

Giochi e Campionati Internazionali della Chimica 2026

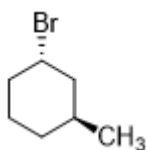
Competizione individuale – Finale nazionale GARA 2

08 maggio 2026 ore 15:00

Classe di Concorso C

DOMANDA 1

Data la seguente molecola **A**:



- (1) Assegnare il nome IUPAC alla molecola **A** completa della configurazione R,S agli stereocentri **1 punto**
- (2) Scrivere la formula di struttura del suo enantiomero **B** **1 punto**
- (3) **B** viene trattato con metossido di sodio in metanolo: scrivere la struttura del prodotto **C** di sostituzione S_N2 facendo attenzione alla stereochimica **1 punto**
- (4) Disegnare l'equilibrio conformazionale di **C** **1 punto**
- (5) Dire in quale direzione è spostato l'equilibrio conformazionale di cui al punto (d) e spiegarne il motivo **2 punti**
- (6) Quando **B** viene trattato con metossido di sodio in metanolo scaldando, avviene anche una reazione competitiva di eliminazione $E2$ che porta alla formazione di due prodotti isomerici, **D** e **E**: scrivere la struttura di questi composti, assegnando loro il nome IUPAC **2 punti**
- (7) Quale/i saggio/i potrebbe/ro rivelare la presenza del gruppo funzionale presente in **D** e **E**? **1 punto**
- (8) Spiegare come si deve procedere e cosa si osserva per il/i saggio/i di cui al punto (7) **1 punto**

DOMANDA 2

- (1) Descrivere la pila Daniell in tutti i suoi costituenti (elettrodi ed elettroliti) **3 punti**
- (2) Scrivere le reazioni elettrodiche che avvengono al polo positivo e al polo negativo **2 punti**
- (3) Scrivere l'equazione relativa alla differenza di potenziale a circuito aperto (ΔE) di questa pila **3 punti**
- (4) In una pila ΔE è positivo o negativo? Perché? **2 punti**

DOMANDA 3

25,0 mL di una soluzione acquosa di un acido debole monoprotico HA viene titolata con una soluzione di NaOH 0,100 mol/L. La titolazione viene seguita mediante pHmetro a 25 °C. In tabella sono riportati i valori di pH vs. volume di titolante ottenuti.

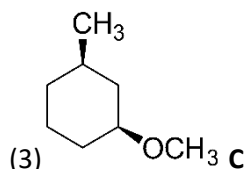
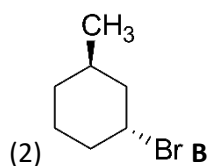
Volume NaOH (mL)	pH
0,0	2,88
5,0	4,15
10,0	4,58
12,8	4,77
15,0	4,92
20,0	5,34
21,0	5,45
22,0	5,59
23,0	5,76
24,0	6,03
25,0	6,68
25,5	10,37
26,0	10,91
26,5	11,14
27,0	11,28
28,0	11,48

Dai dati in tabella:

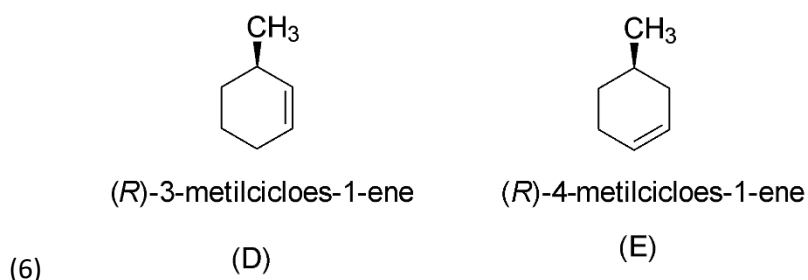
- (1) tracciare la curva di titolazione pHmetrica **2 punti**
- (2) individuare il volume al punto di equivalenza usando il metodo della derivata prima ($\frac{dpH}{dV}$) **2 punti**
- (3) calcolare la concentrazione in mol/L dell'acido **1 punto**
- (4) determinare dalla curva di titolazione il pKa dell'acido debole HA **2 punti**
- (5) spiegare perché, al punto di equivalenza, il pH è diverso da 7 **2 punti**
- (6) nel caso in cui non fosse possibile eseguire una titolazione pHmetrica, indicare un indicatore acido-base idoneo per questa titolazione, motivandone la scelta **1 punto**

