

Informazioni generali

Istruzioni

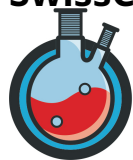
- Hai tre ore di tempo per risolvere i problemi. Aspetta il segnale di **INIZIO** prima di iniziare.
- Scrivi in modo leggibile tutti i calcoli, le idee e le spiegazioni necessarie.
- Scrivi solo a penna.
- Al termine dell'esame, inserisci le pagine nella busta fornita. Non sigillare la busta.
- Termina immediatamente il lavoro quando viene dato il segnale di **STOP**.
- Lascia il proprio posto solo se autorizzato(a).
- Saranno prese in considerazione solo le **risposte scritte negli spazi indicati**.
- I punti di ogni esercizio sono ponderati in base ai pesi che si trovano sul foglio dei punteggi per dare il risultato finale.
- Questo esame ha **9** problemi.

Viel Erfolg!

Bonne chance!

Buona fortuna!

Good luck!

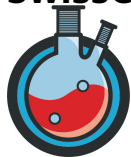


Costanti fisiche e formule

Costanti

Costante di Planck	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Costante di Boltzmann	$k_B = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Velocità della luce	$c = 2.997 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Carica elementare	$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Costante di Avogadro	$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Costante di gas universale	$R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Costante di Faraday	$F = 9.648 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
Pressione standard	$p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$
Electronvolt	$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$
Zero assoluto	$0 \text{ K} = -273.15 \text{ }^\circ\text{C}$
Ångstrom	$1 \text{ Å} = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$
Pi (π)	$\pi \approx 3.141592$
Numero di Eulero	$e \approx 2.718281$

Per il calcolo delle costanti di equilibrio e di tutte le concentrazioni, fai riferimento alla concentrazione standard $1 \text{ mol dm}^{-3} = 1 \text{ mol L}^{-1}$. Se non diversamente indicato in un compito, in questo esame si considerano tutti i gas ideali.



Formule ed equazioni

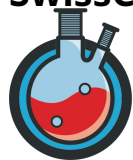
Legge dei gas perfetti	$pV = nRT = Nk_B T$
Energia libera di Gibbs	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
Relazione tra ΔG° e K	$\Delta G^\circ = -RT \ln(K)$
Relazione tra ΔG e ΔE_{cell}	$\Delta G = -zF\Delta E_{\text{cell}}$
Non standard ΔG	$\Delta_r G = \Delta_r G^\circ + RT \ln(Q)$
Quoziente di reazione Q per la reazione $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$	$Q = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$
Equazione di Nernst	$E = E^\circ - \frac{RT}{zF} \ln(Q)$
Legge di Arrhenius	$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$
Corrente elettrica	$I = \frac{q}{t}$
Legge di Lambert-Beer	$A = \epsilon Lc = \log\left(\frac{I_0}{I}\right)$
Equazione del tampone	$\text{pH} = \text{pK}_a + \log\left(\frac{[A^-]}{[HA]}\right)$
Definizione di pK_a	$\text{pK}_a = -\log\left(\frac{[H^+][A^-]}{[HA]}\right)$
Energia di un fotone	$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$
Emivita di una reazione del primo ordine	$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln(2)}{k}$
Attività di un campione radioattivo	$A = kN$
Area superficiale di una sfera	$A = 4\pi R^2$
Volume di una sfera	$V = \frac{4}{3}\pi R^3$



Tavola periodica degli elementi

1 H 1.008																	2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01																9 F 19.00
11 Na 22.99	12 Mg 24.31																17 Cl 35.45
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc [98]	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57-71 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [212]
87 Fr [223]	88 Ra [226]	89-103 Ac [227]	104 Rf [267]	105 Db [268]	106 Sg [269]	107 Bh [270]	108 Hs [270]	109 Mt [278]	110 Ds [281]	111 Rg [282]	112 Cn [285]	113 Nh [286]	114 Fl [289]	115 Mc [290]	116 Lv [293]	117 Ts [294]	118 Og [294]

57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 140.24	61 Pm [145]	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
89 Ac [227]	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np [237]	94 Pu [244]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [266]

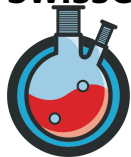


Foglio dei punteggi

Non deve essere compilato dallo studente.

Nome dello studente: _____

Q	Titolo	Punti	Peso
1	Fondamenti di chimica?	18.5	8%
2	Acidi: Dal ripugnante al fruttato fragrante	14.0	9%
3	Chimica redox con KMnO_4	13.5	11%
4	Iodio: Silenzioso o esplosivo	17.0	13%
5	Il luminol illuminando letteralmente i laboratori	13.0	10%
6	Orologio al carbonio: archeologia e imaging in vivo	16.0	15%
7	Illuminazione dei gas	12.5	11%
8	Degustazione degli zuccheri di destra (e di sinistra)	16.0	11%
9	Reazioni organiche	13.0	9%
Σ	TOTALE		100%



Fondamenti di chimica?

(18.5 pti, 8%)

1.1 Indica se i seguenti processi includono reazioni chimiche.

2.0 pt

- | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Ricarica del telefono | ☐ Sì | ☐ No |
| Bollire l'acqua salata | ☐ Sì | ☐ No |
| Elettromagneti che sollevano il ferro | ☐ Sì | ☐ No |
| Cuocere i biscotti | ☐ Sì | ☐ No |

1.2 Indica, per le seguenti quattro proprietà, se la tendenza segue $I > Br > Cl > F$. 2.0 pt

- | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Elettronegatività | ☐ Sì | ☐ No |
| Raggio atomico | ☐ Sì | ☐ No |
| Acidità (di HX) | ☐ Sì | ☐ No |
| Punto di ebollizione (di X_2) | ☐ Sì | ☐ No |

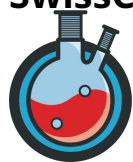
1.3 Seleziona l'elemento con la massa atomica più alta.

