

Giochi della Chimica 2026

Fase regionale a squadre – Soluzioni guidate

1. Alberto Cavaliere è stato un chimico e letterato che scrisse, tra l'altro, "La Chimica in Versi". Ad un esame, invece di rispondere normalmente alle domande del professore, gli rispose in rima. Riconoscete il composto così descritto dai versi di Alberto Cavaliere:

Prodotto dalle cellule del corpo affaticato,
mette il cervello e i muscoli in un torpido stato,
quando, dopo, del placido Morfeo siam fra le braccia,
quest'acido ed altri ospiti sgraditi il sangue scaccia.

- A) acido citrico B) acido acetico C) acido lattico D) acido ialuronico

1. Soluzione

La poesia si riferisce all'acido lattico, il prodotto di scarto del metabolismo muscolare anaerobico durante uno sforzo intenso. L'acido lattico si forma dopo che il glucosio viene degradato ad acido piruvico nella glicolisi. In condizioni anaerobiche, l'acido piruvico viene ridotto ad acido lattico per rigenerare il NAD^+ che si consuma nel passaggio ossidativo della glicolisi (tappa n° 6: gliceraldeide-3-P \rightarrow acido 1,3-difosfoglicerico). (Risposta C)

2. Considerare le seguenti reazioni all'equilibrio:

- (1) $\text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightarrow \text{CO}_2_{(g)} + \text{H}_2_{(g)}$
 (2) $2 \text{NO}_2_{(g)} \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4_{(g)}$
 (3) $\text{CO}_2_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3_{(aq)}$
 (4) $\text{H}_2_{(g)} + \text{I}_2_{(g)} \rightarrow 2 \text{HI}_{(g)}$
 (5) $\text{O}_3_{(g)} \rightarrow 3 \text{O}_{(g)}$

Indicare quali reazioni NON saranno influenzate da un cambiamento di pressione ovvero non ci sarà una variazione delle quantità dei reagenti o dei prodotti.

- A) 1, 4 B) 1 C) 5 D) 2,3

2. Soluzione

Le reazioni in cui cambia il numero di moli gassose, avvengono con variazione della pressione.

Per la legge dell'equilibrio mobile, queste reazioni reagiscono ad un aumento di pressione spostando l'equilibrio nella direzione in cui la pressione diminuisce.

Nella reazione (1) le moli di gas non cambiano ($2 \rightarrow 2$) (non è influenzata da P)

Nella reazione (2) le moli di gas cambiano ($2 \rightarrow 1$)

Nella reazione (3) le moli di gas cambiano ($1 \rightarrow 0$)

Nella reazione (4) le moli di gas non cambiano ($2 \rightarrow 2$) (non è influenzata da P)

Nella reazione (5) le moli di gas cambiano ($1 \rightarrow 3$)

(Risposta A)

3. Determinare la formula minima di un composto che all'analisi elementare ha dato la seguente composizione percentuale m/m: ossigeno 21,10%, zolfo 10,57%, e il resto piombo o manganese.

- A) MnSO_4 B) PbSO_3 C) MnSO_3 D) PbSO_4

3. Soluzione

La percentuale del metallo X (Pb o Mn), è: $100 - (21,1 + 10,57) = 68,33\%$.

In 100 g di composto, le moli sono: ossigeno ($21,1/16 = 1,32$ mol); zolfo ($10,57/32 = 0,33$ mol); $X = S = 0,33$ mol

Dividendo per il valore minore si ottiene: O ($1,32/0,33 = 4$); S ($0,33/0,33 = 1$); X ($0,33/0,33 = 1$)

La formula minima del composto è XSO_4 .

In 100 di composto ci sono 68,33 g di X che sono 0,33 mol.

La MM di X è: $\text{MM} = m/n = 68,33/0,33 = 207$ g/mol (Pb). Il composto è PbSO_4 .

(Risposta D)

4. Indicare in quali dei seguenti composti si possono formare legami a idrogeno.

- A) HF e H_2S B) NH_3 e HF C) CH_4 e H_2S D) CH_4 e NH_3

4. Soluzione

I legami a idrogeno si formano solo in composti che contengono un atomo molto elettronegativo (F, O, N) legato all'idrogeno. Quindi H_2S e CH_4 sono esclusi. Resta la coppia NH_3 , HF. (Risposta B)

10. Indicare il prodotto di solubilità di Ag_2S sapendo che a 25°C la sua solubilità è $9,15 \cdot 10^{-17} \text{ mol/L}$.

(Considerare solo l'equilibrio di solubilità, trascurando gli equilibri acido-base).

- A) $9,6 \cdot 10^{-25} \text{ M}^5$ B) $8,4 \cdot 10^{-60} \text{ M}^5$ C) $5,2 \cdot 10^{-33} \text{ M}^3$ D) $3,1 \cdot 10^{-48} \text{ M}^3$

10. Soluzione

La reazione è: $\text{Ag}_2\text{S} \rightarrow 2 \text{Ag}^+ + \text{S}^{2-}$ con: $K_{ps} = [\text{Ag}^+]^2[\text{S}^{2-}] = (2s)^2 s = 4s^3$

Quindi: $K_{ps} = 4(9,15 \cdot 10^{-17})^3 = 3,06 \cdot 10^{-48} \text{ M}^3$.

(Risposta D)

11. Un sistema scambia calore con l'ambiente. In un processo a pressione costante e in un processo a volume costante, le quantità di calore, nei due casi, sono:

- A) ΔH e ΔG del sistema B) ΔU e ΔH del sistema
C) ΔH e ΔA del sistema D) ΔH e ΔU del sistema

11. Soluzione

In un processo a pressione costante, il calore assorbito è il ΔH del sistema.

In un processo a volume costante, il sistema non compie lavoro, quindi: $\Delta U = Q + W = Q$.

Il calore assorbito Q coincide con la variazione di energia interna del sistema ΔU .

(Risposta D)

12. In un campione di molecole reagenti il numero di urti tra molecole è molto elevato. Alla temperatura T , non tutti gli urti portano alla formazione di prodotti. Scegliere le condizioni che devono essere soddisfatte affinché una collisione tra molecole risulti efficace e porti alla reazione chimica.

I) corretta orientazione delle molecole durante l'urto

II) energia cinetica sufficiente a superare l'energia di attivazione

III) alto valore del ΔH di reazione

- A) I B) I e II C) II e III D) I, II e III

12. Soluzione

Per reagire, le molecole devono urtarsi con la corretta orientazione e l'urto deve avvenire con un'energia sufficiente a superare l'energia di attivazione. Questo viene chiamato urto efficace perché è in grado di produrre la reazione. La liberazione dell'energia di reazione ($-\Delta H$) è solo una conseguenza.

(Risposta B)

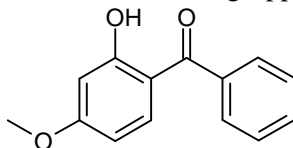
13. La capacità termica molare dell'acqua è $75 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ per l'acqua liquida e $36 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ per l'acqua gassosa. Considerando tale proprietà indipendente dalla temperatura, la capacità termica molare dell'acqua all'ebollizione (100°C , 1 atm) risulta:

- A) $75 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ B) $36 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ C) $55,5 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ D) infinita

13. Soluzione

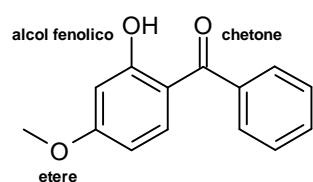
La capacità termica molare dell'acqua $c = Q/\Delta T$ è il calore che bisogna fornire ad una mole di acqua per alzare di un grado la sua temperatura. La capacità termica è diversa per l'acqua liquida e per il vapore. Durante la transizione di fase, però, il calore fornito non fa aumentare la temperatura ($\Delta T = 0$), ma è usato solo per il passaggio di stato ed è chiamato calore latente di ebollizione. In queste condizioni si ha: $c = Q/\Delta T = Q/0 = \infty$. (Risposta D)

14. L'ossibenzone, mostrato in figura, è un prodotto usato come filtro solare in alcune creme e imputato di concorrere allo sbiancamento delle barriere coralline. Indicare i gruppi funzionali presenti in tale molecola.