Risposta quesito 1

(1) (1S,3S)-1-bromo-3-metilcicloesano



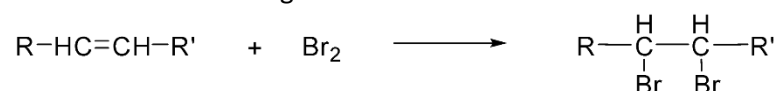
(5) L'equilibrio è spostato verso destra, ovvero verso la conformazione più stabile, poiché nella conformazione a destra entrambi i sostituenti si trovano in posizione equatoriale minimizzando il contributo delle interazioni 1,3-diassiali che generano tensione sterica



(7) Si può pensare ad uno dei due saggi generali per l'insaturazione ovvero: i) saggio con bromo in CCl_4 (1 punto intero) oppure ii) saggio di Bayer con KMnO_4 , pur essendo meno specifico (0.5 punti)

(8) Riferimento: Esposito, Javarone, Trogolo, "Analisi Organica Qualitativa", Casa Ed. universitaria di Roma-La Goliardica

i) Saggio con bromo. Il bromo forma composti di addizione con molti composti insaturi con decolorazione della soluzione dell'alogeno:



"Una punta di spatola del composto in esame (circa 30 mg) viene sciolta in 1 o 2 mL di CCl_4 , aggiungendo goccia a goccia una soluzione al 2% di Br_2 in CCl_4 . Se sono necessarie più di due gocce di reattivo per mantenere la colorazione rosso-bruna il saggio può essere ritenuto positivo."

ii) Si basa sul fatto che composti facilmente ossidabili riducono lo ione MnO_4^- provocando la scomparsa del suo caratteristico colore violetto e la formazione dell'ossido idrato di manganese di colore bruno-scuro



“Una punta di spatola del composto in esame (circa 30 mg) viene sciolta in acqua o acetone alcalinizzando con Na_2CO_3 . Si aggiunge goccia a goccia una soluzione di KMnO_4 all'1% agitando vigorosamente dopo ogni aggiunta. Se si decolora più di una goccia di reattivo il composto contiene un doppio legame o qualche altra funzione facilmente ossidabile.”

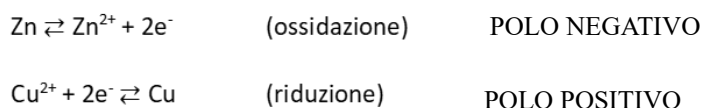
Risposta quesito 2

La pila Daniell costituisce una delle più note ed esplicative celle elettrochimiche. Essa è caratterizzata dalla seguente catena: $\text{Zn} \mid \text{ZnSO}_4 \text{ 1M} \parallel \text{CuSO}_4 \text{ 1M} \mid \text{Cu}$.

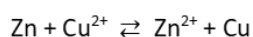
I due metalli conduttori (rame e zinco) sono chiamati elettrodi, collegati esternamente attraverso un circuito e immersi in una opportuna soluzione elettrolitica. La soluzione elettrolitica può essere comune ai due elettrodi, ma nella pila Daniell si hanno due distinte soluzioni collegate tra loro attraverso un ponte salino in modo che sia possibile il passaggio di ioni, per garantire l'elettroneutralità nelle due soluzioni, ed evitare la reazione diretta tra le specie ioniche in soluzione.

L'introduzione di un elettrodo in soluzione elettrolitica crea un'interfase presso la quale si stabiliscono equilibri redox di trasferimento di carica e si genera un corrispondente potenziale elettrochimico. La carica può quindi essere trasportata dal flusso di elettroni nel circuito metallico esterno e dalla migrazione degli ioni all'interno della soluzione elettrolitica.

Nei due comparti si stabiliscono i seguenti equilibri redox:



La reazione complessiva di cella (o processo elettromotore) nella pila Daniell è dunque la seguente:



Nota l'equazione di Nernst per una generica reazione di cella $a\text{A} + b\text{B} \rightleftharpoons c\text{C} + d\text{D}$:

$$\Delta E = \Delta E^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_C^c \cdot a_D^d}{a_A^a \cdot a_B^b}$$

dove $\Delta E = E(\text{catodo}) - E(\text{anodo})$, la differenza potenziale a circuito aperto nella pila Daniell può essere scritta come:

$$\Delta E = \Delta E^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{\text{Zn}^{2+}} \cdot a_{\text{Cu}}}{a_{\text{Zn}} \cdot a_{\text{Cu}^{2+}}}$$

Essendo sia l'attività dei metalli che quella delle specie ioniche in soluzione unitaria, la parte logaritmica si annulla e quindi nella pila Daniell si ha:

$$\Delta E = \Delta E^0 = E^0_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} - E^0_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}$$

Essendo $E^0_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0,34 \text{ V}$ e $E^0_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = -0,76 \text{ V}$, allora $\Delta E = 1,1 \text{ V}$.