1.0 pt

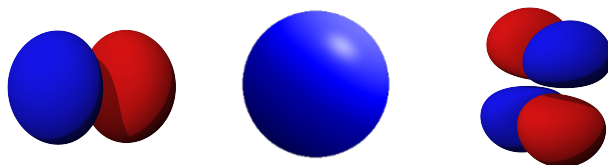
- | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| ☐ Samario (Sm) | ☐ Curio (Cm) | ☐ Afnio (Hf) | ☐ Meitnerio (Mt) |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|

1.4 Seleziona il numero di atomi di ossigeno in una mole di tris(ossalato)cromato(III) $[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$. 1.0 pt

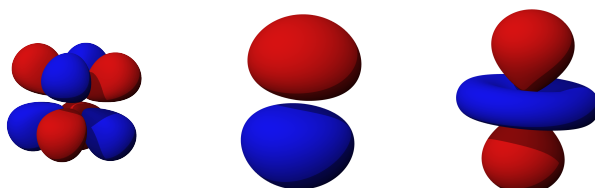
- | | | | |
|---|---|---|---|
| ☐ 2.409×10^{24} | ☐ 7.227×10^{24} | ☐ 1.807×10^{24} | ☐ 6.022×10^{23} |
|---|---|---|---|

1.5 **Seleziona** il tipo di orbitale di ciascuna illustrazione.

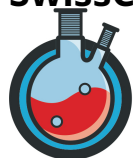
3.0 pt



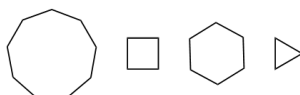
☐ s	☐ s	☐ s
☐ p	☐ p	☐ p
☐ d	☐ d	☐ d
☐ f	☐ f	☐ f



☐ s	☐ s	☐ s
☐ p	☐ p	☐ p
☐ d	☐ d	☐ d
☐ f	☐ f	☐ f



- 1.6 **Ordina** i seguenti cicloalcani **A-D** con una tensione crescente dell'anello (dal meno al più teso). 1.0 pt



A

B

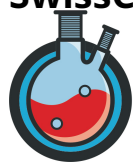
C

D

☐ D<B<A<C☐ A<C<B<D☐ C<A<B<D☐ B<D<A<C

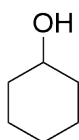
- 1.7 **Disegna** una formula di Lewis stabile delle seguenti formule minime e **determina** gli stati di ossidazione di tutti gli atomi. 4.5 pt



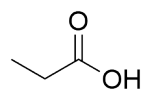


1.8 Completa le strutture secondo la nomenclatura IUPAC.

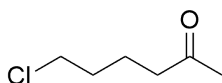
4.0 pt



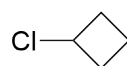
1,2-benzendiolo ($C_6H_6O_2$)



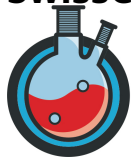
Acido 2-amino-3-idrossipropoico ($C_3H_7O_3N$)



4,6-dicloroes-5-en-2-one
($C_6H_8OCl_2$)



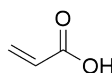
Acido
3-bromo-3-clorociclobutano-1-carbossilico
($C_5H_6O_2ClBr$)

**Acidi: Dal ripugnante al fruttato fragrante (14.0 pti, 9%)**

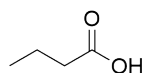
Gli acidi carbossilici compaiono comunemente nella vita quotidiana. Molti di questi acidi carbossilici a catena corta hanno sapori o odori unici. Parliamo prima di tre di questi acidi carbossilici: l'acido acetico **HA** (odore di aceto), l'acido acrilico **HB** (odore di olio bruciato) e l'acido butirrico **HC** (odore di formaggio stagionato o di vomito). La forza di questi acidi è data dal loro valore pK_a . Per la maggior parte degli acidi carbossilici come questi tre, i valori di pK_a si aggirano intorno a 4,50.



HA
 $pK_a = 4.76$
 $M_{HA} = 60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$



HB
 $pK_a = 4.25$
 $M_{HB} = 72 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

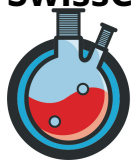


HC
 $pK_a = 4.82$
 $M_{HC} = 88 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

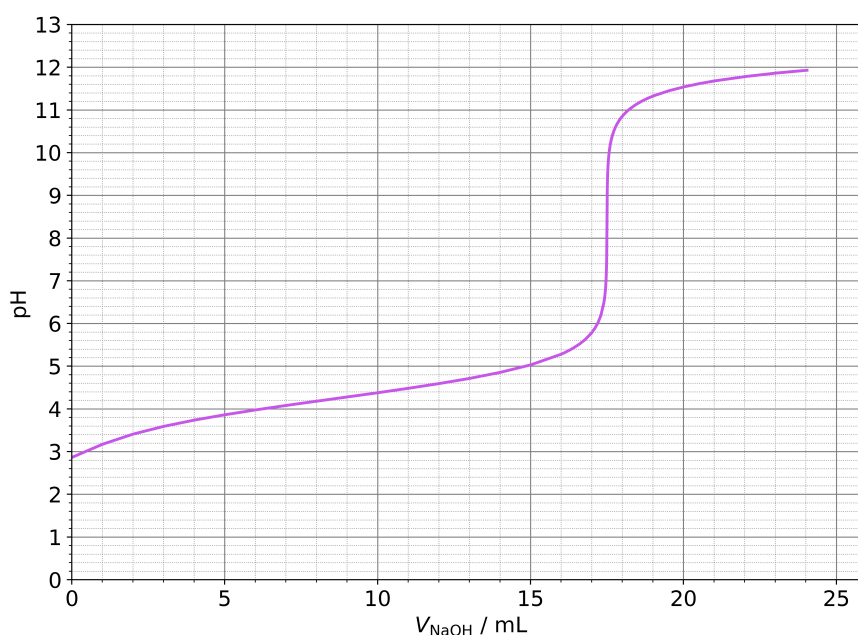
- 2.1** Scrivi l'equazione bilanciata per la reazione di deprotonazione dell'acido acetico **HA** con NaOH. Utilizza la formula di struttura nella rappresentazione di **HA**. 1.0 pt

- 2.2** Ordina gli acidi **HA**, **HB** e **HC** in ordine crescente di forza acida. 1.0 pt

_____ < _____ < _____



Nel tuo laboratorio trovi una bottiglia non etichettata che contiene una soluzione di uno dei tre acidi HX (HA, HB o HC). Con il tuo fidato pH-metro, titoli un campione con un volume $V_{\text{campione}} = 50 \text{ mL}$ della soluzione sconosciuta di HX con NaOH ($c_{\text{NaOH}} = 0.100 \text{ mol L}^{-1}$) e ottieni la seguente curva di titolazione.



