 100 g di composto le moli sono: C ( $40/12 = 3,33 \text{ mol}$ ); H ( $6,6/1,008 = 6,55 \text{ mol}$ ); O ( $53,4/16 = 3,33 \text{ mol}$ ).

Dividendo per il valore minore (3,33) si ottiene: C ( $3,33/3,33 = 1$ ); H ( $6,55/3,33 \approx 2$ ); O ( $3,33/3,33 = 1$ ).

La formula minima è quindi:  $\text{CH}_2\text{O}$ . La MM di  $\text{CH}_2\text{O}$  è:  $12 + 2 + 16 = 30 \text{ g/mol}$ .

Il rapporto  $\text{MM}/\text{MM}_{\text{minima}} = 180/30 = 6$ . La molecola incognita è 6 volte maggiore della formula minima.

Quindi la formula della molecola è:  $6 \cdot \text{CH}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . (Risposta B)

**42.** La tensione di vapore di un liquido:

- A) diminuisce con la T
- B) aumenta o diminuisce con la T a seconda della natura chimica del liquido
- C) aumenta con la T
- D) aumenta con l'aumentare della pressione a cui il liquido è sottoposto

**42. Soluzione**

La tensione di vapore di un liquido (cioè la pressione del suo vapore all'equilibrio) aumenta con la temperatura.

Infatti, all'aumentare di T, aumenta l'energia cinetica delle molecole, e quindi sempre più molecole sulla superficie del liquido avranno energia sufficiente per vincere le forze di attrazione con le altre molecole e passare allo stato gassoso. (Risposta C)

43. Indicare la specie che ha il maggiore potere ossidante in condizioni standard.

- A)  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$  ( $E^\circ = +0,34 \text{ V}$ )  
 B)  $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$  ( $E^\circ = -0,76 \text{ V}$ )  
 C)  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$  ( $E^\circ = -0,44 \text{ V}$ )  
 D)  $\text{Al}^{3+}/\text{Al}$  ( $E^\circ = -1,66 \text{ V}$ )

#### 43. Soluzione

Il maggior potere ossidante è quello della specie che ha la più grande tendenza a ridursi, cioè quella che ha il potenziale di riduzione maggiore, in questo caso:  $E^\circ = +0,34 \text{ V}$  ( $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ ). (Risposta A)

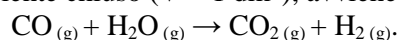
44. Quale prodotto si forma sul catodo durante l'elettrolisi di  $\text{AgNO}_3$  fuso con elettrodi inerti?

- A)  $\text{O}_2$                       B)  $\text{NO}_2$                       C)  $\text{Ag}$                       D)  $\text{H}_2$

#### 44. Soluzione

Al catodo avvengono le riduzioni (c, r consonanti), qui abbiamo due specie che possono ridursi:  $\text{Ag}^+$  e  $\text{NO}_3^-$ . All'anodo avvengono le ossidazioni (a, o vocali), qui c'è una sola specie che può ossidarsi:  $\text{NO}_3^-$ , dato che  $\text{Ag}^+$  si trova già nel suo stato di ossidazione massimo. Nel sale fuso, quindi,  $\text{Ag}^+$  si riduce ( $\text{Ag}^+ + e^- \rightarrow \text{Ag}$ ) a spese dell'ossidazione di  $\text{NO}_3^-$  ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 + e^-$ ). (Risposta C)

45. A temperatura costante, in un recipiente chiuso ( $V = 1 \text{ dm}^3$ ), avviene la seguente reazione:



All'equilibrio sono presenti 2,0 mol di  $\text{CO}$ , 5,0 mol di  $\text{H}_2\text{O}$ , 8,0 moli di  $\text{CO}_2$  e 7,0 mol di  $\text{H}_2$ . Stabilire la nuova composizione all'equilibrio se si aggiungono altre 4 mol di  $\text{CO}$  alla miscela di equilibrio.

- A) 4,4 mol di  $\text{CO}$ , 3,4 mol di  $\text{H}_2\text{O}$ , 9,6 moli di  $\text{CO}_2$  e 8,6 mol di  $\text{H}_2$   
 B) 6,0 mol di  $\text{CO}$ , 5,0 mol di  $\text{H}_2\text{O}$ , 8,0 moli di  $\text{CO}_2$  e 7,0 mol di  $\text{H}_2$   
 C) 5,5 mol di  $\text{CO}$ , 3,5 mol di  $\text{H}_2\text{O}$ , 8,5 moli di  $\text{CO}_2$  e 7,5 mol di  $\text{H}_2$   
 D) 6,0 mol di  $\text{CO}$ , 2,5 mol di  $\text{H}_2\text{O}$ , 9,2 moli di  $\text{CO}_2$  e 6,4 mol di  $\text{H}_2$

#### 45. Soluzione

La reazione è:  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$                        $K = [\text{CO}_2][\text{H}_2]/[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]$   
 inizio                      2,0      5,0                      8,0      7,0                       $K = (8 \cdot 7)/(2 \cdot 5) = 5,6$   
 fine                      6,0-x      5,0-x                      8,0+x      7,0+x                       $K = (8,0+x)(7,0+x)/(6,0-x)(5,0-x) = 5,6$

Scartiamo le soluzioni B e D nelle quali le moli di  $\text{CO}$  sono rimaste invariate (6,0).