- A) etere, chetone, fenolo B) estere, chetone, acetale
C) etere, acido carbossilico, acetale D) etere, alchene, alcol

14. Soluzione



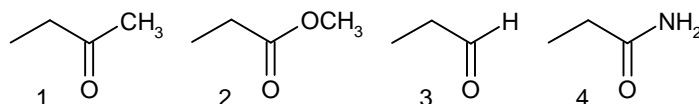
I gruppi funzionali sono:

ossigeno eterico, ossidrilico fenolico e carbonile di un chetone.

Quindi vi sono i gruppi funzionali di un etere, di un alcol fenolico e di un chetone.

Il fenolo è una molecola organica non è un gruppo funzionale. (Risposta A?)

15. Mettere in ordine di carattere elettrofilo crescente i seguenti composti.



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

15. Soluzione

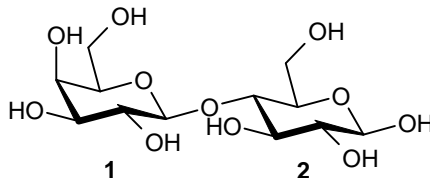
Il composto carbonilico più elettrofilo (più veloce nel subire un attacco nucleofilo) è l'aldeide (3) perché l'idrogeno legato al carbonile non dà ingombro sterico e, inoltre, non dona elettroni al carbonio del carbonile.

Il chetone (1) è meno elettrofilo dell'aldeide perché, invece di un idrogeno, ha un CH_3 legato al carbonile che produce un po' di ingombro sterico e rende meno stabile il prodotto di reazione (più affollato: sp^3).

L'estere (2) è meno elettrofilo del chetone perché l'ossigeno dell'alcol dona elettroni al carbonio del carbonile che diventa meno positivo e quindi meno elettrofilo.

L'ammide (4) è meno elettrofila dell'estere perché l'azoto è meno elettronegativo dell'ossigeno e dona elettroni per risonanza in modo più efficace. La sequenza è: 4, 2, 1, 3. (Risposta C)

16. Il lattosio, mostrato in figura, è un disaccaride riducente. Indicare il nome dei due monosaccaridi che lo compongono.



- A) 1: galattosio, 2: glucosio
 B) 1: mannosio, 2: glucosio
 C) 1: glucosio, 2: galattosio
 D) 1: galattosio, 2: mannosio

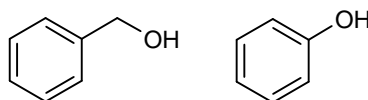
16. Soluzione

Il composto 2 è D-glucosio, si riconosce perché ha tutti i sostituenti dell'anello in posizione equatoriale (a parte, eventualmente l'OH anomero).

Il composto 1 è D-galattosio, si riconosce perché è identico al D-glucosio tranne l'OH sul C-4 che è assiale.

D-glucosio e D-galattosio sono epimeri sul C-4. (Risposta A)

17. Si vuole separare l'alcol benzilico dal fenolo.



Qual è il metodo migliore per ottenere questa separazione attraverso un'estrazione liquido-liquido?

Ripartizione della miscela tra:

- A) etere etilico e NaHCO_3 1 mol/L
 B) etere etilico e acqua
 C) etere etilico e NaOH 1 mol/L
 D) etere etilico e HCl 1 mol/L

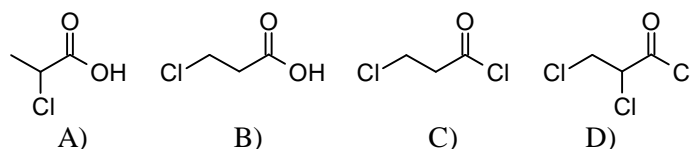
17. Soluzione

Il fenolo ($\text{pK}_a = 10$) è molto più acido dei normali alcoli ($\text{pK}_a = 17$) perché la carica negativa dello ione fenato non si trova solo sull'ossigeno, ma è delocalizzata per risonanza anche nelle posizioni orto e para dell'anello.

L'estrazione liquido-liquido, quindi, va fatta con etere etilico e NaOH 1 M (pH 14).

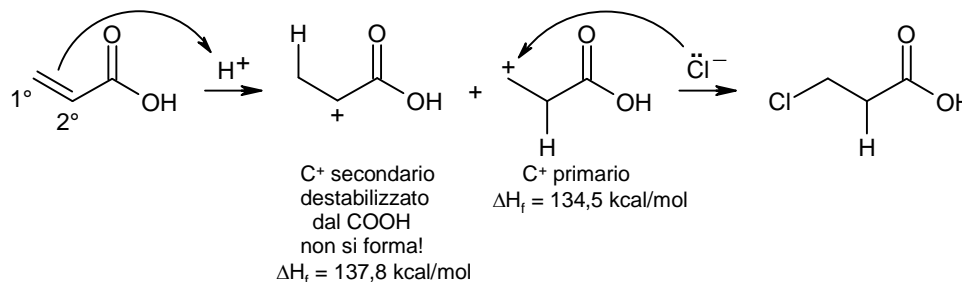
A pH 14 il fenolo è tutto dissociato ed è solubile nella fase acquosa basica, mentre l'alcol benzilico non dissociato resta nella fase eterea. (Risposta C)

18. Quale dei seguenti prodotti si forma nella reazione dell'acido propenoico con un eccesso di HCl?



18. Soluzione

L'addizione di HCl al doppio legame degli alcheni obbedisce alla regola di Markovnikov, cioè il cloro si lega al carbonio più sostituito. La reazione favorita, infatti, è quella che passa attraverso il carbocatione intermedio più stabile e questo, generalmente, è il più sostituito. In questo caso, però, la stabilità dei due possibili carbocationi (1° e 2°) è alterata dalla presenza del carbossile (elettronattrattore). Il carbocatione secondario è destabilizzato dal gruppo carbossilico adiacente e, quindi, il carbocatione più stabile è il primario (di circa 3 kcal/mol) e la reazione forma l'acido 3-cloropropanoico. (Risposta B)



19. Mescolando acido nitrico e acido solforico concentrati si ottiene una specie chimica reattiva sfruttata in alcune reazioni organiche. Di quale specie chimica si tratta?