- 2.3** Sulla curva di titolazione, **segna** una croce nei seguenti punti (non è necessaria alcuna determinazione geometrica/precisione): 2.0 pt
- Punto di equivalenza (**segna** con "1")
 - Punto di semi-equivalenza (**segna** con "2")

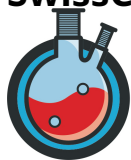
- 2.4** **Determina** il pK_a dell'HX contenuto nel campione e **seleziona** quale dei tre acidi era contenuto nel campione. 1.5 pt

$\text{pK}_a =$ _____

☐ HA

☐ HB

☐ HC



- 2.5** Calcola la massa m_{HX} in g dell'acido sconosciuto HX contenuto nel campione titolato. **Nota:** se non sei stato capace a determinare quale acido sia contenuto nel campione in **2.4**, assumi che $M'_{\text{HX}} = 100 \text{ g mol}^{-1}$. 1.5 pt

$m_{\text{HX}} = \text{_____ g}$

Nell'armadietto del laboratorio si trova un altro campione. Si tratta di una soluzione di HA con HY (sia HB o HC). Si misura il rapporto $\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}]} = 0.91$. Dalle tue misurazioni, puoi anche dire che HY appare più nella sua forma protonata che in quella deprotonata.

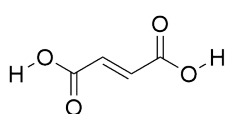
- 2.6** Determina se HY è HB o HC. Spiega la tua risposta. 3.0 pt

☐ HB ☐ HC

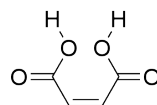
Spiegazione:



Infine, consideriamo due acidi dal sapore fruttato, aspro e dolce: l'acido fumarico H_2D e l'acido maleico H_2E . Questi due isomeri differiscono solo per la configurazione del doppio legame centrale: H_2D ha una *configurazione trans*, mentre H_2E ha una *configurazione cis*. Le differenze nei valori di pK_a sono notevoli. H_2D ha valori di pK_a simili a quelli di altri acidi carbossilici. H_2E invece ha un $\text{pK}_{a1} = 1.90$ significativamente inferiore alla maggior parte degli acidi carbossilici. Il suo secondo $\text{pK}_{a2} = 6.07$ è significativamente più alto del previsto.



H_2D
 $\text{pK}_{a1} = 3.03$
 $\text{pK}_{a2} = 4.04$



H_2E
 $\text{pK}_{a1} = 1.90$
 $\text{pK}_{a2} = 6.07$

- 2.7** Spiega questi risultati per H_2E considerando la struttura delle specie singolarmente e doppiamente caricate HE^- e E^{2-} ed elencando i fattori stabilizzanti e destabilizzanti. 4.0 pt



Chimica redox con KMnO_4

(13.5 pti, 11%)

Come un aspirante scienziato, entri in laboratorio e noti una soluzione viola vibrante: il permanganato di potassio (KMnO_4). Incuriosito dal suo potenziale ossidante, conduci alcuni esperimenti.

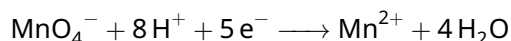
Semireazione	Potenziale di riduzione standard (E°/V)
$\text{Au}^{3+} + 3 e^- \longrightarrow \text{Au}$	1.50
$\text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 e^- \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$	1.49
$\text{Cl}_2 + 2 e^- \longrightarrow 2 \text{Cl}^-$	1.36
$\text{MnO}_2 + 4 \text{H}^+ + 2 e^- \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$	1.23
$\text{Pt}^{2+} + 2 e^- \longrightarrow \text{Pt}$	1.22
$2 \text{IO}_3^- + 12 \text{H}^+ + 10 e^- \longrightarrow \text{I}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$	1.21
$\text{Ag}^+ + e^- \longrightarrow \text{Ag}$	0.80
$\text{Mn}^{2+} + 2 e^- \longrightarrow \text{Mn}$	1.18

3.1 Indica lo stato di ossidazione dell'atomo Mn sottolineato nei seguenti composti: 3.5 pt

$\text{K}_2\underline{\text{Mn}}\text{O}_4$ _____ $\underline{\text{Mn}}_2\text{O}_7$ _____ $\underline{\text{Mn}}\text{SO}_4$ _____

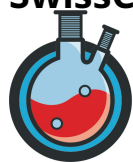
$(\text{H}_3\text{O})_2\underline{\text{Mn}}(\text{MnO}_4)_6$ _____ $\underline{\text{Mn}}_2(\text{CO})_{10}$ _____

Il comportamento redox del permanganato di potassio dipende dal pH. In un ambiente acido, reagisce come segue:



3.2 Equilibri la riduzione di MnO_4^- in un ambiente basico: 1.0 pt





Poiché sei un chimico responsabile, hai letto le istruzioni di sicurezza e sai cosa succede quando mescoli l'acido cloridrico concentrato con KMnO_4 .

3.3 Scrivi la reazione bilanciata tra KMnO_4 e l'acido cloridrico.

2.0 pt

3.4 Scrivi il nome della molecola prodotta e spiega perché è più pericolosa di KMnO_4 . 1.0 pt

3.5 Seleziona per i seguenti solidi se reagiscono con KMnO_4 in una soluzione acida e in condizioni standard. 1.5 pt

Au

☐ Reazione

☐ Nessuna reazione

Pt^{2+}

☐ Reazione

☐ Nessuna reazione

Ag

☐ Reazione

☐ Nessuna reazione



Di seguito, vogliamo scoprire cosa succede al potenziale di riduzione se cambiamo il valore del pH e la concentrazione di KMnO_4 . A tal fine, è necessaria l'equazione di Nernst per una semicella:

$$E = E^\circ - \frac{RT}{zF} \cdot \ln(Q)$$

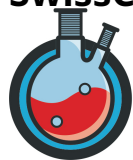
- 3.6** Fornisci il quoziente di reazione Q per la riduzione di KMnO_4 in ambiente acido. 0.5 pt
Nota: Poiché la reazione avviene in acqua, $[\text{H}_2\text{O}] = 1$.

$$Q = \underline{\hspace{5cm}}$$

Hai una soluzione **A** di KMnO_4 con un rapporto sconosciuto di ioni Mn^{2+} e MnO_4^- . Metti alcune gocce della soluzione **A** su Pt, ma non succede nulla. Poi aggiungi un po' di I_2 alla soluzione **A** e vedi che avviene una reazione. Gli esperimenti sono stati condotti a $T = 25^\circ\text{C}$.