Senza risolvere, verifichiamo l'esattezza della soluzione più probabile (A), quella col rapporto  $\text{CO}_2/\text{CO}$  maggiore.

$K = (8+1,6)(7+1,6)/(6-1,6)(5-1,6) = (9,6 \cdot 8,6)/(4,4 \cdot 3,4) = 5,52$  (OK)

La soluzione (C) è errata:  $K = (8,5 \cdot 7,5)/(5,5 \cdot 3,5) = 3,3$ . (Risposta A)

46. In quali condizione il comportamento di un gas reale può essere assimilato con buona approssimazione a quello di un gas ideale?

- A) a elevata P e bassa T  
 B) a bassa P ed elevata T  
 C) a bassa P e T  
 D) a elevata P e T

#### 46. Soluzione

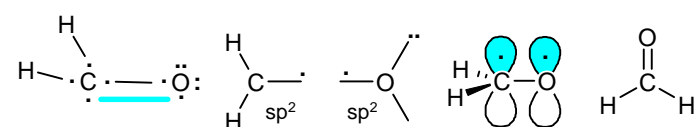
A bassa pressione le molecole del gas sono più lontane una dall'altra e quindi occupano un volume trascurabile rispetto al volume del recipiente e possiamo considerarle puntiformi, come in un gas ideale.

Ad alta temperatura le molecole del gas hanno un'energia cinetica molto maggiore delle forze attrattive tra le molecole e quindi possiamo trascurare le attrazioni tra molecole, come in un gas ideale. (Risposta B)

47. Quali sono, rispettivamente, le ibridazioni degli atomi di ossigeno e carbonio nella molecola di formaldeide?

- A)  $sp^2, sp^3$                       B)  $sp^2, sp^2$                       C)  $sp^3, sp^3$                       D)  $sp^3, sp^2$

#### 47. Soluzione



Sia il carbonio sia l'ossigeno assumono un'ibridazione  $sp^2$  per usare il rimanente orbitale 2p per formare il doppio legame pi greco. (Risposta B)

48. Che valore hanno gli angoli di legame tra gli atomi di carbonio nella molecola di ciclopropano?

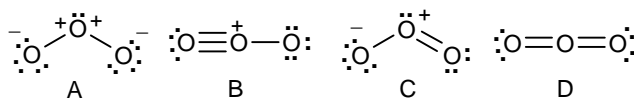
- A)  $60^\circ$   
 B)  $109,5^\circ$   
 C)  $120^\circ$   
 D)  $90^\circ$

**48. Soluzione**

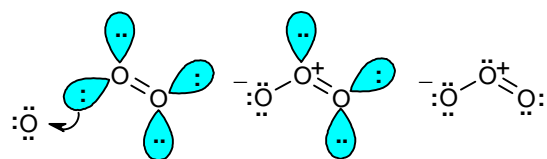
Nel ciclopropano i tre carboni formano un triangolo equilatero: l'angolo è di  $60^\circ$ .

(Risposta A)

49. Quale delle seguenti strutture meglio rappresenta la molecola di ozono?



**49. Soluzione**



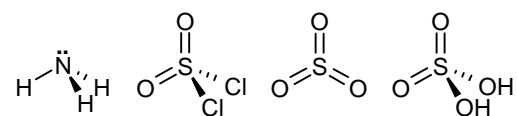
Secondo la teoria VB, la molecola  $O_2$  ha un'ibridazione  $sp^2$  su entrambi gli ossigeni e gli orbitali di non legame formano angoli di  $120^\circ$ . Si può immaginare che un orbitale di non legame di  $O_2$  vada a legare un altro ossigeno e così si ottiene la molecola  $O_3$  angolata, con una carica positiva sull'ossigeno centrale e una carica negativa su uno dei carboni laterali. Per risonanza, la carica negativa è distribuita al 50 % su entrambi i carboni laterali.

(Risposta C)

50. Utilizzando la teoria VSEPR, prevedere quale delle seguenti molecole è planare

- A)  $NH_3$   
 B)  $SO_2Cl_2$   
 C)  $SO_3$   
 D)  $H_2SO_4$

**50. Soluzione**



Tre di queste molecole (fuorchè  $SO_3$ ) devono sistemare 4 coppie di elettroni attorno all'atomo centrale e quindi dispongono le coppie elettroniche a tetraedro.  $SO_3$  deve sistemare solo tre coppie di legame sigma attorno allo zolfo (le coppie pigre non si contano, si appaiano a quelle sigma). I tre legami di  $SO_3$  si dispongono nel piano e formano angoli di  $120^\circ$ . (Risposta C)

Soluzioni proposte da Mauro Tonellato