- A) NO_3^- B) NO_2^+ C) N_2O_4 D) HNO_2

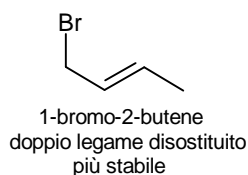
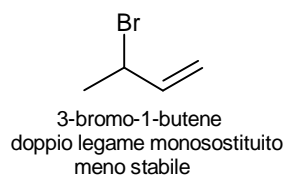
19. Soluzione

Nella reazione di solfonazione del benzene si usa una miscela di HNO_3 e H_2SO_4 concentrati. In queste condizioni l'acido solforico protona e poi disidrata alcune molecole di HNO_3 liberando lo ione nitronio NO_2^+ che è il vero agente della nitratura: $\text{HNO}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{NO}_3^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NO}_2^+$ (Risposta B)

20. Il 3-bromo-1-butene è termodinamicamente meno stabile dell'1-bromo-2-butene perché:

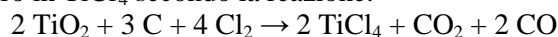
- A) nell'1-bromo-2-butene vi è una minore repulsione sterica dei sostituenti
 B) le molecole con i sostituenti elettronattrattori in posizione terminale sono più stabili
 C) l'1-bromo-2-butene può formare due stereoisomeri E/Z
 D) i doppi legami più sostituiti sono più stabili

20. Soluzione

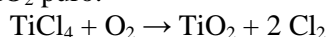


Gli alcheni sono più stabili se hanno più sostituenti elettron-donatori che aumentano la densità elettronica dei carboni impegnati nel doppio legame π . Questo fa aumentare la dimensione degli orbitali $2p\pi$ e così aumenta la loro sovrapposizione e rende il legame più forte. (Risposta D)

21. Il TiO_2 è la carica bianca più usata nella produzione di vernici. La sua purificazione comporta una prima trasformazione del diossido impuro in TiCl_4 secondo la reazione:



seguita dalla trasformazione del TiCl_4 in TiO_2 puro:



Indicare la massa di C necessaria per produrre 1 kg di TiO_2 puro da TiO_2 impuro.

- A) 452 g B) 226 g C) 113 g D) 65,0 g

21. Soluzione

La MM di TiO_2 è: $47,87 + 32 = 79,87 \text{ g/mol}$. Le moli in 1 kg sono: $n = m/\text{MM} = 1000/79,87 = 12,52 \text{ mol}$

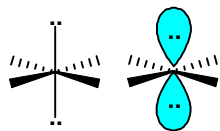
Le moli di carbonio necessarie sono i 3/2 cioè: $12,52 \cdot 1,5 = 18,78 \text{ mol}$.

La massa di carbonio è: $m = n \text{ MM} = 18,78 \cdot 12 = 225 \text{ g}$.

(Risposta B)

22. Secondo la teoria VSEPR, una geometria planare quadrata deriva dalla presenza sull'atomo centrale di:
- quattro coppie di elettroni di legame e una coppia di elettroni di non legame
 - quattro coppie di elettroni di legame e nessuna coppia di elettroni di non legame
 - quattro coppie di elettroni di legame e due coppie di elettroni di non legame
 - due coppie di elettroni di legame e quattro coppie di elettroni di non legame

22. Soluzione



Secondo la teoria VSEPR, la geometria planare quadrata si ottiene a partire da una disposizione ad ottaedro delle coppie di elettroni attorno all'atomo centrale in cui le due posizioni assiali sono occupate da due coppie di non legame e quindi restano le quattro posizioni nella base quadrata per le coppie di legame. (Risposta C)

23. Indicare la concentrazione molale di una soluzione di NaCl al 5,0% m/m la cui densità è 1,05 g/mL.

- 0,85 mol/L
- 0,85 mol/kg
- 0,90 mol/kg
- 0,90 mol/L

23. Soluzione

La soluzione al 5% contiene 5 g in 100 g di soluzione, quindi 50 g di NaCl in 1000 g di soluzione e 950 g di H₂O. In 1000 g di H₂O la quantità di NaCl è: $(50/950) \cdot 1000 = 52,63$ g. (MM NaCl = 23 + 35,45 = 58,45 g/mol)
Le moli di NaCl in 1000 g di acqua sono: $52,63/58,45 = 0,90$ mol/kg. (Risposta C)

24. Uno studente deve titolare una soluzione di 20 mL di acido acetico ($pK_a = 4,8$) di concentrazione circa 0,1 mol/L con una soluzione a titolo noto di NaOH 0,100 mol/L. Quale tra i seguenti indicatori dovrà utilizzare?

- rosso metile (intervallo di viraggio: $4,2 < pH < 6,3$; $pK_{ind} = 5$)
- verde di bromocresolo (intervallo di viraggio: $3,8 < pH < 5,4$; $pK_{ind} = 4,66$)
- fenolftaleina (intervallo di viraggio: $8,3 < pH < 10,0$; $pK_{ind} = 9,5$)
- metil arancio (intervallo di viraggio: $3,1 < pH < 4,4$; $pK_{ind} = 3,46$)

24. Soluzione

Al punto di equivalenza, tutto l'acido acetico avrà reagito con NaOH formando acetato di sodio (pH basico). Durante la titolazione si forma il tampone acido acetico/acetato. $pH = pK_a - \log [HAc]/[Ac^-]$

A metà titolazione avremo $[HAc] = [Ac^-]$ e il pH sarà: $pH = pK_a = 4,8$.

Al pH di viraggio della fenolftaleina (9,5) avremo: $\log [HAc]/[Ac^-] = pK_a - pH = 4,8 - 9,5 = -4,7$

Da cui: $[HAc]/[Ac^-] = 10^{-4,7}$ cioè possiamo considerare la titolazione terminata (Risposta C)

25. Uno dei parametri di qualità di un metodo analitico è l'accuratezza. Cosa indica questo parametro?

- riproducibilità di una serie di misure sperimentali
- accordo tra valore medio di una serie di misure e valore reale
- capacità di rilevare piccole quantità di analita
- sensibilità dello strumento utilizzato

25. Soluzione

La sensibilità di uno strumento è la capacità di rilevare piccole quantità di analita.

La precisione si riferisce alla riproducibilità di una serie di misure.

L'accuratezza si riferisce all'accordo tra valore medio e valore reale.

Una serie di misure molto vicine tra loro, ma tutte sbagliate, è molto precisa, ma poco accurata. (Risposta B)

26. Durante una titolazione potenziometrica di una soluzione di acido debole (HA) con una soluzione di NaOH si registra il potenziale in funzione del volume di titolante aggiunto. Quale affermazione è corretta?

- il punto di equivalenza si individua come il tratto a massima variazione del potenziale
- il potenziale varia solo nel punto di equivalenza
- il punto di equivalenza corrisponde al massimo valore del potenziale
- il potenziale non dipende dalla concentrazione della soluzione

26. Soluzione

In una titolazione potenziometrica non si usa un indicatore, ma si usano i dati forniti da un elettrodo a vetro.

Intorno al punto di equivalenza, il potere tampone della soluzione è esaurito. Quindi, l'aggiunta di una goccia di NaOH provoca un brusco salto del pH e un conseguente crollo verticale del potenziale. (Risposta A)

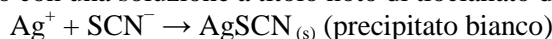
27. Nell'analisi volumetrica secondo il metodo di Volhard (argentometria), che adopera come agente titolante il solfocianuro d'ammonio (o di potassio) in presenza di un sale di Fe^{3+} come indicatore, le titolazioni si effettuano a $\text{pH} < 2$ per:

- A) impedire che lo ione SCN^- reagisca con il precipitato di AgCl
 B) impedire che lo ione Fe^{3+} precipiti come $\text{Fe}(\text{OH})_3$
 C) favorire la reazione tra il precipitato di AgCl e lo ione SCN^-
 D) impedire la precipitazione dei sali di argento degli ioni interferenti

27. Soluzione

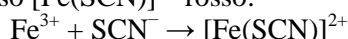
Il metodo di Volhard è una retro titolazione usata per la determinazione dei cloruri (e di altri alogenuri). Alla soluzione di cloruri si aggiunge un eccesso noto di nitrato d'argento (AgNO_3) che fa precipitare tutto il cloruro come AgCl .

L'argento in eccesso viene titolato con una soluzione a titolo noto di tiocianato di ammonio NH_4SCN .



Per sapere quando tutto l'argento in eccesso è precipitato come tiocianato si usa come indicatore Fe^{3+} .