- 3.7** Calcola il rapporto $\frac{[\text{Mn}^{2+}]}{[\text{MnO}_4^-]}$ a pH = 3 della soluzione **A** utilizzando l'equazione di Nernst. 4.0 pt

$$\frac{[\text{Mn}^{2+}]}{[\text{MnO}_4^-]} = \underline{\hspace{5cm}}$$

**Iodio: Silenzioso o esplosivo****(17.0 pt, 13%)**

Lo iodio è un oligoelemento vitale di notevole importanza biologica, chimica e industriale, scoperto nel 1811 dal chimico francese Bernard Courtois. È comunemente riconosciuto per il suo ruolo nella salute umana, in particolare nella sintesi degli ormoni tiroidei, che regolano il metabolismo, la crescita e lo sviluppo.

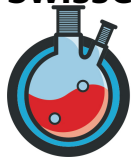


4.1 Identifica lo stato di ossidazione più stabile dello iodio.

2.0 pt

Scrivi la configurazione elettronica dello iodio entrambi nel suo stato elementare e nel suo stato di ossidazione più stabile.

Spiega perché questo stato di ossidazione è considerato il più stabile.



Davanti a te ci sono due bicchieri con del liquido. Uno contiene acqua, l'altro cicloesano. Per identificarli, hai aggiunto dello iodio in ogni bicchiere.

4.2 Prevedi il colore di ciascuna soluzione dopo l'aggiunta di iodio.

3.0 pt

In acqua: _____

In cicloesano: _____

Indica se lo iodio si è ben disciolto in entrambi i solventi.

Lo iodio si scioglie bene in acqua.

☐ Vero

☐ Falso

Lo iodio si scioglie bene in cicloesano.

☐ Vero

☐ Falso

Spiega il tuo ragionamento.

Prendi un nuovo bicchiere con 100 mL acqua. 0.254 g I_2 e 0.166 g KI vengono ora aggiunti al bicchiere.

Nota: I_2 e I^- si combinano per dare l'anione triioduro I_3^- .

4.3 Prevedi se si otterrà una fase liquida chiara senza precipitazioni e spiega il tuo ragionamento.

2.0 pt

La fase sarà chiara.

☐ Vero

☐ Falso

Spiegazione:

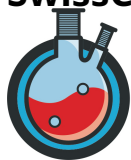


- 4.4** **Disegna** chiaramente la struttura geometrica tridimensionale di I_3^- , includendo tutte le coppie di elettroni. 1.0 pt

Lo iodio può formare una varietà di composti interessanti e utili grazie al suo versatile comportamento chimico. Un esempio esplosivo è NI_3 .

- 4.5** **Disegna** chiaramente la struttura geometrica tridimensionale di NI_3 , includendo tutte le coppie di elettroni. 1.0 pt

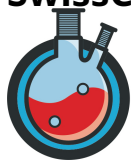
Reazione/Nome	Valore
$\text{N}_2(\text{s}) \longrightarrow \text{N}_2(\text{l})$	$\Delta_{\text{fus}}H^\circ(\text{N}_2) = 0.7 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\text{N}_2(\text{l}) \longrightarrow \text{N}_2(\text{g})$	$\Delta_{\text{vap}}H^\circ(\text{N}_2) = 5.6 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\text{I}_2(\text{s}) \longrightarrow \text{I}_2(\text{l})$	$\Delta_{\text{fus}}H^\circ(\text{I}_2) = 15.6 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\text{I}_2(\text{l}) \longrightarrow \text{I}_2(\text{g})$	$\Delta_{\text{vap}}H^\circ(\text{I}_2) = 41.8 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\text{N}(\text{g}) \longrightarrow \text{N}(\text{g})^+ + \text{e}^-$	$\text{IE}(\text{N}) = 1402.3 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\text{N}(\text{g}) + \text{e}^- \longrightarrow \text{N}^-(\text{g})$	$\text{EA}(\text{N}) = -6.8 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\text{I}(\text{g}) \longrightarrow \text{I}^+(\text{g}) + \text{e}^-$	$\text{IE}(\text{I}) = 1008.4 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\text{I}(\text{g}) + \text{e}^- \longrightarrow \text{I}^-(\text{g})$	$\text{EA}(\text{I}) = 295.0 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\text{N}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{N}(\text{g})$	$\text{BDE}(\text{N}_2) = 945 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\text{I}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{I}(\text{g})$	$\text{BDE}(\text{I}_2) = 151 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\text{NI}_3(\text{g}) \longrightarrow \text{N}(\text{g}) + 3 \text{I}(\text{g})$	$\text{BDE}(\text{NI}_3) = 169 \text{ kJ mol}^{-1}$ (per legame)
Entropia molare standard di $\text{N}_2(\text{g})$	$\Delta S^\circ(\text{N}_2(\text{g})) = 191.6 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Entropia molare standard di $\text{I}_2(\text{s})$	$\Delta S^\circ(\text{I}_2(\text{s})) = 260.7 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Entropia molare standard di $\text{NI}_3(\text{g})$	$\Delta S^\circ(\text{NI}_3(\text{g})) = 344.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$



Questa tabella comprende i valori a varie grandezze termodinamiche riguardanti l'azoto, lo iodio e il triioduro di azoto.