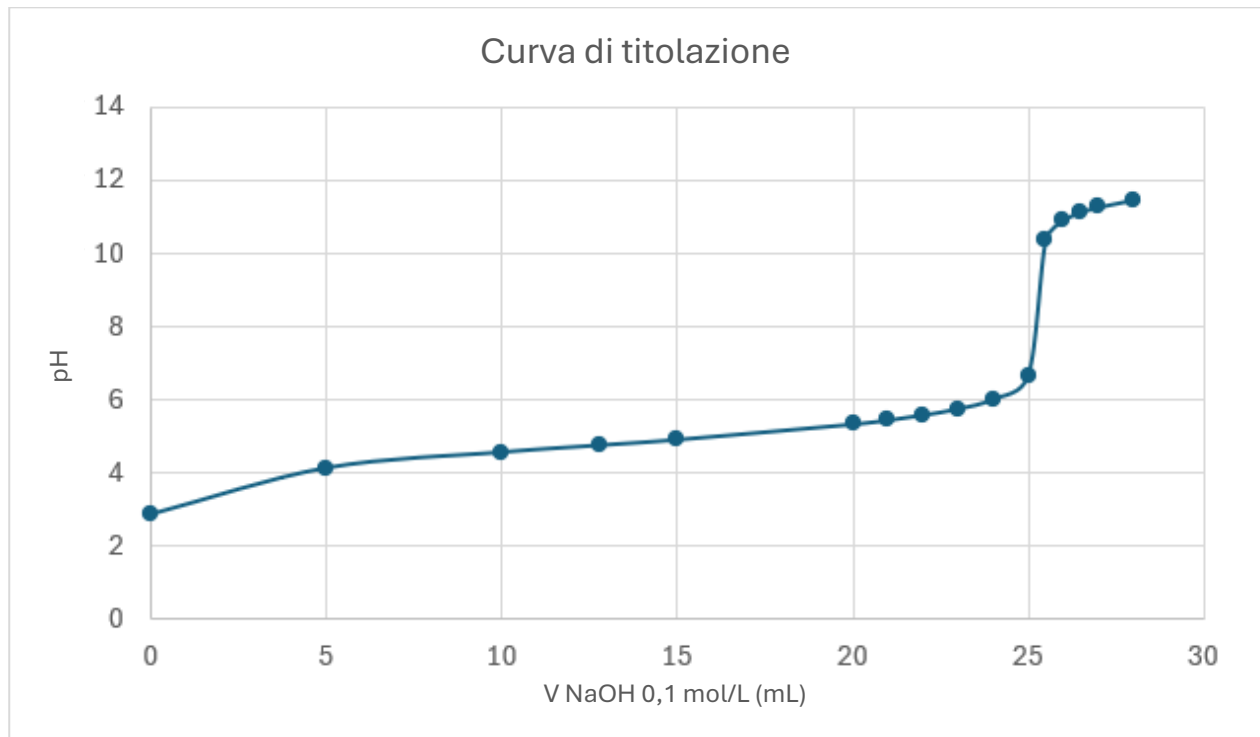
Tale valore è positivo (>0) perché nella pila la reazione è spontanea. Infatti, il lavoro elettrico ad essa associato è esprimibile come:

$$\Delta G = -nF\Delta E$$

dove n è il numero di elettroni scambiati nella reazione di cella ($=2$ nella pila Daniell) ed F è la costante di Faraday.

Risposta quesito 3

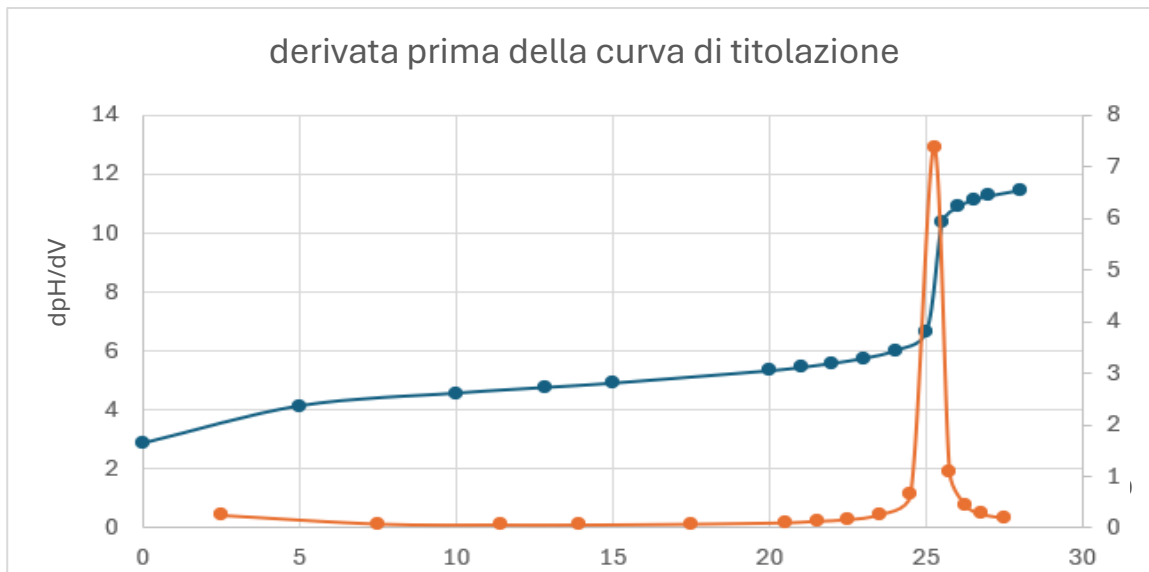
(1)



(2)

Applicando il metodo della derivata prima ($\frac{dpH}{dV}$) avremo:

V_{NaOH} (mL)	pH	dV	dpH	V der I	dpH/dV
0	2,88				
5	4,15	5	1,27	2,5	0,254
10	4,58	5	0,43	7,5	0,086
12,8	4,77	2,8	0,19	11,4	0,068
15	4,92	2,2	0,15	13,9	0,068
20	5,34	5	0,42	17,5	0,084
21	5,45	1	0,11	20,5	0,11
22	5,59	1	0,14	21,5	0,14
23	5,76	1	0,17	22,5	0,17
24	6,03	1	0,27	23,5	0,27
25	6,68	1	0,65	24,5	0,65
25,5	10,37	0,5	3,69	25,25	7,38
26	10,91	0,5	0,54	25,75	1,08
26,5	11,14	0,5	0,23	26,25	0,46
27	11,28	0,5	0,14	26,75	0,28
28	11,48	1	0,2	27,5	0,2



Il volume al punto equivalente sarà $V_{eq} = 25,25$ mL

(3)

Per una reazione di stechiometria 1:1 avremo che:

$$V_{NaOH} \text{ (mL)} \times C_{NaOH} \text{ (mol/L)} = V_{eq} \text{ (mL)} \times C_{HA} \text{ (mol/L)} \quad C = \text{concentrazione in mol/L}$$

$$25,25 \text{ mL} \times 0,100 \text{ mol/L} = 25 \text{ mL} \times C_{HA} \text{ (mol/L)}$$

$$C_{HA} = 0.1010 \text{ mol/L}$$

(4)

Il pK_a di un acido debole si determina direttamente dalla curva di titolazione acido debole–base forte individuando il punto corrispondente a $1/2 V_{eq}$. Nel caso di questa titolazione $1/2 V_{eq} \sim 12,625$ mL. Durante la titolazione, al punto in cui il volume di base aggiunto è pari a metà del volume al punto equivalente, si ha:

$$[HA] = [A^-]$$

Applicando l'equazione di Henderson–Hasselbalch:

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

quando $[A^-] = [HA]$ il termine logaritmico è nullo, quindi:

$$\boxed{pH = pK_a}$$

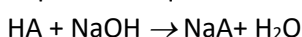
Pertanto, il valore di pH letto sulla curva di titolazione a $1/2 V_{eq}$ coincide con il pK_a dell'acido.

$$pH = pH(1/2 V_{eq}) = \text{poco inferiore a } 4,77$$

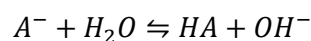
$$pH = pK_a = \text{poco inferiore a } 4,77$$

(5)

Al punto di equivalenza di una titolazione tra acido debole e base forte



tutto l'acido HA è stato neutralizzato e in soluzione è presente prevalentemente il sale NaA, che si dissocia completamente. L'anione A^- è la base coniugata di un acido debole monoprotico, pertanto, subisce idrolisi secondo la seguente reazione:



rendendo la soluzione basica. Di conseguenza, al punto di equivalenza avrà $pH > 7$.

(6)

Indicatore: fenolftaleina $pK_a = 9,4$

La scelta è motivata dal fatto che, al punto di equivalenza, la soluzione risulta basica ($pH > 7$) a causa dell'idrolisi dell'anione A^- . Il salto di pH in prossimità del punto equivalente cade quindi vicino all'intervallo di viraggio della fenolftaleina (circa pH 8,2–10). Per la reazione considerata infatti il pH al punto equivalente è 10,37. L'indicatore consente pertanto di individuare correttamente il punto finale della titolazione, che coincide, entro un errore accettabile, con il punto di equivalenza.