Quando l'ultima goccia di Ag^+ è precipitata, la prima goccia di tiocianato (SCN^-) aggiunta in eccesso andrà a legarsi allo ione Fe^{3+} formando il complesso $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ rosso:



La comparsa della colorazione rossa segnala il punto di fine titolazione.

Affinché il Fe^{3+} possa funzionare da indicatore, la titolazione deve essere condotta a $\text{pH} < 2$ (HNO_3).

Se si operasse in ambiente neutro o basico, il Fe^{3+} precipiterebbe sotto forma di idrossido ferrico $\text{Fe}(\text{OH})_3$ color ruggine che renderebbe impossibile vedere il viraggio al rosso. (Risposta B)

28. Per preparare una soluzione di CaCl_2 1,000 mol/L in un pallone tarato da 500,0 mL, quanti grammi di CaCl_2 è necessario usare? (MM $\text{CaCl}_2 = 110,98$ g/mol)

- A) 27,74 g B) 55,49 g C) 0,0555 g D) 0,1110 g

28. Soluzione

Per preparare 0,5 L di una soluzione 1,0 M servono 0,5 mol, quindi: $110,98/2 = 55,49$ g. (Risposta B)

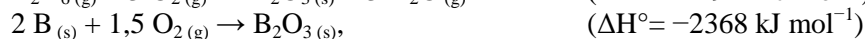
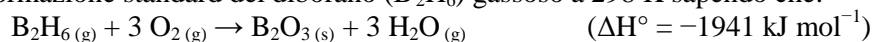
29. Tra i parametri di qualità di una tecnica cromatografica riveste particolare importanza l'efficienza. Quale delle seguenti affermazioni è ERRATA?

- A) l'efficienza è tanto più elevata, quanto maggiore è il numero di piatti teorici del sistema cromatografico
 B) l'efficienza è la capacità del sistema cromatografico di eluire gli analiti come bande strette
 C) il sistema è tanto più efficiente, quanto più due soluti della soluzione in analisi hanno fattori di ritenzione diversi
 D) l'efficienza dipende dal grado di impaccamento e dalla granulometria della fase stazionaria

29. Soluzione

Se due soluti della soluzione in analisi hanno fattori di ritenzione molto diversi sarà facile separarli anche con un sistema poco efficiente. (Risposta C)

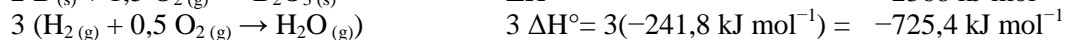
30. Quanto vale l'entalpia di formazione standard del diborano (B_2H_6) gassoso a 298 K sapendo che:



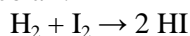
- A) $-668,8 \text{ kJ mol}^{-1}$ B) $-4067,2 \text{ kJ mol}^{-1}$ C) $+668,8 \text{ kJ mol}^{-1}$ D) $-1152 \text{ kJ mol}^{-1}$

30. Soluzione

La reazione di formazione di B_2H_6 si ottiene sommando l'inverso della prima reazione con la seconda e con il triplo della terza reazione.



31. Idrogeno molecolare e iodio molecolare, entrambi gassosi, possono formare acido iodidrico in fase gassosa a 600 °C a seguito degli urti tra le due specie molecolari:



Il processo ha una cinetica lenta. Quale variazione dei parametri chimico-fisici può accelerare il processo?

- A) l'aumento della pressione parziale del prodotto perché favorisce la cessione di energia alle molecole dei reagenti
- B) una diminuzione della pressione parziale del prodotto perché limita gli urti con i reagenti
- C) il dimezzamento della pressione parziale di uno dei due reagenti perché aumenta la probabilità di urto con l'altro reagente
- D) un aumento delle pressioni parziali dei reagenti perché incrementa la probabilità degli urti

31. Soluzione

L'aumento della pressione parziale dei reagenti aumenta la probabilità degli urti e quindi aumenta la velocità della reazione, infatti la velocità di reazione, probabilmente, vale: $v = k [\text{H}_2][\text{I}_2]$ (Risposta D)

32. La tensione di vapore del benzene (C_6H_6) è 53,3 kPa a 60,6 °C. Quando 19,0 g di una sostanza organica non volatile vengono sciolti in 500 g di benzene la tensione di vapore diventa 51,5 kPa alla stessa T. Qual è la massa molare del composto organico aggiunto?

- A) 102 g mol⁻¹
- B) 89 g mol⁻¹
- C) 84 g mol⁻¹
- D) 50 g mol⁻¹

32. Soluzione

La tensione di vapore della soluzione è legata alla frazione molare (x) del benzene: $p = x P$.

$x = p/P = 51,5/53,3 = 0,966$. La frazione molare della sostanza incognita è: $1 - 0,966 = 0,034$.

La massa molare del benzene C_6H_6 è: $6 \cdot 12 = 72$ g/mol.

Le moli di benzene sono: $n = m/MM = 500/72 = 6,94$ mol.

Le moli della sostanza si ricavano dalla proporzione: $n : 0,034 = 6,94 : 0,966$

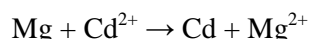
Da cui: $n = 0,034 \cdot 6,94/0,966 = 2,42$ mol.

La MM della sostanza è: $MM = m/n = 19,0/2,42 = 78,5$ g/mol.

(Risposta C)

33. Una cella galvanica consiste in un elettrodo di Mg immerso in una soluzione ad attività unitaria di $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ e in un elettrodo di Cd immerso in una soluzione ad attività unitaria di $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$.

La reazione che avviene è:



Calcolare il ΔE° della cella sapendo che: $E^\circ (\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2,37$ V; $E^\circ (\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}) = -0,40$ V

- A) +2,77 V
- B) +1,97 V
- C) -1,97 V
- D) -2,77 V

33. Soluzione

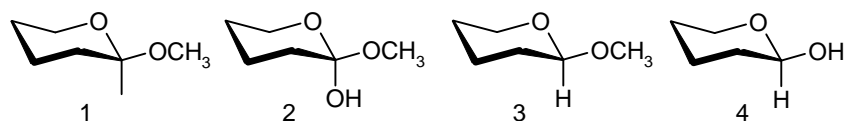
La specie col potenziale di riduzione maggiore (Cd) si riduce, quella col potenziale minore (Mg) si ossida.

La reazione è scritta nel verso in cui avviene spontaneamente, il suo ΔE° sarà positivo.

$\Delta E^\circ = E^\circ(\text{Cd}) - E^\circ(\text{Mg}) = -0,40 - (-2,37) = +1,97$ V.

(Risposta B)

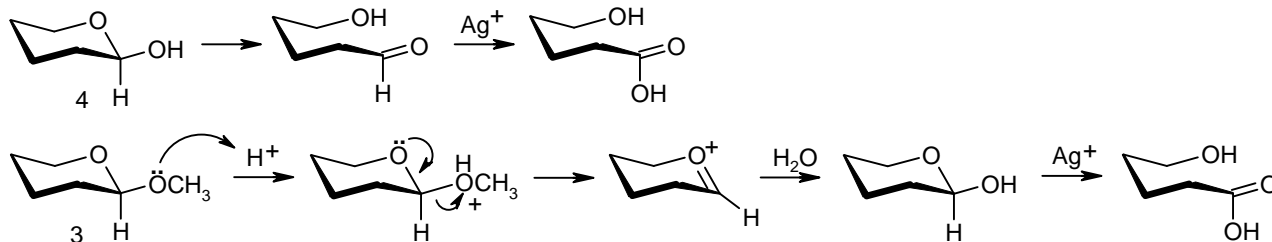
34. Quale dei seguenti composti porta alla formazione di argento metallico (a specchio) per reazione con AgNO_3 in HNO_3 diluito?