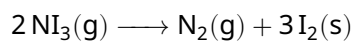
- 4.6 Sulla base dei dati e delle reazioni riportate nella tabella, **determina** l'entalpia 4.0 pt
molare di formazione $\Delta_f H^\circ$ del NI_3 gassoso da $\text{I}_2(\text{s})$ e $\text{N}_2(\text{g})$ in kJ mol^{-1} .

$$\Delta_f H^\circ(\text{NI}_3(\text{g})) = \text{_____} \text{ kJ mol}^{-1}$$



4.7 **Mostra** che la reazione di esplosione del triioduro di azoto:

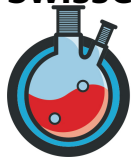
4.0 pt



è spontanea a $T = 298 \text{ K}$. **Nota:** Se non è stato possibile calcolare $\Delta_f H^\circ(\text{NI}_3(\text{g}))$ in **4.6**, utilizza $\Delta_f H^\circ(\text{NI}_3(\text{g}))' = 300 \text{ kJ mol}^{-1}$.

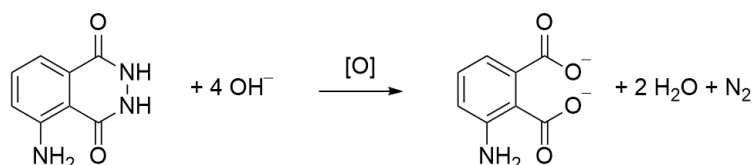
Segna la forza/le forze motrice/i corretta/e per la reazione.

- ☐ guidata dall'entalpia
- ☐ guidata dall'entropia
- ☐ entrambe le precedenti
- ☐ nessuna delle precedenti



Il luminol illuminando letteralmente i laboratori (11.0 pti, 13%)

Consideriamo la seguente reazione:



In questa reazione, il luminol viene ossidato a un dianione 3-aminoftalato. In condizioni ideali, la resa quantica della reazione è di circa 0,01, quindi ogni molecola di luminol che reagisce ed entra in uno stato eccitato ha una probabilità $p = 1\%$ che verrà emesso un fotone. La lunghezza d'onda del fotone emesso è $\lambda = 425 \text{ nm}$. Assumiamo che l'energia rilasciata in questa ossidazione di una molecola di luminol sia tutta persa come luce o tutta persa come calore.

Per il seguente esercizio, lavoreremo con un reattore che ci permette di controllare esattamente quante moli di luminol *reagiscono* al secondo all'interno del reattore. Per ottenere questa situazione, tutti i reagenti tranne il luminol (proveniente da **A**) sono mantenuti in grande eccesso e il luminol è aggiunto gradualmente al reattore per mantenere costante la velocità (mol s^{-1}) con cui il luminol reagisce. I prodotti fluiscono quindi in **B**.



Avviamo il nostro reattore e posizioniamo delle celle solari intorno al reattore per catturare tutti i fotoni emessi. Misuriamo che le nostre celle solari convertono continuamente $P = 0.1 \text{ W}$ di luce in elettricità. Assumiamo che l'efficienza delle celle solari sia 100% e che siano insensibili alla luce infrarossa.



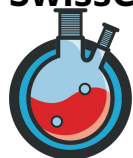
- 5.1 **Calcola** l'entalpia di reazione $\Delta_r H$ in kJ mol^{-1} e la velocità r_1 in mol s^{-1} con cui il luminol viene consumato in questa reazione. 4.0 pt

$$\Delta_r H = \text{_____} \text{ kJ mol}^{-1} \quad r_1 = \text{_____} \text{ mol s}^{-1}$$

Nel nostro laboratorio succede un'interruzione di corrente che non influisce sul nostro reattore. Vogliamo sostituire la lampadina sul soffitto con il nostro reattore (che emette lo stesso numero di fotoni). La lampadina ha un'efficienza $\eta = 10\%$, emette luce a $\lambda = 589 \text{ nm}$ e funziona con una potenza $P = 60 \text{ W}$.

- 5.2 **Calcola** la velocità di reazione r_2 in mol s^{-1} di quale abbiamo bisogno per sostituire la lampadina. 4.0 pt

$$r_2 = \text{_____} \text{ mol s}^{-1}$$



Ora spegniamo il reattore. Dopo 15 secondi, il tasso di fotoni emessi è $\frac{N_{15}}{N_0} = 0.333$, dove N_{15} è il tasso misurato dopo 15 s e N_0 è il tasso misurato durante il funzionamento del reattore alle condizioni del compito 5.2. **Accenno:** con tutti gli altri reagenti in forte eccesso, la reazione diventa del primo ordine nella concentrazione di luminol.

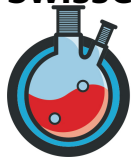
5.3 **Calcola** il valore di $\frac{N_{42}}{N_0}$ a $t = 42$ s dopo lo spegnimento del reattore.

3.0 pt

$$\frac{N_{42}}{N_0} = \underline{\hspace{10cm}}$$

5.4 **Elenca** quattro motivi per cui illuminare il laboratorio con un reattore di luminol è una pessima idea.

2.0 pt

**Orologio al carbonio: archeologia e *imaging in vivo* (16.0 pti, 15%)**

La datazione al radiocarbonio utilizza l'isotopo ^{14}C per stimare l'età dei materiali contenenti carbonio. Questo isotopo radioattivo del carbonio decade in ^{14}N .

6.1 Scegli la particella emessa al decadimento radioattivo di ^{14}C . 1.0 pt

☐ α ☐ β^+ ☐ β^-

6.2 Scrivi l'ordine cinetico del decadimento radioattivo. 1.0 pt

Ordine: _____

L'uso dell'isotopo ^{14}C per la determinazione dell'età archeologica è stato proposto da Libby nel 1949. A questo scopo, tuttavia, era necessario determinare l'emivita di ^{14}C . Libby ha scoperto che un campione di albero contemporaneo emette circa 12,5 particelle al minuto per grammo di carbonio. Per la sua ricerca, misurò anche l'attività di un campione archeologico, che a quel tempo aveva 2928 anni, e scoprì che emetteva solo 8,78 particelle al minuto per grammo di carbonio.

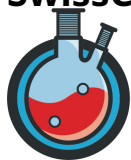
6.3 Determina la costante di velocità k in anno^{-1} per il decadimento di ^{14}C . 2.5 pt

Assunzioni:

Il livello di ^{14}C nell'atmosfera rimane costante nel tempo a causa della continua sintesi nell'alta atmosfera.

Gli organismi viventi scambiano attivamente carbonio con l'ambiente circostante e mantengono un livello ^{14}C costante.

$k =$ _____ anno^{-1}



- 6.4** **Determina** l'emivita di ^{14}C in anni. **Nota:** Se non è stato possibile determinare k in **6.3**, utilizza $k' = 1.00 \times 10^{-4} \text{ anno}^{-1}$. 1.5 pt

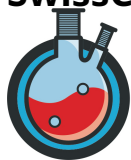
$t_{\frac{1}{2}} = \text{_____ anni}$

- 6.5** **Proponi** due coordinate, $f(r)$ e $g(t)$, in modo che tutti i dati ottenuti sul tasso di emissione ^{14}C r e sull'età t siano tracciati come un'unica linea retta. 1.0 pt

$f(r) = \text{_____}$ $g(t) = \text{_____}$

- 6.6** **Determina** il livello naturale di ^{14}C nel carbonio contemporaneo in parti per trilione (ppt). **Accenno:** $1 \text{ ppt} = \frac{1 \text{ g}}{1 \times 10^{12} \text{ g}}$. 2.5 pt

Livello: _____ ppt



Un altro isotopo radioattivo del carbonio, l'isotopo **X**, forma ^{11}B al decadimento (α , β^+ , o β^-).

6.7 Identifica l'isotopo **X** del carbonio, il tipo di decadimento e fornisci la reazione nucleare corrispondente. 2.0 pt

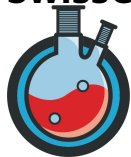
X: _____

Particella emessa: ☐ α

☐ β^+

☐ β^-

Equazione:



L'isotopo **X** è utilizzato nella scoperta di farmaci e in medicina per l'*imaging in vivo*. Il composto binario **A** ($w(\text{O}) = 74.37\%$), che contiene l'isotopo **X**, è ottenuto direttamente da un ciclotrone. Il composto **A**, dopo riduzione con LiAlH_4 senza quenching, produce il composto **B** ($w(\text{O}) = 43.27\%$). Una reazione successiva con HI produce il composto **C** ($w(\text{I}) = 90.08\%$). Il composto **C** è un intermedio chiave che può essere utilizzato nelle reazioni di sostituzione nucleofila per introdurre rapidamente l'isotopo **X** nelle molecole organiche. In particolare, ciascuna di queste reazioni chimiche richiede solo 5 minuti. Le reazioni chimiche sono automatizzate e avvengono una dopo l'altra.

6.8 Identifica A, B e C. Fornire i calcoli è facoltativo.

3.0 pt

A: _____

B: _____

C: _____

L'attività tipica del composto **A**, come ottenuto dal ciclotrone, è 300 MBq.

6.9 Calcola l'attività A_{C} del campione di composto **C** ottenuto (in MBq) subito dopo la seconda reazione, assumendo che tutte le reazioni di sintesi siano quantitative (resa del 100%). L'emivita dell'isotopo **X** è di 20 minuti.

1.5 pt

$A_{\text{C}} =$ _____ MBq



Illuminazione dei gas

(12.5 pts, 11%)

In un angolo vecchio e polveroso del tuo laboratorio trovi due bombole di gas, nessuna delle quali è etichettata con il suo contenuto. Sei tuttavia sicuro che entrambe contengano un unico tipo di molecola. Una delle due bombole contiene la sostanza **A**, mentre l'altra contiene la sostanza **B**.

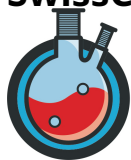
Per superare la prossima ispezione di sicurezza, dobbiamo capire quale sia il contenuto delle bombole ed etichettarle di conseguenza! Per prima cosa, ci faremo un'idea utilizzando la densità e le masse. Poi esploreremo alcune reazioni e proveremo a dargli fuoco!

Si riempie un palloncino con il gas **A**. Una volta riempito, il raggio del palloncino misura $r = 12$ cm.

7.1 Calcola il volume $V_{\text{palloncino}}$ in L riempito di **A**, supponendo che il palloncino sia una sfera. 1.0 pt

$V_{\text{palloncino}} = \rule{1.5cm}{0.4pt}$ L

Con alcuni metodi, si determina che la massa del palloncino riempito è $m_{\text{palloncino+A}} = 14.203$ g in condizioni ambientali ($p = 1 \times 10^5$ Pa, $T = 25$ °C). Nelle stesse condizioni, un palloncino gonfiato allo stesso raggio con aria, si legge $m_{\text{palloncino+aria}} = 9.773$ g. L'aria ha una composizione di massa di 79% N_2 e 21% O_2 .



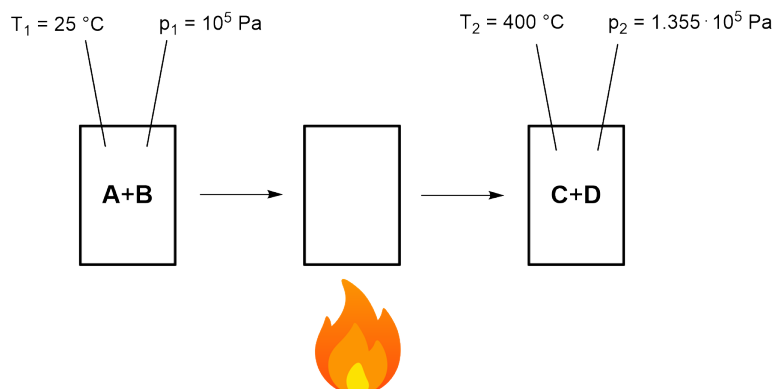
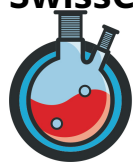
- 7.2** Calcola la massa del palloncino vuoto $m_{\text{palloncino}}$ in g. **Nota:** Se non è stato possibile calcolare $V_{\text{palloncino}}$ in **7.1**, utilizza $V'_{\text{palloncino}} = 7.50 \text{ L}$. 2.5 pt

$m_{\text{palloncino}} = \text{_____ g}$

- 7.3** Calcola la massa molare M_{A} della molecola **A** in g mol^{-1} . **Nota:** Se non è stato possibile calcolare $m_{\text{palloncino}}$ in **7.2**, utilizza $m'_{\text{palloncino}} = 1.40 \text{ g}$. 2.0 pt

$M_{\text{A}} = \text{_____ g mol}^{-1}$

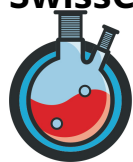
Sperimenti con i gas. Il recipiente di reazione a volume costante $V_{\text{recipiente}} = 5 \text{ L}$ viene riempito con 1 L di **A** e 4 L di **B** a $T_1 = 25^\circ\text{C}$. La miscela viene poi riscaldata fino a $T_2 = 400^\circ\text{C}$. Una volta raggiunto T_2 , il manometro mostra una continua diminuzione della pressione a temperatura costante. Una volta che la pressione si è stabilizzata a $p_2 = 1.355 \times 10^5 \text{ Pa}$ a $T_2 = 400^\circ\text{C}$, si ottiene una miscela di soli due prodotti, **C** e **D**.