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

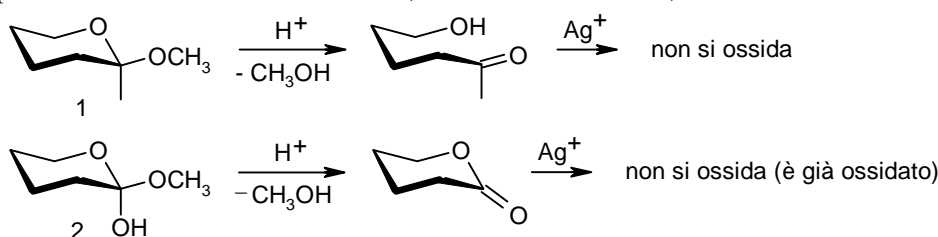
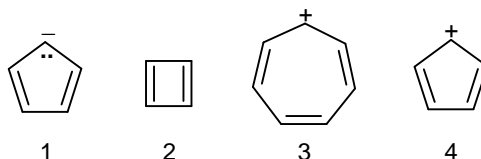
34. Soluzione

Il saggio di Tollens si esegue con AgNO_3 e NH_3 , cioè in ambiente basico. In queste condizioni vengono ossidati i semiacetali (4) mentre gli acetali delle aldeidi (3), che sono stabili alle basi, non reagiscono. Lo ione Ag^+ è l'agente ossidante, si riduce ad argento metallico formando una superficie a specchio sulla parete di vetro. Qui la reazione è fatta in ambiente acido (HNO_3) e così, oltre al composto 4 (semiacetale) reagisce anche il composto 3 (acetale di un'aldeide). Questo prima si idrolizza formando il semiacetale e poi si ossida.



Il composto 1 non si ossida perchè è il semiacetale di un chetone. In ambiente acido si idrolizza formando il chetone, ma questo non è ossidabile e la reazione non forma lo specchio.

Il composto 2 è già ossidato: ha tre legami con l'ossigeno come un acido carbossilico. In ambiente acido può perdere l'alcol e formare un lattone, cioè un estere ciclico, non ossidabile. (Risposta B)

**35. Quale dei seguenti composti è aromatico?**

A) 1 e 3

B) 1 e 4

C) 3 e 4

D) 2 e 4

35. Soluzione

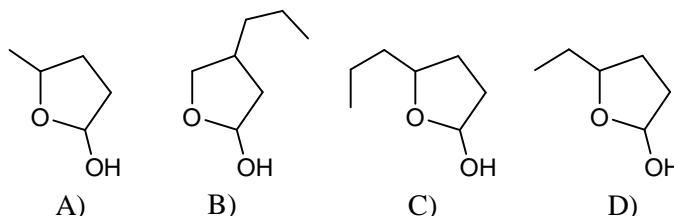
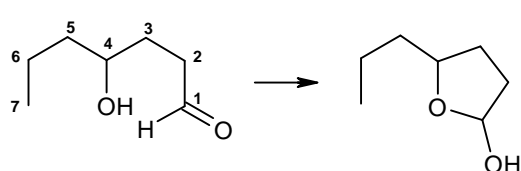
Un composto aromatico deve possedere un anello di atomi tutti ibridati sp^2 che partecipano ad un sistema di doppi legami coniugati che abbraccia tutto l'anello e contiene un numero di elettroni π dato dalla regola di Huckel ($4n+2$) cioè 2, 6, 10, 14, ecc elettroni π .

Tutti questi anelli soddisfano il primo requisito, tutti i loro atomi partecipano ad un sistema di doppi legami coniugati, ma il secondo requisito (la regola di Huckel) ci permette di individuare i due composti aromatici.

I composti 1 e 3 contengono 6 elettroni π , sono aromatici (OK).

I composti 2 e 4 contengono 4 elettroni π , non sono aromatici.

(Risposta A)

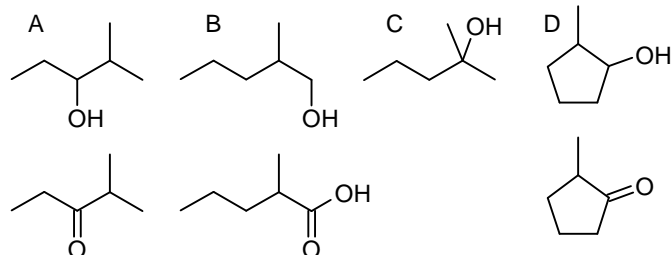
36. Quale dei seguenti composti è il semiacetale ciclico del 4-idrossieptanale?**36. Soluzione**

La reazione tra l'OH in posizione 4 e il gruppo aldeidico del 4-idrossieptanale produce il semiacetale C. (Risposta C)

37. Indicare quale tra i seguenti alcoli non è ossidabile con $K_2Cr_2O_7$ e H_2SO_4 a temperatura ambiente.

- A) 2-metil-3-pentanololo B) 2-metil-1-pentanololo C) 2-metil-2-pentanololo D) 2-metil-ciclopentanololo

37. Soluzione

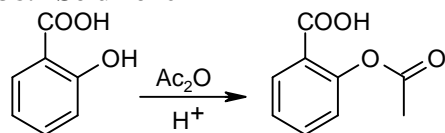


La reazione con bicromato e H_2SO_4 ossida gli alcoli primari (B) ad acidi carbossilici, ossida gli alcoli secondari (A, D) a chetoni, ma non è in grado di ossidare gli alcoli terziari (C). (Risposta C)

38. Quale dei seguenti reagenti consente di acetilare l'acido salicilico per ottenere l'acido acetilsalicilico (aspirina)?

- A) anidride acetica in presenza di acido solforico
B) acetato di etile in presenza di NaOH
C) acido acetico in etanolo
D) anidride maleica in ambiente acido

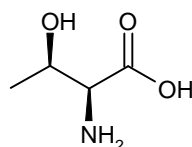
38. Soluzione



L'acido salicilico può essere acetilato formando acido acetilsalicilico con anidride acetica e qualche goccia di H_2SO_4 . In realtà l'acido solforico è un catalizzatore troppo forte per questa reazione perchè consente anche al carbossile dell'acido salicilico di reagire col gruppo alcolico fenolico per formare un estere indesiderato che vede due molecole di acido salicilico

legate tra loro. Per questo si preferisce usare, al posto dell' H_2SO_4 , un acido meno forte come H_3PO_4 . (Risposta A)

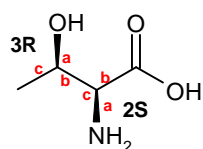
39. La L-treonina è un amminoacido essenziale e un importante costituente di diverse proteine dei tessuti connettivi, come il collagene e l'elastina. Assegnare la configurazione R o S a ciascun centro chirale della molecola.



- A) 2R, 3S
B) 2S, 3S
C) 2R, 3R
D) 2S, 3R

39. Soluzione

Circa un quarto di tutte le proteine del nostro corpo è collagene. Il collagene è la più importante proteina strutturale e forma cavi molecolari che rinforzano i tendini e grandi fogli elastici che sostengono la pelle e gli organi interni. Anche se ha una funzione fondamentale, il collagene è una proteina relativamente semplice.



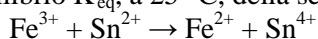
E' composto di tre catene, avvolte in una tripla elica, dove ogni catena è lunga più di 1400 amminoacidi. Le catene sono formate da una sequenza ripetuta di tre soli amminoacidi: glicina (Gly), prolina (Pro) e idrossiprolina (Hyp).

La treonina NON è un componente del collagene anche se può essere il precursore della glicina. I due centri stereogenici della treonina sono 2S,3R. (Risposta D)

40. Quali reattivi consentono di sintetizzare la N-etilbenzilammina senza formare sottoprodotti in quantità rilevanti?

- A) benzilbromuro e etilammina in acetonitrile in presenza di trietilammina in eccesso
B) benzilammina e cloroetano in acetonitrile in presenza di trietilammina in eccesso
C) benzaldeide e etilammina in metanolo con sodio cianoboridruro in eccesso
D) benzilbromuro, cloroetano ed ammonica in acetonitrile in presenza di trietilammina in eccesso

45. Indicare il valore della costante di equilibrio K_{eq} , a 25 °C, della seguente reazione (da bilanciare):



$E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = +0,771 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}) = +0,154 \text{ V}$.

- A) $7,6 \cdot 10^{-20}$ B) $7,6 \cdot 10^{20}$ C) $3,8 \cdot 10^{20}$ D) 20,88

45. Soluzione

La specie a potenziale di riduzione maggiore (Fe^{3+}) è quella che si riduce, quindi la reazione procede spontaneamente nella direzione indicata: il ΔE° sarà positivo, il ΔG° sarà negativo, la K_{eq} sarà maggiore di 1.

$$\Delta E^\circ = +0,771 - 0,154 = +0,617 \text{ V}. \quad \Delta G^\circ = -nF\Delta E^\circ \quad \Delta G^\circ = -2 \cdot 96485 \cdot 0,617 = -119 \text{ kJ/mol}$$

Dalla relazione: $\Delta G^\circ = -RT \ln K$ si ottiene: $\ln K = -\Delta G^\circ/RT = 119000/(8,314 \cdot 298)$ $\ln K = 48$

Da cui: $K = e^{48} = 7,4 \cdot 10^{20}$.

(Risposta B)

46. Una soluzione di una sostanza di concentrazione $C = 2,0 \text{ mg/L}$ a 525 nm ha una trasmittanza percentuale $T = 44,0\%$ e un'assorbanza $A = 0,356$. Raddoppiando la concentrazione, i valori di T ed A diventano:

- A) 88,0% e 0,056 B) 19,4% e 0,712 C) 22,0% e 0,658 D) 22,0% e 0,712

46. Soluzione

Per la legge di Beer ($A = \epsilon \ell C$), l'assorbanza è direttamente proporzionale alla concentrazione.

Se C raddoppia, A raddoppia e diventa: $2 \cdot 0,356 = 0,712$.

Dalla definizione di trasmittanza $A = -\log T$ si ha: $T = 10^{-A} = 10^{-0,712} = 0,194$ (19,4%).

(Risposta B)

47. Un tampone ha la massima efficacia se:

- il rapporto tra le concentrazioni dell'acido e della base coniugata è molto vicino a 1
 - le concentrazioni molari di acido e base coniugata sono vicine a 0,1 mol/L
 - si opera nell'intervallo di $\text{pH} = \text{p}K_a \pm 1$
 - il $\text{p}K_a$ dell'acido è minore di 7
- A) 2, 3, 4 B) 1, 2, 3 C) 1, 2, 4 D) 1, 3, 4

47. Soluzione

Se il rapporto [acido]/[base] è 1 il tampone ha la stessa efficacia sia per neutralizzare l'aggiunta di un acido forte sia quella di una base forte (1 OK).

Un tampone è più efficace se non è troppo diluito, ma neanche troppo concentrato (2 OK)

Se il tampone opera ad un $\text{pH} \approx \text{p}K_a$ allora il rapporto [acido]/[base] ≈ 1 ed il tampone è più efficace (3 OK)

Il tampone agisce trasformando un acido forte aggiunto in un acido debole, quindi non perde di efficacia se l'acido è più debole, quindi il $\text{p}K_a$ non deve essere minore di 7 (4 errata).

(Risposta B)

48. Uno studente deve determinare l'acidità di un vino bianco espressa come concentrazione in g/L di acido tartarico ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ MM = 150,09 g/mol).

La titolazione di 50,0 mL di vino ha richiesto 20,1 mL di NaOH 0,0500 mol/L (con indicatore fenoltaleina).

Considerando che l'acido tartarico è un acido diprotico, indicare l'acidità del campione di vino.

- A) 3,017 g/L B) 0,7540 g/L C) 1,508 g/L D) 2,262 g/L

48. Soluzione

Le moli di NaOH sono: $n = MV = 0,050 \cdot 20,1 = 1,005 \text{ mmol}$. Le mmoli di acido sono la metà: 0,5025 mmol.

In 1000 mL avremo: $0,5025 (1000/50) = 10,05 \text{ mmol}$ cioè: 0,01005 mol di acido tartarico.

La massa sarà: $m = n \text{ MM} = 0,01005 \cdot 150,09 = 1,508 \text{ g/L}$.

(Risposta C)

49. Nella spettroscopia di assorbimento atomico, quale tra le seguenti affermazioni è corretta?

- la sorgente luminosa emette la radiazione caratteristica dell'elemento da analizzare
- la radiazione assorbita dal campione è policromatica
- l'intensità del segnale dipende solo dalla temperatura della fiamma
- la tecnica è non distruttiva

49. Soluzione

In assorbimento atomico, si usano le lampade a catodo cavo che emettono le radiazioni caratteristiche dell'elemento da analizzare perché contengono questo stesso elemento nella lampada.

(Risposta A)

50. La costante di velocità k della decomposizione di una certa sostanza è pari a $2,8 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ a 30°C e $1,38 \cdot 10^{-2} \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ a 50°C . Indicare l'energia di attivazione di questa reazione.

- A) 46 kJ mol^{-1} B) 65 kJ mol^{-1} C) 542 kJ mol^{-1} D) 130 kJ mol^{-1}

50. Soluzione

Dall'equazione di Arrhenius: $k = A e^{(-E/RT)}$ si ottiene $A = k e^{(E/RT)}$ cioè: $\ln A = \ln k + (E/RT)$

dato che A è uguale nelle due reazioni, si ottiene: $\ln k_1 + (E/RT_1) = \ln k_2 + (E/RT_2)$

$\ln(k_1/k_2) = (E/R)(1/T_2 - 1/T_1)$ dove: $T_1 = 50^\circ\text{C} = 323 \text{ K}$ $T_2 = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$

$\ln(1,38 \cdot 10^{-2}/2,8 \cdot 10^{-3}) = (E/8,314)(1/303 - 1/323)$

$\ln(4,929) = (E/8,314)(2,044 \cdot 10^{-4})$

$1,595 = E \cdot 2,459 \cdot 10^{-5}$ da cui: $E = 64,88 \text{ kJ/mol}$.

(Risposta B)

51. Quattro litri di acqua ($d = 1000 \text{ g/L}$) sono posti in una pentola con un coperchio e vengono portati a ebollizione ($T = 100^\circ\text{C}$). La massa della pentola di metallo è 700 g . Appena l'acqua bolle il fornello viene spento e in quel momento il metallo della pentola è a 130°C . Conoscendo il calore specifico dell'acciaio (502 J/K kg) e quello dell'acqua (4184 J/K kg), indicare cosa si osserva all'equilibrio termico. La pentola piena d'acqua:

- A) supposta come sistema isoterma, avrà temperatura omogenea tra acqua e metallo pari a $101,7^\circ\text{C}$
 B) supposta come sistema adiabatico, avrà temperatura omogenea tra acqua e metallo pari a 102°C
 C) supposta come sistema adiabatico, avrà temperatura omogenea tra acqua e metallo pari a 99°C
 D) supposta come sistema adiabatico, avrà temperatura omogenea tra acqua e metallo pari a 100°C

51. Soluzione

Il calore si trasferisce dal metallo (130°C) all'acqua bollente (100°C), ma non ne aumenta la temperatura, piuttosto provoca il cambiamento di stato (evaporazione) di un po' di acqua. All'equilibrio termico, acqua e metallo sono entrambi a 100°C e, se il sistema è adiabatico (non cede calore all'esterno), la temperatura rimane ferma a 100°C .

(Risposta D)

52. Un campione di KCl fuso viene sottoposto ad elettrolisi per 35 min con una corrente di $1,00 \text{ A}$.

Qual è il volume di cloro che si sviluppa all'anodo misurato in condizioni standard?

- A) $2,72 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ B) $1,09 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ C) $1,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ D) $2,72 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

52. Soluzione

La reazione è: $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$ Per produrre una mole di Cl_2 servono due moli di elettroni.

Sapendo che gli Ampere sono Coulomb al secondo ($A = C/s$) si ottiene $C = A s = 1,0(35 \cdot 60) = 2100 \text{ C}$

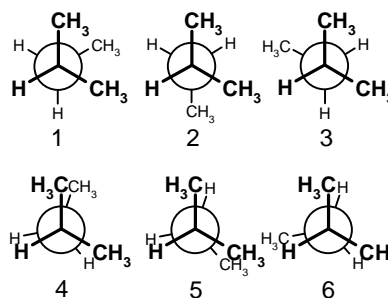
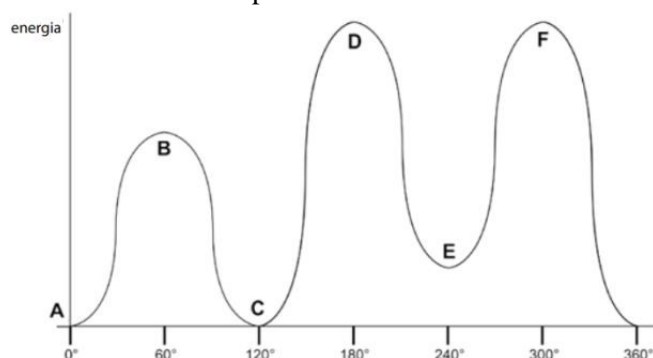
Le moli di elettroni sono $n = C/F = 2100/96485 = 2,177 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$.

Le moli di Cl_2 sono la metà: $1,088 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$. In condizioni standard (298 K , 1 bar) si ha:

Volume di Cl_2 : $V = nRT/P = (1,088 \cdot 10^{-2} \cdot 0,0831 \cdot 298)/1 = 0,269 \text{ L}$ ($2,69 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$).

(Risposta A)

53. Abbinare le sei proiezioni di Newman del 2-metilbutano ai punti A–F sul diagramma di energia



- A) 1E, 2A, 3C, 4D, 5F, 6B B) 1D, 2C, 3B, 4E, 5F, 6A
 C) 1A, 2E, 3C, 4D, 5B, 6F D) 1C, 2A, 3E, 4D, 5B, 6F

53. Soluzione

I tre punti con energia minima (A, C, E) corrispondono alle tre strutture sfalsate (1, 2, 3)

Iniziando da 1 e ruotando verso destra il carbonio lontano, troviamo: 1E (CH_3 tra carboni), 2A, 3C.

I tre punti con energia massima (B, D, F) corrispondono alle tre strutture sfalsate (4, 5, 6)

Iniziando da 4 e ruotando verso destra il carbonio lontano, troviamo: 4D, 5F, 6B (CH_3/H).

(Risposta A)

54. La reazione del butanale in ambiente basico, seguita da riscaldamento con acido forte e idrogenazione catalitica (H_2/Ni) porta alla formazione di un prodotto $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}$. Indicare il suo nome IUPAC.

- A) alcol isoottilico
 B) 3-metil-eptan-1-olo
 C) 2-etil-esanale
 D) 2-etil-esan-1-olo

54. Soluzione

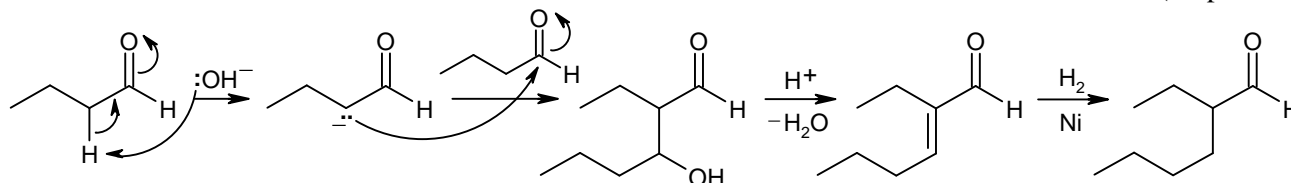
Il butanale in ambiente basico dà addizione aldolica. In ambiente basico si formano tracce di enolato del butanale che si addizionano ad una seconda molecola di butanale formando un aldolo (2-etil-3-idrossiesanale).

Il trattamento con acido a caldo disidrata la molecola formando un'aldeide alfa-beta insatura.

La riduzione finale con H_2/Ni riduce solo il doppio legame senza ridurre il carbonile dell'aldeide.

Si è ottenuta l'aldeide 2-etilesanale.

(Risposta C)



55. L'idrolisi basica (saponificazione) e l'idrolisi acida degli esteri sono reazioni che portano a prodotti che differiscono solo per la protonazione. Quale delle seguenti affermazioni è corretta?

- A) l'idrolisi acida è una reazione irreversibile
 B) l'idrolisi basica è una reazione irreversibile
 C) nell'idrolisi acida H_3O^+ è un reagente
 D) nell'idrolisi basica la base è un catalizzatore

55. Soluzione

Nell'idrolisi acida H^+ è un catalizzatore che protona l'estere e lo rende più reattivo.

Nell'idrolisi basica OH^- non è un catalizzatore, ma è il reagente che si lega all'estere e resta nel carbossilato.

L'idrolisi basica è una reazione irreversibile perché nell'ultimo passaggio l'acido carbossilico in presenza di OH^- si deprotona formando il carbossilato con un passaggio irreversibile. Il carbossilato non è elettrofilo e non può sommare l'alcol per ricreare un estere.

(Risposta B)

56. L'addizione di acido bromidrico (HBr) all'1,3-butadiene è un classico esempio di addizione coniugata.

Il prodotto atteso della reazione è:

- A) una miscela di 3-bromo-1-butene e 1-bromo-2-butene in quantità eguali
 B) una miscela di 3-bromo-1-butene e 1-bromo-2-butene in proporzioni variabili a seconda delle condizioni di reazioni utilizzate
 C) il 3-bromo-1-butene, il prodotto più stabile termodinamicamente.
 D) il 1-bromo-2-butene, il prodotto che si forma più velocemente

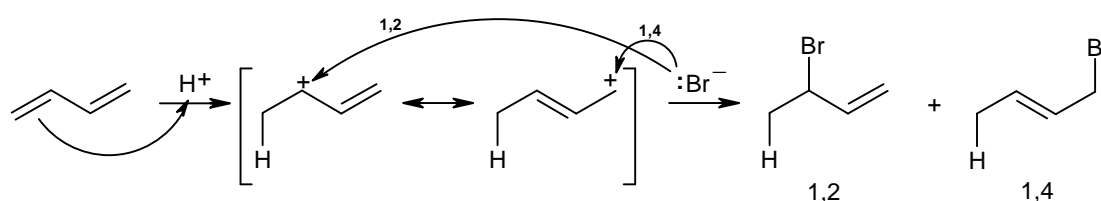
56. Soluzione

La reazione può formare entrambi gli addotti 1,2 (3-bromo-1-butene) e 1,4 (1-bromo-2-butene) perché il carbocatione intermedio è allilico ed esiste in due forme di risonanza, la sua carica positiva è distribuita tra il carbonio 2 e il carbonio 4 del sistema dienico.

Se la reazione viene eseguita a temperatura ambiente è sotto controllo termodinamico e forma prevalentemente (80%) l'addotto 1,4 più stabile termodinamicamente dato che ha un doppio legame più sostituito.

Se la reazione viene eseguita a -60°C è sotto controllo cinetico e forma prevalentemente (80%) l'addotto 1,2 più veloce a reagire dato che passa per un carbocatione allilico secondario (più sostituito).

(Risposta B)

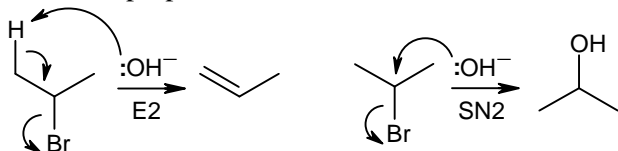


57. Il 2-bromopropano viene trattato con NaOH in etanolo a caldo. Qual è il prodotto principale della reazione?

- A) 2-propanolo
 C) 1-propanolo
 B) propano
 D) propene

57. Soluzione

Il 2-bromopropano trattato con NaOH in etanolo a caldo può reagire in due modi diversi.



Può dare un'eliminazione E2 formando 1-propene o può dare una sostituzione SN2 formando 2-propanolo.

La reazione che prevale dipende dalla temperatura (a T maggiore prevale la reazione E2 a causa del ΔS) e dipende dall'ingombro sterico della base (basi ingombrate

come tBuOK danno prevalentemente la reazione E2 a causa dell'ingombro sterico che ostacola la SN2).

Se qui è specificato che la reazione avviene a caldo, si vuole fare intendere che la temperatura è così alta da

favorire l'eliminazione E2 e allora il prodotto principale che si ottiene è 1-propene.

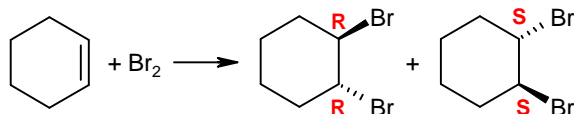
(Risposta D)

58. L'addizione di Br₂ al cicloesene porta alla formazione di:

- A) due coppie di enantiomeri tra loro diastereoisomeri
 B) una coppia di enantiomeri e un composto meso
 C) un singolo stereoisomero
 D) una coppia di enantiomeri

58. Soluzione

L'addizione al doppio legame di Br₂ avviene con geometria anticoplanare, cioè i due atomi di bromo si legano da parti opposte rispetto al piano molecolare.

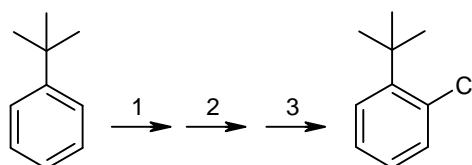


L'1,2-dibromocicloesano che si forma non ha piani di simmetria, quindi è una molecola chirale.

Si formano due composti, uno con stereochimica R,R e l'altro S,S cioè una coppia di enantiomeri.

(Risposta D)

59. Indicare la sequenza di reazioni che può formare, in modo efficiente, 1-terz-butil-2-clorobenzene a partire da terz-butilbenzene.

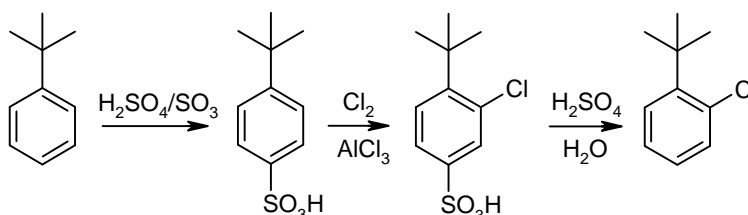


- A) 1: H₂SO₄ conc.; 2: Cl₂, AlCl₃; 3: H₂SO₄ dil, calore
 B) 1: Cl₂, AlCl₃; 2: H₂SO₄ conc.; 3: H₂SO₄ dil., calore
 C) 1: H₂SO₄ conc.; 2: NaOH fuso; 3: Cl₂, AlCl₃
 D) 1: HNO₃/H₂SO₄ conc.; 2: SnCl₂; 2: CH₃COCl/Et₃N

59. Soluzione

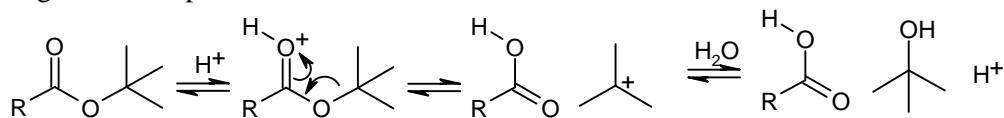
L'alogenazione della posizione orto dell'anello è ostacolata dall'ingombro sterico del gruppo terz-butile, quindi è necessario prima occupare la posizione para (favorita) con un gruppo solfonico la cui introduzione in anello è reversibile. Solo dopo si può effettuare l'alogenazione che a questo punto andrà nella posizione orto ingombra, la sola rimasta. Per finire bisognerà eliminare dall'anello il gruppo solfonico.

(Risposta A)



60. Gli esteri t-butilici subiscono idrolisi, in condizioni acide, secondo il seguente meccanismo:

Quale altra tipologia di estere potrebbe subire idrolisi secondo un meccanismo simile?



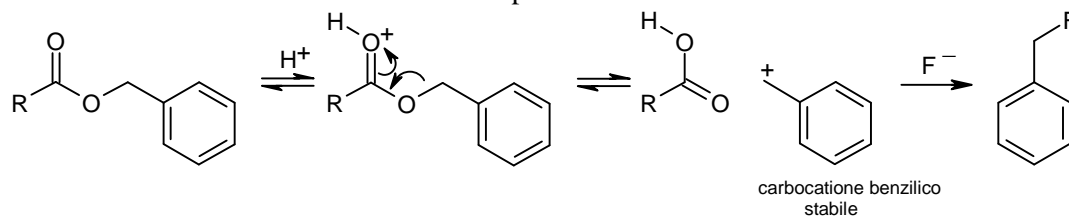
- A) metilico
- B) benzilico
- C) fenilico
- D) ciclico (lattone)

60. Soluzione

Gli esteri benzilici sono usati come protettori del gruppo carbossilico (per esempio nella sintesi di peptidi in fase liquida e anche in quella in fase solida dove realizzano l'aggancio del primo amminoacido alla resina).

Quando si vuole togliere il gruppo protettore benzilico, bisogna operare in modo da non idrolizzare anche i legami ammidici tra gli amminoacidi. Questi sono labili in ambiente acido acquoso, quindi si sfrutta la caratteristica dell'estere benzilico che può essere rimosso in ambiente anidro per trattamento con HF, condizioni in cui i normali esteri e le ammidi sono stabili.

In queste condizioni l'estere viene scisso sfruttando la particolare stabilità del carbocatione benzilico.



Questo tipo di reazione è possibile solo se il gruppo uscente è stabile come carbocatione e questo accade solo con il carbocatione terbutile (come nell'esempio del problema) e con i carbocationi allylico e benzilico, ma non con gli altri carbocationi, tanto meno con quelli proposti qui, metilico e fenilico, estremamente instabili. (Risposta B)