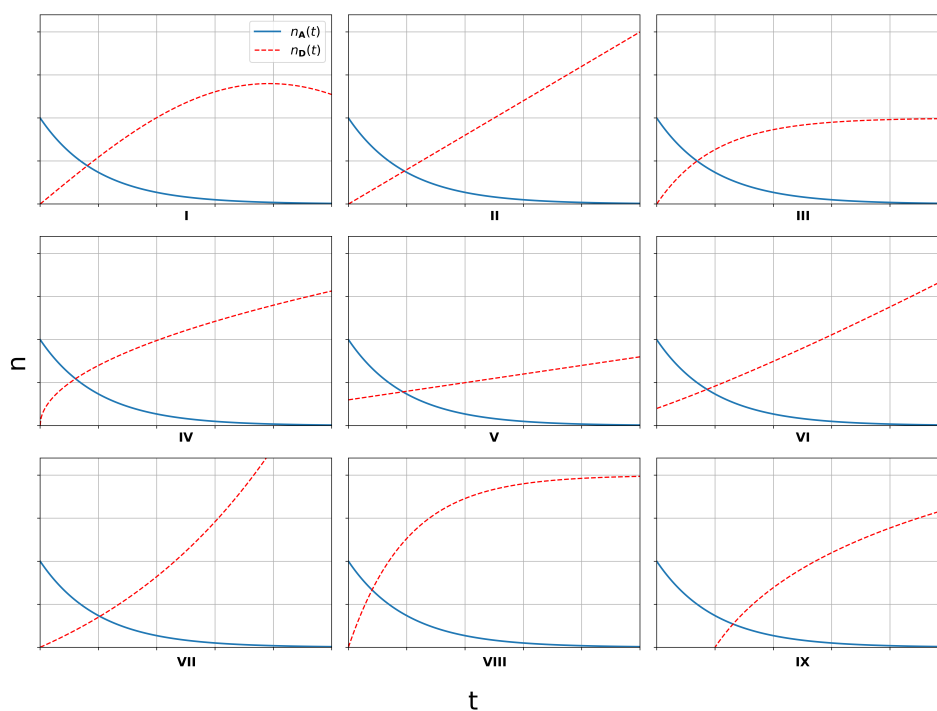
7.4 Spiega il motivo per cui la pressione diminuisce durante questo processo.

1.0 pt

Poi, si raffredda la miscela a temperatura ambiente e si apre il recipiente. Il prodotto **D** si ottiene come liquido incolore con densità $\rho_{\mathbf{D}} = 1\text{ g mL}^{-1}$ con $m_{\mathbf{D}} = 1.45\text{ g}$.



7.5 Circonda il grafico che descrive correttamente la quantità di **D** $n_D(t)$ nel tempo, 2.0 pt
data la quantità di **A** $n_A(t)$.



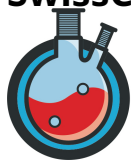
Alla fine, fai alcuni esperimenti con il fuoco e scopri quanto segue:

A spegne la fiamma.

B esplode e reagisce a **D**.

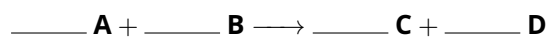
C esplode e reagisce ad **A** e **D**.

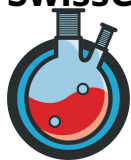
D spegne la fiamma.



7.6 Assegna una formula chimica a tutte le sostanze (**A**, **B**, **C** & **D**). Bilancia l'equazione di reazione che trasforma **A** e **B** in **C** e **D**. 4.0 pt

A: _____ **B:** _____ **C:** _____ **D:** _____

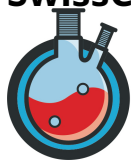




Degustazione degli zuccheri di destra (e di sinistra) (16.0 pti, 11%)

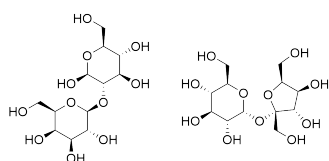
Gli zuccheri sono un gruppo di molecole strutturalmente correlate, costituite da poliidrossi aldeidi o chetoni. Nonostante le loro somiglianze strutturali, gli zuccheri presentano proprietà uniche a seconda della loro stereochimica e dei loro stati di ossidazione. In questo esercizio esamineremo i vari tipi di zuccheri, le loro somiglianze e differenze, nonché un modo pratico per distinguerli in laboratorio.

Gli isomeri sono molecole con la stessa formula chimica ma con una connettività o disposizione spaziale degli atomi diversa. Gli isomeri possono avere proprietà molto diverse, ad esempio, mentre l'amido, un polimero di α -glucosio, è digeribile per l'uomo e fondamentale per la nostra sopravvivenza, la cellulosa, un polimero di β -glucosio, si trova nelle pareti cellulari ed è indigeribile per l'uomo.



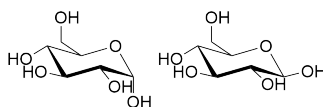
8.1 **Determina** la relazione tra le seguenti coppie di molecole spuntando la casella corretta. 6.0 pt corretta.

A



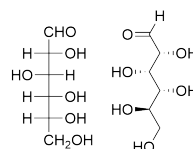
- ☐ identiche
☐ enantiomeri
☐ diastereomeri
☐ isomeri costituzionali
☐ nessuno dei precedenti

B



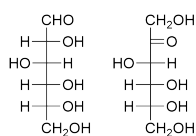
- ☐ identiche
☐ enantiomeri
☐ diastereomeri
☐ isomeri costituzionali
☐ nessuno dei precedenti

C



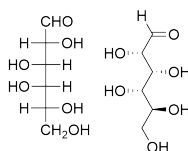
- ☐ identiche
☐ enantiomeri
☐ diastereomeri
☐ isomeri costituzionali
☐ nessuno dei precedenti

D



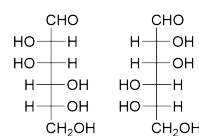
- ☐ identiche
☐ enantiomeri
☐ diastereomeri
☐ isomeri costituzionali
☐ nessuno dei precedenti

E



- ☐ identiche
☐ enantiomeri
☐ diastereomeri
☐ isomeri costituzionali
☐ nessuno dei precedenti

F

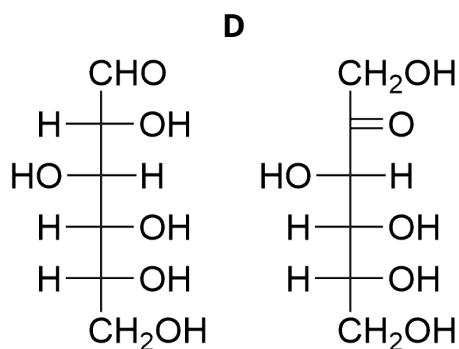


- ☐ identiche
☐ enantiomeri
☐ diastereomeri
☐ isomeri costituzionali
☐ nessuno dei precedenti



8.2 **Circonda** i centri stereogenici nelle molecole di **D** e **determinali** come *R/S*.

2.0 pt



Tutti gli zuccheri semplici contengono un'aldeide o un chetone nella loro forma aperta e i chimici hanno sviluppato un semplice test per distinguere i due tipi. Il reagente si prepara mescolando nitrato d'argento, idrossido di sodio e ammoniaca. In presenza di un'aldeide, l'argento precipiterà formando uno "specchio d'argento" all'interno della vetreria (test positivo). Nel caso di un chetone, non avverrà alcuna reazione, poiché i chetoni non possono essere ulteriormente ossidati (test negativo).

8.3 **Fornisci** il nome di questo test.

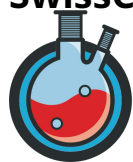
1.0 pt

8.4 **Determina** lo stato di ossidazione di Ag in $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ e Ag(s).

1.0 pt

Ag $(\text{NH}_3)_2]^+$ _____

Ag(s) _____



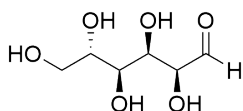
8.5 Scrivi la semireazione e la reazione complessiva tra il tuo zucchero RCHO e il reagente d'argento $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$. 5.0 pt

Ossidazione:

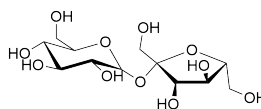
Riduzione:

Reazione complessiva:

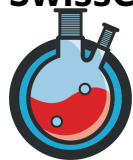
8.6 Segna quale dei seguenti zuccheri produrrà uno specchio d'argento, come descritto sopra. 1.0 pt



- ☐ test positivo
☐ test negativo



- ☐ test positivo
☐ test negativo

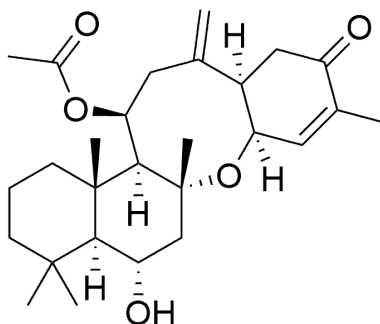


Reazioni organiche

(13.0 pti, 9%)

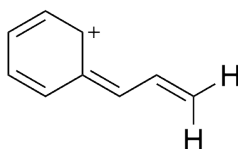
9.1 **Circonda** tutti i centri stereogenici della seguente molecola.

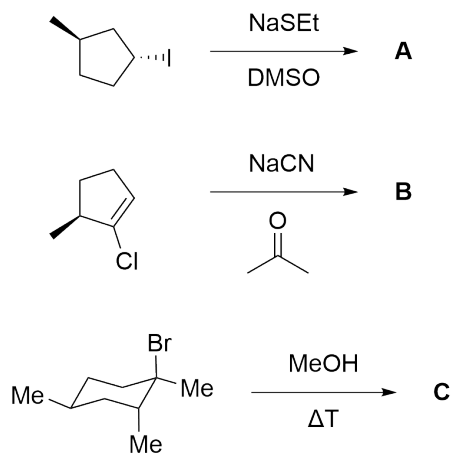
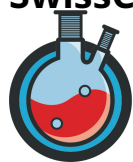
4.0 pt



9.2 **Disegna** tutte le possibili strutture di risonanza ragionevoli del carbocatione sottostante.

3.0 pt





- 9.3** Per le reazioni fornite sopra, **determina** quali delle seguenti reazioni avvengono: 1.5 pt
 S_N1 , S_N2 , E1, E2, $E1_{cb}$, S_NAr , nessuna reazione

A: _____

B: _____

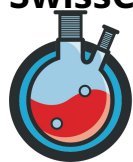
C: _____

- 9.4** **Disegna** i principali prodotti **A-C**. Se non avviene alcuna reazione, **metti** una croce (×). 1.5 pt

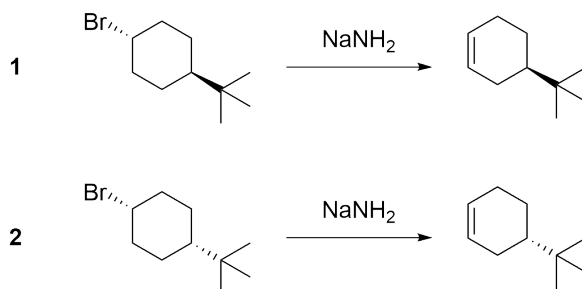
A

B

C



9.5 Le due eliminazioni seguenti (**1** & **2**) avvengono a velocità diverse. Spiega quale delle due è più veloce e perché, utilizzando diagrammi e disegni. 3.0 pt



Reazione più veloce:

☐ **1**

☐ **2**

Spiegazione: