

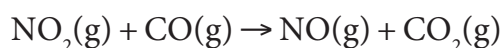
Química

Sèrie 1

Responen a les qüestions 1, 2 i 3. Tot seguit, escolliu UNA qüestió d'entre la 4 i la 5 i UNA qüestió d'entre la 6 i la 7, i contesteu les dues que heu triat.

Cada qüestió val 2 punts.

1. El diòxid de nitrogen i el monòxid de carboni reaccionen en fase gasosa segons l'equació següent:



Per a poder predir el mecanisme d'aquesta reacció química a una determinada temperatura, cal conèixer prèviament quina és la seva equació de velocitat. En un estudi cinètic d'aquesta reacció efectuat en un reactor de 10 L, i mantenint la temperatura fixa a 325 °C, hem obtingut les dades experimentals següents:

<i>Experiment</i>	<i>Massa inicial de NO₂(g)</i>	<i>Massa inicial de CO(g)</i>	<i>Velocitat inicial (mol L⁻¹ s⁻¹)</i>
1	23,00	56,00	$6,338 \times 10^{-4}$
2	69,00	56,00	$5,703 \times 10^{-3}$
3	69,00	28,00	$5,703 \times 10^{-3}$
4	69,00	14,00	$5,703 \times 10^{-3}$

- a) Determineu l'ordre de reacció respecte a cada reactiu i la constant de velocitat de la reacció a 325 °C. Escriviu l'equació de velocitat de la reacció a 325 °C.

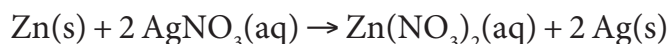
[1 punt]

- b) Què succeeix amb la velocitat de la reacció si augmentem la temperatura i mantenim constant el volum? I si augmentem el volum i mantenim constant la temperatura? Justifiqueu les respostes utilitzant el model cinètic de col·lisions.

[1 punt]

DADES: Masses atòmiques relatives: C = 12,0; N = 14,0; O = 16,0.

2. Hem muntat una pila al laboratori emprant una solució concentrada de nitrat de potassi com a pont salí. La reacció redox global que hi té lloc és la següent:



- a) Escriviu les semireaccions que es produeixen en cada elèctrode, i especifiqueu quin és l'ànode i quin el càtode. Escriviu també la notació de la pila.

[1 punt]

- b) Raoneu cap a on es mouen els ions del pont salí. Calculeu la força electromotriu (FEM) de la pila en condicions estàndard i a 298 K.

[1 punt]

DADES: Potencials estàndard de reducció a 298 K:

$$E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0,80 \text{ V}; E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}.$$

3. A l'octubre del 2018 va entrar en vigor l'aplicació d'una nova normativa d'etiquetatge dels combustibles. La gasolina, que conté isooctà (C_8H_{18}), ara s'etiqueta amb un cercle on figura el símbol E5, E10 o E85, segons que contingui un 5 %, un 10 % o el 85 % d'etanol, respectivament.

- a) Quan es crema 1,0 L d'isooctà a pressió constant, en condicions estàndard i a 298 K, s'obtenen 31 842 kJ d'energia en forma de calor. Escriviu la reacció de combustió de l'etanol líquid i justifiqueu, a partir dels càlculs necessaris, si en cremar 1,0 L d'etanol en les mateixes condicions s'obté més o menys energia en forma de calor.

[1 punt]

- b) Expliqueu de quins perills ens alerten aquests quatre pictogrames que trobem a l'etiqueta d'un bidó de gasolina E5:

[1 punt]



A



B



C



D

DADES: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0.

Densitat de l'etanol líquid = 780 g L⁻¹.

Entalpia estàndard de formació a 298 K:

Substància	H ₂ O(l)	etanol(l)	CO ₂ (g)
ΔH_f° (kJ mol ⁻¹)	-264	-278	-393

4. El sulfamat (solució aquosa d'àcid clorhídric, HCl) i l'amoniac són algunes de les substàncies que es fan servir habitualment en la neteja de la llar: la primera perquè actua com a desinfectant i bactericida i la segona perquè elimina bé els greixos.

a) Calculeu el pH, a 25 °C, d'una solució aquosa d'amoniac 0,20 M.

[1 punt]

b) Escriviu la reacció que es produeix en barrejar una solució aquosa d'amoniac amb sulfamat. Expliqueu el procediment experimental que seguiríeu al laboratori per determinar l'entalpia d'aquesta reacció i indiqueu el material que utilitzaríeu.

[1 punt]

DADES: Constant de basicitat de l'amoniac a 25 °C: $K_b = 1,8 \times 10^{-5}$.

Constant d'ionització de l'aigua a 25 °C: $K_w = 1,0 \times 10^{-14}$.

5. El benzè, C_6H_6 , és un hidrocarbur que s'utilitza industrialment com a intermediari per a fabricar altres substàncies químiques. S'ha comprovat experimentalment que el seu punt de fusió és de 6,0 °C a 1,0 atm, el seu punt triple és de 5,5 °C a 0,048 atm i el seu punt crític és de 289 °C a 48,35 atm.

a) Dibuixeu el diagrama de fases aproximat del benzè i indiqueu-hi els punts dels quals tenim dades experimentals.

[1 punt]

b) Justifiqueu si el procés de vaporització del benzè en condicions estàndard i a 70 °C és espontani. Supposeu que les variacions d'entalpia i entropia estàndard del procés de vaporització del benzè es mantenen constants en l'interval de temperatura entre 25 °C i 70 °C.

[1 punt]

DADES: Entropies estàndard absolutes a 25 °C: $S^\circ(C_6H_6, l) = 173,26 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$;

$S^\circ(C_6H_6, g) = 269,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

Entalpia estàndard de vaporització del benzè a 25 °C: $\Delta H^\circ = 33,74 \text{ kJ mol}^{-1}$.

6. El magnesi s'utilitza per a protegir les canonades subterrànies de la corrosió. Aquest procediment químic, anomenat *protecció catòdica*, es duu a terme soldant trossos de magnesi a les canonades de ferro.

a) En què consisteix el procés de corrosió d'un metall? Justifiqueu per què el magnesi protegeix les canonades de ferro subterrànies.

[1 punt]

b) El magnesi metàl·lic es pot obtenir mitjançant l'electròlisi de clorur de magnesi fos. Justifiqueu quina substància gasosa es produeix a l'ànode en aquest procés electrolític. Quin volum d'aquest gas obtindrem, mesurat a 2,0 atm i 25 °C, si es fa passar un corrent de 2,50 A durant 550 minuts a través del clorur de magnesi fos?

[1 punt]

DADES: Constant de Faraday: $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$.

Constant universal dels gasos ideals: $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

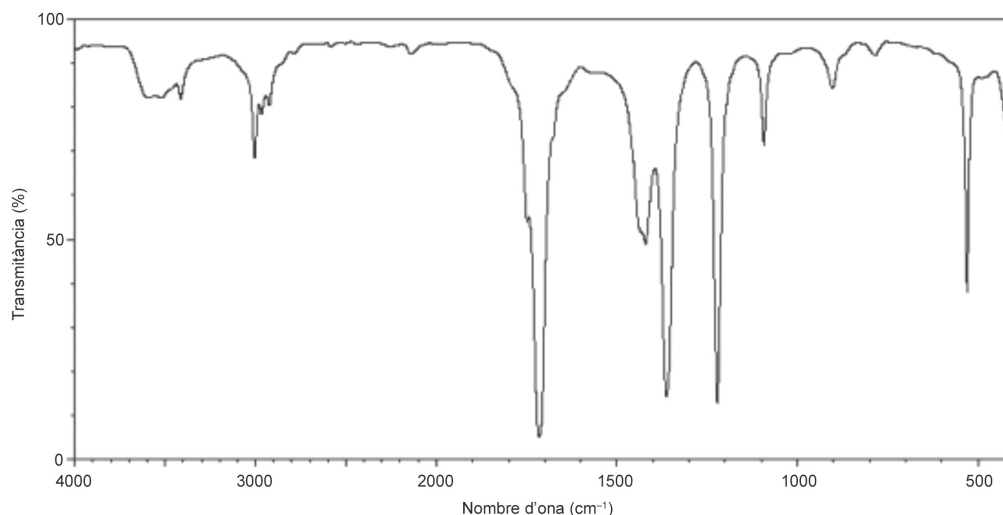
Potencials estàndard de reducció a 298 K: $E^\circ(Fe^{2+}/Fe) = -0,44 \text{ V}$;

$E^\circ(Mg^{2+}/Mg) = -2,34 \text{ V}$.

7. L'acetona, també coneguda com a *propanona*, és una substància de baix punt d'ebullició (56 °C) i miscible en aigua. Es pot obtenir industrialment mitjançant la reacció de deshidrogenació del propan-2-ol, també anomenat *2-propanol*, segons la reacció química següent en fase gasosa:



- a) Per a fabricar la màxima quantitat d'acetona, convé treballar a temperatures altes o baixes? A pressions altes o baixes? Justifiqueu les respostes.
[1 punt]
- b) Al laboratori, a una temperatura de 25 °C, tenim una mostra líquida que volem etiquetar, però no sabem si es tracta de l'acetona o del propan-2-ol. Mitjançant un espectrofotòmetre d'infraroig obtenim el gràfic següent per a la mostra líquida:



Expliqueu en què es basa l'espectroscòpia infraroja i què representen els pics que s'obtenen amb aquesta tècnica. A partir del gràfic anterior i de les dades de la taula següent, indiqueu a quina substància correspon la mostra líquida i justifiqueu la resposta.

[1 punt]

Dades espectroscòpiques a la regió de l'infraroig

Enllaç	Tipus de compost	Interval de nombre d'ona (cm ⁻¹)
C—H	alcans (C—C—H)	2 850-2 970; 1 340-1 470
	alquens (C=C—H)	3 010-3 095; 675-995
O—H	alcohols	3 200-3 600
	àcids carboxílics	2 500-2 700
C—O	alcohols, èters, àcids carboxílics, èsters	1 050-1 300
C=O	aldehids, cetones, àcids carboxílics, èsters	1 690-1 760

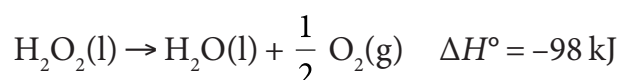
Química

Sèrie 4

Responen a les qüestions 1, 2 i 3. Tot seguit, escolliu UNA qüestió d'entre la 4 i la 5 i UNA qüestió d'entre la 6 i la 7, i contesteu les dues que heu triat.

Cada qüestió val 2 punts.

1. L'ús de la nanotecnologia en l'àmbit de la medicina és actualment un camp d'investigació capdavanter. S'han construït nanomotors propulsats per oxigen gasós obtingut a partir de la descomposició del peròxid d'hidrogen, segons l'equació química següent:



- a) Indiqueu si la reacció de descomposició del peròxid d'hidrogen és espontània en condicions estàndard i a 298 K, i si l'espontaneïtat de la reacció depèn de la temperatura. Justifiqueu les respostes.

[1 punt]

NOTA: Supposeu que l'entalpia i l'entropia estàndard no varien en funció de la temperatura.

- b) En un dels experiments es va demostrar que les nanopartícules adquireixen més velocitat quan són il·luminades amb radiacions electromagnètiques amb longituds d'ona de 633 nm i 405 nm. Quina de les dues radiacions és més energètica? Amb quin tipus de radiació electromagnètica estem il·luminant les nanopartícules? Raoneu les respostes.

[1 punt]

DADES: Entropies estàndard a 298 K: $S^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 69,9 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$;
 $S^\circ(\text{H}_2\text{O}_2, \text{l}) = 102,0 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; $S^\circ(\text{O}_2, \text{g}) = 205,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

Constant de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$.

Velocitat de la llum en el buit: $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

Espectre electromagnètic:

Freqüència (Hz)	3×10^{19}	3×10^{16}	4×10^{14}	3×10^{11}	3×10^8	
Radiació	Raigs γ	Raigs X	Radiació ultraviolada i visible	Radiació infraroja	Microones	Ones de ràdio

2. Uns estudiants que fan un experiment al laboratori han volgut comprovar si el magnesi i el coure poden generar hidrogen quan cadascun d'aquests metalls reacciona separatament amb una solució aquosa d'àcid clorhídric diluït. Els experiments que han dut a terme demostren que només un dels dos metalls reacciona amb l'àcid.

a) Justifiqueu els resultats experimentals, identifiqueu el metall que reacciona amb l'àcid i escriviu la reacció.

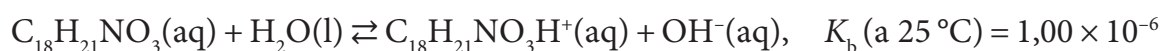
[1 punt]

b) En un altre experiment construeixen, en condicions estàndard i a 25 °C, una pila formada pels parells redox Mg^{2+}/Mg i Cu^{2+}/Cu . Escriviu les reaccions que tenen lloc a l'ànode i al càtode, i la reacció iònica global de la pila. Calculeu també la força electromotriu (FEM) d'aquesta pila.

[1 punt]

DADES: Potencials estàndard de reducció a 25 °C: $E^\circ(Mg^{2+}/Mg) = -2,37 \text{ V}$;
 $E^\circ(H^+/H_2) = 0,00 \text{ V}$; $E^\circ(Cu^{2+}/Cu) = 0,34 \text{ V}$.

3. La codeïna ($C_{18}H_{21}NO_3$) s'obté a partir de l'opi i s'utilitza per a combatre la tos i el dolor; també es fa servir, combinada amb altres analgèsics, per a incrementar l'efecte d'aquests fàrmacs. És un compost amb propietats bàsiques i en solució aquosa reacciona de la manera següent:



a) Quan dissolem un fàrmac amb una mica d'aigua obtenim una solució aquosa de codeïna 0,020 M. Calculeu el pH d'aquesta solució a 25 °C.

[1 punt]

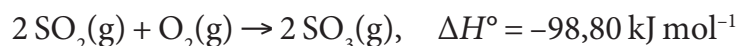
b) Valorem un xarop incolor que conté codeïna amb una solució d'àcid clorhídric. Indiqueu, raonadament, si el pH en el punt d'equivalència és àcid, neutre o bàsic. Digueu quins dels indicadors següents podríem utilitzar per a detectar el punt final d'aquesta valoració i justifiqueu les respostes.

[1 punt]

<i>Indicadors àcid-base</i>	
<i>Nom</i>	<i>Interval de viratge (pH)</i>
vermell de metil	4,8-6,0
fenolftaleïna	8,0-9,6
groc d'alitzarina	10,1-12,0

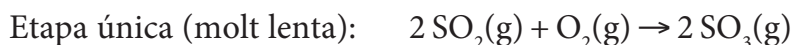
DADA: Constant d'ionització de l'aigua a 25 °C: $K_w = 1,00 \times 10^{-14}$.

4. El diòxid de sofre s'origina per combustió de carbons o petrolis que contenen sofre com a impuresa. Aquest òxid es transforma en triòxid de sofre, i quan es barreja amb vapor d'aigua produeix àcid sulfúric, un dels components principals de la pluja àcida. Observeu la reacció següent:

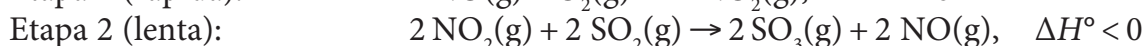


A una temperatura determinada, aquesta reacció es pot donar directament en una sola etapa (mecanisme A) o bé, de manera molt més ràpida, en presència de monòxid de nitrogen (mecanisme B).

Mecanisme A



Mecanisme B



- a) Dibuixeu, de manera aproximada, un gràfic de l'energia respecte a la coordenada de reacció per al mecanisme A, i un altre gràfic per al mecanisme B. Indiqueu en els gràfics les energies d'activació, els estats de transició (complex activat) i la variació d'entalpia de la reacció global.

[1 punt]

- b) Els estudis cinètics demostren que l'oxidació del diòxid de sofre a triòxid de sofre és una reacció d'ordre 1 respecte a l'oxigen, i d'ordre 2 respecte al diòxid de sofre. Escriviu l'equació de velocitat de la reacció i deduiu les unitats de la constant de velocitat. Expliqueu quina funció fa el monòxid de nitrogen en el mecanisme B.

[1 punt]

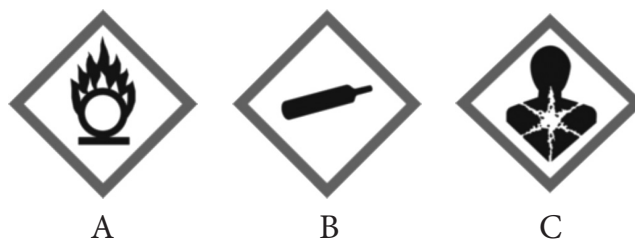
5. L'oxigen (O_2) és un gas que s'utilitza en diferents activitats industrials i sanitàries, i emmagatzemar-lo i transportar-lo requereix unes mesures de seguretat importants. En la taula següent es mostren unes quantes dades de l'oxigen:

<i>Punt de fusió</i>	<i>Punt d'ebullició</i>	<i>Punt triple</i>	<i>Punt crític</i>
55 K 1 atm	90 K 1 atm	54 K $1,5 \times 10^{-3}$ atm	154 K 49,8 atm

- a) Definiu el terme *punt triple* d'una substància. Feu un dibuix aproximat del diagrama de fases de l'oxigen, i marqueu-hi els quatre punts que figuren a la taula.

[1 punt]

- b) La fitxa de seguretat de l'oxigen conté els símbols següents:



Què volen dir aquests símbols i de quins perills ens adverteixen?

[1 punt]

6. El propà i el butà són combustibles que s'utilitzen a les llars i en la indústria. Es poden liquidar fàcilment a pressió, i això facilita que es puguin transportar i vendre envasats en bombones.

a) Escriviu les reaccions de combustió del propà i del butà. Volem obtenir 1 500 kJ d'energia en forma de calor mitjançant la combustió de butà o propà a una pressió constant d'1,0 bar. Quin dels dos processos de combustió genera menys quantitat de diòxid de carboni?

[1 punt]

b) Calculeu la massa d'aigua a 20 °C que es pot escalfar fins a 80 °C si cremem 145 g de butà a una pressió constant d'1,0 bar.

[1 punt]

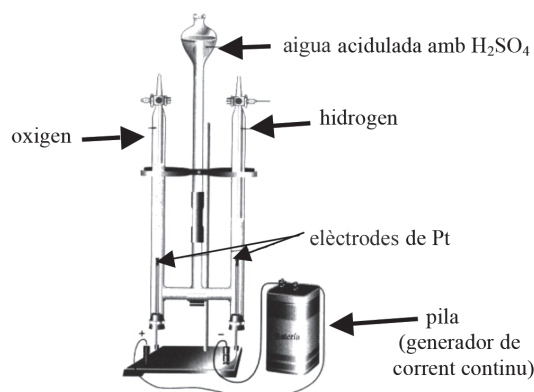
DADES: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0.

Entalpies estàndard de combustió a 298 K: $\Delta H^\circ_{\text{comb}}$ (propà) = -2 220 kJ mol⁻¹;

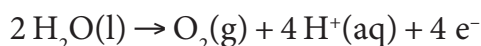
$\Delta H^\circ_{\text{comb}}$ (butà) = -2 876 kJ mol⁻¹.

Calor específica de l'aigua (entre 20 i 80 °C) = 4 180 J kg⁻¹ °C⁻¹.

7. L'electròlisi de l'aigua es pot efectuar amb un voltàmetre de Hofmann, com es mostra a la figura:



En un dels elèctrodes s'obté oxigen segons la semireacció següent:



a) Escriviu la semireacció que té lloc a l'altre elèctrode i indiqueu la polaritat de cada elèctrode. Quin gas es produeix a l'ànode i quin al càtode? En tots els processos electrolítics cal subministrar energia mitjançant una pila? Justifiqueu les respostes.

[1 punt]

b) El nombre d'Avogadro (N_A), que indica el nombre de partícules que conté un mol de partícules, es pot obtenir de manera experimental mitjançant una electròlisi. Al laboratori hem dut a terme una electròlisi d'aigua; hem subministrat a la cella electrolítica un corrent elèctric de 2,0 A durant 60 minuts i hem obtingut 419 mL d'oxigen, mesurats a 1,0 atm i 273 K. Calculeu el nombre d'Avogadro.

[1 punt]

DADES: Càrrega elèctrica: 1 electró = $1,60 \times 10^{-19}$ C.

Constant universal dels gasos ideals: $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.



Institut
d'Estudis
Catalans



SÈRIE 1

L'alumne ha de respondre 5 preguntes (qüestions). Obligatòriament ha de respondre la 1, la 2 i la 3; escollir una entre la 4 i la 5, i escollir una entre la 6 i la 7.

Com a norma general, tingueu en compte que un error no s'ha de penalitzar dues vegades. Si un càlcul necessita un resultat anterior, i aquest és erroni, cal valorar la resposta independentment del valor numèric, i tenir en compte el procediment de resolució (sempre que els valors emprats i/o els resultats no siguin absurds).

Un error en la formulació penalitza 0,5 punts en aquell apartat, com s'explicita en la pauta. En cap cas un apartat pot tenir una puntuació "negativa".



Pregunta 1a

Determinar l'ordre de reacció respecte a cada reactiu

L'equació de la velocitat de la reacció es pot escriure: $v = k [\text{NO}_2]^a \cdot [\text{CO}]^b$
on "a" i "b" són els ordres de reacció respecte el NO_2 i el CO , respectivament.

En la taula ens donen les masses dels reactius, que es troben en un volum de 10 L. Per trobar els ordres de reacció es poden calcular les concentracions inicials de cada reactiu o es pot raonar amb les masses inicials, ja que aquestes són directament proporcionals a la concentració.

Si calculem les concentracions inicials:

Massa molecular del $\text{NO}_2 = 46 \text{ g/mol}$; Massa molecular del $\text{CO} = 28 \text{ g/mol}$

$[\text{NO}_2] = (\text{massa de } \text{NO}_2 / 46) / 10 \text{ (en M)}$ $[\text{CO}] = (\text{massa de } \text{CO} / 28) / 10 \text{ (en M)}$

Experiment	concentració inicial de NO_2 (M)	concentració inicial de CO (M)	velocitat inicial ($\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$)
1	0,05	0,20	$6,338 \times 10^{-4}$
2	0,15	0,20	$5,703 \times 10^{-3}$
3	0,15	0,10	$5,703 \times 10^{-3}$
4	0,15	0,05	$5,703 \times 10^{-3}$

En els dos primers experiments, en els quals la concentració de CO es manté constant, en **multiplicar per 3** la concentració de NO_2 ($0,15 / 0,05 = 3$) **es multiplica per 9** la velocitat de la reacció ($5,703 \times 10^{-3} / 6,338 \times 10^{-4} \approx 9$)

\Rightarrow **La reacció serà d'ordre 2 respecte el NO_2 ($a = 2$)** [0,3 p]

En els experiments segon, tercer i quart, en els quals la concentració de NO_2 es manté constant, en modificar la concentració de CO no es modifica la velocitat de la reacció (sempre té un valor de $5,703 \times 10^{-3}$).

\Rightarrow **La reacció serà d'ordre 0 respecte el CO ($b = 0$)** [0,3 p]

Càlcul de la constant de velocitat

L'equació de velocitat de la reacció serà: $v = k [\text{NO}_2]^2$

Agafant la velocitat inicial de la reacció i les concentracions inicials de cada reactiu en un experiment (el primer per exemple), tenim:

Experiment 1: $6,338 \times 10^{-4} = k (0,05)^2 \Rightarrow k = 6,338 \times 10^{-4} / 0,05^2$
 $k = 0,254 \text{ mol}^{-1} \text{ L s}^{-1}$ [0,2 p]

- Si no indiquen unitats (o són errònies) es penalitza 0,1 p.

Escriure l'equació de velocitat de la reacció a 325 °C

$v = k [\text{NO}_2]^a \cdot [\text{CO}]^b \Rightarrow v = 0,254 [\text{NO}_2]^2$ [0,2 p]



Pregunta 1b

Efecte de la temperatura (a volum constant)

[0,5 p]

Un **augment de la temperatura**, a volum constant, implica que tindrem **més molècules amb una energia cinètica mínima** per fer xocs efectius i, per tant, **augmentarà la velocitat de la reacció**.

Efecte del volum (a temperatura constant)

[0,5 p]

En augmentar el volum del recipient, la probabilitat de trobar-se les molècules i xocar disminueix i, per tant, **disminueix la velocitat de la reacció** (atès que s'ha mantingut la temperatura, no ha variat l'energia cinètica).

Opcionalment es pot explicar en què es basa el “model cinètic de col·lisions”:

Segons aquest model cinètic, la velocitat d'una reacció és proporcional al nombre de xocs entre les molècules de reactius per unitat de volum i temps. Perquè aquests xocs siguin eficaços cal que les molècules tinguin prou energia cinètica per aconseguir que es trenquin enllaços i/o que se'n formin de nous.



Pregunta 2a

Reacció redox: $\text{Zn(s)} + 2 \text{AgNO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn(NO}_3)_2(\text{aq}) + 2 \text{Ag(s)}$

Semireaccions en cada elèctrode

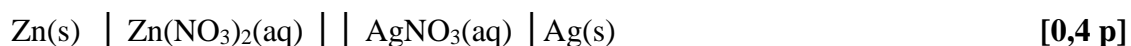


Ànode: Zn(s) [0,1 p]

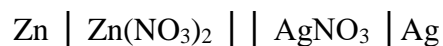
Càtode: Ag(s) [0,1 p]

- *Es considera correcte, encara que no s'expliciti l'estat físic de les substàncies (sòlids o solucions aquoses).*

Notació de la pila



- *Es considera correcte, encara que no expliciten l'estat físic de les substàncies (sòlids o solucions aquoses):*



- *Es considera correcte si enlloc de les sals AgNO_3 i $\text{Zn(NO}_3)_2$ escriuen només els ions Ag^+ i Zn^{2+} , indicant l'estat físic o no:*





Pregunta 2b

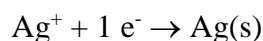
Formulació. Nitrat de potassi KNO_3 [– 0,5 p si no el formulen bé]

- No és obligatori formular-lo, però si ho fan i la fórmula és incorrecta es penalitzarà 0,5 p en aquesta pregunta 2b.*

Justificar el moviment dels ions del pont salí

Pont salí: KNO_3 $\text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}^+ + \text{NO}_3^-$

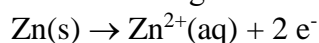
En el càtode disminueixen les càrregues positives per la reacció:



Per tant: **els ions K^+ es mouen cap al càtode** per compensar el dèficit de càrregues positives (i així la solució seguirà sent elèctricament neutra).

[0,3 p]

En l'ànode augmenten les càrregues positives per la reacció:



Per tant, **els ions NO_3^- es mouen cap a l'ànode** per compensar l'excés de càrregues positives (i així la solució continuarà sent elèctricament neutra).

[0,3 p]

- La puntuació és de 0 p (sobre 0,6 p) si no justifiquen el moviment dels ions.*

Càlcul de la força electromotriu de la pila

$$E^{\circ} = E^{\circ}_{\text{CÀTODE}} - E^{\circ}_{\text{ÀNODE}}$$

$$E^{\circ} = E^{\circ}(\text{Ag}^+/\text{Ag}) - E^{\circ}(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})$$

[0,2 p]

$$E^{\circ} = (+0,80) - (-0,76)$$

$$E^{\circ} = 1,56 \text{ V}$$

[0,2 p]

- Si no indiquen unitats (o són errònies), es penalitza 0,1 p.*



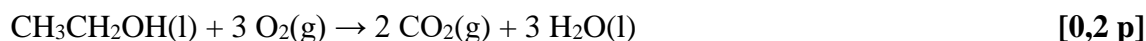
Pregunta 3a

Formulació

Etanol: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

[– 0,5 p si no el formulen bé]

Reacció de combustió de l'etanol



- *Es considera correcte encara que no expliciten l'estat físic de les substàncies (líquids i gasos).*

Comparació entre la combustió de l'octà i de l'etanol

Calculem l'entalpia estàndard de la reacció de combustió de l'etanol:

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = (\sum n_p \Delta H^\circ_{\text{f, productes}}) - \sum n_r \Delta H^\circ_{\text{f, reactius}} \quad [0,1 \text{ p}]$$

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = [(2 \times \Delta H^\circ_{\text{f, diòxid de carboni}}) + (3 \times \Delta H^\circ_{\text{f, aigua}})] - [(1 \times \Delta H^\circ_{\text{f, etanol}})]$$

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = [(2 \times (-393)) + (3 \times (-264))] - [(1 \times (-278))]$$

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = -1300 \text{ kJ} \quad [0,2 \text{ p}]$$

$$\text{A pressió constant} \Rightarrow q_p = \Delta H^\circ_{\text{reacció}} \quad [0,1 \text{ p}]$$

(on q_p és la calor a pressió constant)

Calculem la calor obtinguda en cremar 1 litre d'etanol:

Dades. Massa molecular de l'etanol = $(2 \times 12) + (1 \times 16) + (6 \times 1) = 46 \text{ g/mol}$

Densitat de l'etanol líquid = 780 g/L

Variació d'entalpia de la reacció (tal com està igualada) = -1300 kJ

$1 \text{ L CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \times (780 \text{ g CH}_3\text{CH}_2\text{OH} / 1 \text{ L CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) \times$

$\times (1 \text{ mol CH}_3\text{CH}_2\text{OH} / 46 \text{ g CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) \times (-1300 \text{ kJ} / 1 \text{ mol CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = -22043 \text{ kJ}$

$$\Rightarrow \text{Calor obtinguda (despresa)} = 22043 \text{ kJ} \quad [0,3 \text{ p}]$$

Comparem la calor obtinguda en cremar octà o etanol:

Combustió 1 L d'octà $\Rightarrow q_p = 31842 \text{ kJ}$

Combustió 1 L d'etanol $\Rightarrow q_p = 22043 \text{ kJ}$

\Rightarrow **En cremar 1 L d'etanol s'obté menys energia en forma de calor que en cremar 1 L d'octà.** [0,1 p]



Pregunta 3b



A



B



C



D

Perills que ens indiquen aquests pictogrames

- **Pictograma A: inflamable.**

Aquest producte crema molt fàcilment en contacte amb una flama, una espurna, electricitat estàtica, etc.

[0,3p]

- **Pictograma B: irritació cutània.**

Aquest producte, per contacte breu, perllongat o repetitiu amb la pell o les mucoses, pot provocar una reacció inflamatòria.

[0,3 p]

- **Pictograma C: perillós per aspiració.**

Aquest producte pot arribar a l'organisme per inhalació i causar efectes greus, aguts o crònics molt diversos a la salut. Així, poden provocar efectes cancerígens, tòxics per a la reproducció, causar efectes nefastos en les funcions sexuals, modificar el funcionament de certs òrgans (fetge, pulmons), el sistema nerviós, entre d'altres.

[0,2 p]

- **Pictograma D: perillós per al medi ambient aquàtic.**

Aquest producte provoca efectes nefastos per als organismes que es troben en aquest ecosistema (medi ambient aquàtic), a curt o llarg termini.

[0,2 p]

- *En l'explicació dels perills del pictograma D, considerem correcte tant si expliciten medi ambient aquàtic (que és el més correcte) o només medi ambient.*



Pregunta 4a

Formulació. Amoníac: NH_3 [– 0,5 p si no el formulen bé]

Càlcul del pH d'una solució d'amoníac en aigua

	NH_3	+	H_2O	\rightleftharpoons	NH_4^+	+	OH^-	
Inicial	0,20							
Equilibri	$0,20 - x$				x		x	[0,2 p]

$$K_b = [\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-] / [\text{NH}_3] \quad [0,2 \text{ p}]$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = [(x) \cdot (x)] / (0,20 - x) \quad \text{(equació 1)}$$

$$\text{Suposant que } 0,20 - x \approx 0,20 \Rightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} = x^2 / 0,20$$

$$x = (1,8 \cdot 10^{-5} \times 0,20)^{1/2} = 1,897 \cdot 10^{-3}$$
$$[\text{OH}^-] = 1,897 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \quad [0,2 \text{ p}]$$

Reacció de l'autoionització de l'aigua: $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \quad K_w$

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-14} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,0 \cdot 10^{-14} / 1,897 \cdot 10^{-3}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 5,271 \cdot 10^{-12} \text{ mols/L} \quad [0,2 \text{ p}]$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log (5,271 \cdot 10^{-12})$$

$$\text{pH} = 11,3 \quad [0,2 \text{ p}]$$

- Si l'equació 1 es resol sense cap aproximació, s'arriba a una equació de segon grau. En resoldre-la, s'arriba al mateix valor de pH: $\text{pH} = 11,3$.
- El procediment és correcte si després de calcular la concentració d'ions hidròxid, calculen el pOH ($\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = 2,7$), i seguidament calculen el pH:
 $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 11,3$.



Pregunta 4b

Reacció de l'amoníac amb el sulfamant



- *Es considera correcte encara que no explicitin l'estat físic de les substàncies (solucions aquoses).*



- *És correcte si el clorur d'amoni el formulen ionitzat:*
$$\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$$

Procediment experimental per a determinar l'entalpia de la reacció [0,4 p]

Tenim dues dissolucions aquoses de NH_3 i HCl (sulfamant), de concentració coneguda. Suposem que es troben inicialment a la mateixa temperatura.

En un calorímetre hi aboquem un determinat volum o massa de dissolució de NH_3 i mesurem la temperatura (temperatura inicial). Seguidament hi afegim un determinat volum o massa de sulfamant (dissolució de HCl). Tapem el calorímetre, agitem ràpidament la mescla i esperem un temps fins que la temperatura que ens marca el termòmetre s'estabilitzi. Mesurem aquesta temperatura final.

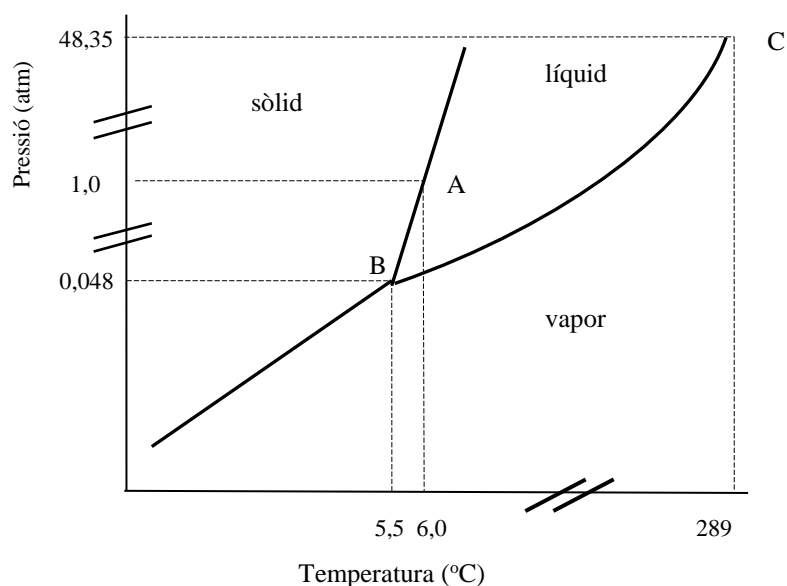
Material [0,3 p]

- Calorímetre (per exemple, un vas de plàstic amb tapa i aïllat).
 - Termòmetre.
 - Pipeta o proveta, si es mesura el volum de les dissolucions; o balança, si es mesura la massa de les dissolucions.
- *Cada ítem es valora amb 0,1 p.*



Pregunta 5a

Dibuix, aproximat, del diagrama de fases del benzè (indicant les dades)



- Posar les magnituds i unitats als eixos. [0,1 p]
- Dibuixar les línies d'equilibri de les fases i indicar l'estat del benzè (sòlid, líquid i vapor –o gas–). [0,3 p]
- Indicar en el dibuix el punt de fusió (A). [0,2 p]
- Indicar en el dibuix el punt triple (B). [0,2 p]
- Indicar en el dibuix el punt crític (C). [0,2 p]



Pregunta 5b

Justificar si la vaporització del benzè és espontània (condicions estàndard i 70 °C)

Procés de vaporització: $\text{C}_6\text{H}_6(\text{l}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6(\text{g})$

L'espontaneïtat depèn del signe de l'energia lliure de la reacció o procés, ΔG° .

La variació d'energia lliure de la reacció es pot calcular a partir de la variació d'entalpia i entropia de la reacció o procés (a pressió i temperatura constants):

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ \quad [0,2 \text{ p}]$$



Calculem la variació d'entropia del procés de vaporització:

$$\Delta S^\circ = (\sum n_p S^\circ_{\text{productes}}) - (\sum n_r S^\circ_{\text{reactius}})$$

$$\Delta S^\circ_{\text{vap}} = S^\circ(\text{benzè, gasós}) - S^\circ(\text{benzè, líquid})$$

$$\Delta S^\circ_{\text{vap}} = (269,31) - (173,26)$$

$$\Rightarrow \Delta S^\circ(\text{reacció}) = \mathbf{96,05 \text{ J/K}} (\text{o } 96,05 \text{ J/K mol})$$

[0,3 p]

- Si no indiquen les unitats de l'entropia (o són incorrectes), es penalitzarà 0,1 p.

Els valors de ΔH° i ΔS° a 70 °C suposem que són els mateixos que a 25 °C. Homogeneïtzem les unitats (transformant l'entalpia a J o l'entropia a kJ):

$$\Delta H^\circ_{\text{vap}} (\text{a } 70^\circ\text{C}) = 33,74 \text{ kJ} = 33740 \text{ J} \quad (\text{ho hem transformat a J})$$

$$\Delta S^\circ_{\text{vap}} (\text{a } 70^\circ\text{C}) = 96,05 \text{ J / K}$$

Calculem la variació d'energia lliure del procés de vaporització a 70 °C (343 K)

$$\Delta G^\circ_{\text{vap}} = (33740) - (343 \times 96,05)$$

$$\Rightarrow \Delta G^\circ_{\text{vap}} = \mathbf{794,85 \text{ J} > 0} \quad (\text{o } 794,85 \text{ J/mol}) \quad [0,3 \text{ p}]$$

El procés de vaporització del benzè no és espontani, en condicions estàndard i 70 °C, ja que el valor de $\Delta G^\circ_{\text{vap}}$ és positiu.

[0,2 p]

- Si no indiquen les unitats de l'energia lliure (o són incorrectes), es penalitzarà 0,1 p.



Pregunta 6a

En què consisteix el procés de corrosió d'un metall

[0,3 p]

S'entén per *corrosió* l'oxidació indesitjable dels metalls a causa d'una reacció redox espontània causada per factores ambientals (oxigen i aigua).

Reacció opcional:



Per què el magnesi protegeix les canonades de ferro subterrànies?

[0,7 p]

Tots els metalls amb un potencial estàndard de reducció baix s'oxiden, és a dir, es corroïxen.

Opcional

Potencial estàndard de reducció baix: potencial inferior al potencial estàndard de reducció de l'oxigen (l'oxigen fa de càtode, es redueix, i el metall fa d'ànode, s'oxida-)

⇒ Com més baix (considerant el signe) sigui el potencial de reducció d'un metall, més susceptible serà aquest metall de ser oxidat (ser corroït).

Tenim: $E^{\circ}(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,44 \text{ V}$; $E^{\circ}(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2,34 \text{ V}$.

$$E^{\circ}(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) < E^{\circ}(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe})$$

⇒ **El magnesi és més fàcil d'oxidar (corroïr) que el ferro, i per això en soldar trossos de magnesi a una canonada de ferro es protegeix aquest metall de la corrosió, ja que s'oxida abans el magnesi que el ferro.**



Pregunta 6b

Formulació. Clorur de magnesi MgCl_2 [– 0,5 p si no el formulen bé]

- No és obligatori formular-lo, però si ho fan i la fórmula és incorrecta es penalitzarà 0,5 p en aquesta pregunta 6b.

Substància que es produeix a l'ànode en l'electròlisi de MgCl_2 fos (justificació)

La sal fosa conté els ions Mg^{2+} i Cl^- . A l'ànode **es produeix el clor gasós (Cl_2)**, per la oxidació de l'ió clorur a clor.

[0,2 p]

- La justificació també es pot fer escrivint la reacció d'oxidació:
$$2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$$

Quin volum d'aquest gas obtindrem

Primer, calculem el nombre de mol de clor que obtenim:

Dades: Intensitat. $I = 2,5 \text{ A}$ (o $2,5 \text{ C/s}$)
Temps. $t = 550 \text{ min} \times (60 \text{ s} / 1 \text{ min}) = 33000 \text{ s}$
Faraday. $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C/mol}$
Reacció: $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$

$33000 \text{ s} \times (2,5 \text{ C} / 1 \text{ s}) \times (1 \text{ mol d'e}^- / 9,65 \cdot 10^4 \text{ C}) \times (1 \text{ mol } \text{Cl}_2 / 2 \text{ mol d'e}^-) =$
= 0,42746 mol de Cl_2

[0,5 p]

- És correcte si ho calculen per passos:
 - primer la càrrega elèctrica ($Q = I \cdot t$) [0,1 p]
 - després els mols d'electrons amb el Faraday [0,1 p]
 - després els mols de clor amb l'estequiometria de la reacció [0,3 p]

Després, calculem el volum format de clor gasós a partir de l'equació dels gasos ideals:

Dades: Pressió, $p = 2,0 \text{ atm}$
Temperatura, $T = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$
Constant dels gasos ideals, $R = 0,082 \text{ atm L/K mol}$

Equació dels gasos ideals: $pV = n R T$

$$V = (n R T / p) = (0,42746 \times 0,082 \times 298) / (2)$$

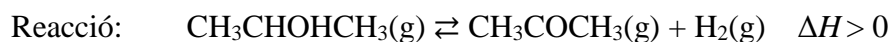
$$\mathbf{V = 5,22 \text{ L}}$$

[0,3 p]

- Si no indiquen les unitats (o són errònies) es penalitza 0,1 p.



Pregunta 7a



Variable temperatura: raonament

[0,5 p]

La reacció és endotèrmica ($\Delta H > 0$). Això vol dir que absorbeix calor per formar els productes (desplaçar-se cap a la dreta), i desprèn calor per a formar els reactius.

Si augmentem la temperatura, estem afegint més calor i afavorim que la reacció es desplaci cap a la dreta (formació de productes), augmentant la producció d'acetona.

\Rightarrow **A la indústria li convé treballar a temperatures altes.**

Variable pressió: raonament

[0,5 p]

Quan la pressió total del recipient augmenta, la reacció es desplaça cap a on hi ha menys mols de gasos, per assolir un nou equilibri.

En aquesta reacció tenim menys de gasos en els reactius (1) que en els productes (1+1=2).

Si volem que la reacció es desplaci cap a la dreta (productes), per augmentar la producció d'acetona, caldrà disminuir la pressió.

\Rightarrow **A la indústria li convé treballar a pressions baixes.**



Pregunta 7b

Compostos: $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$ prapan-2-ol (2-propanol) **alcohol**
 CH_3COCH_3 acetona (propanona) **cetona**

Expliqueu en què es basa l'espectroscòpia infraroja

[0,2 p]

Quan una molècula absorbeix radiació infraroja (IR) es produeixen canvis d'energia vibracional de la molècula (canvis en la vibració dels enllaços de la molècula). L'energia d'aquest tipus de radiació és capaç de provocar un salt des del nivell fonamental d'energia vibracional a un nivell excitat.

Què representen els pics que s'obtenen amb aquesta tècnica

[0,2 p]

Els pics representen els canvis d'energia dels diferents tipus de vibracions dels enllaços que conté la molècula.

Justifiqueu quin producte conté la mostra líquida

[0,6 p]

Opcional: llistat de tots els tipus d'enllaços

- \Rightarrow prapan-2-ol: $\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$
Tenim enllaços C-C, C-H, C-O i O-H
- \Rightarrow acetona: CH_3COCH_3
Tenim enllaços C-C, C-H i C=O

Tenim com a possibles compostos **un alcohol i una cetona**.

L'absorció de la radiació IR de l'enllaç O-H en un alcohol provoca un pic a valors alts de nombre d'ona ($3200\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$). Aquest pic no apareix en l'espectre, la qual cosa ens indica que el compost no és un alcohol.

A més, l'absorció de la radiació IR de l'enllaç C=O en una cetona provoca un pic a valors de nombre d'ona entre $1690\text{-}1760\text{ cm}^{-1}$. Aquest pic sí que apareix en l'espectre, el que ens indica que el compost és una cetona.

De l'espectre IR de la figura es dedueix que es tracta d'una cetona.

\Rightarrow **Per tant, la mostra conté acetona (propanona)**



SÈRIE 4

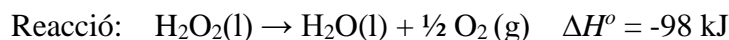
L'alumne ha de respondre 5 preguntes. Obligatòriament ha de respondre la 1, 2 i 3 i escull una entre la 4 i la 5 i escull una entre la 6 i la 7.

Com a norma general, tingueu en compte que un error no s'ha de penalitzar dues vegades. Si una subpregunta necessita un resultat anterior, i aquest és erroni, cal valorar la resposta independentment del valor numèric, i tenir en compte el procediment de resolució (sempre que els valors emprats i/o els resultats no siguin absurds).

Un error en la formulació penalitza 0,5 punts en aquella subpregunta, com s'explicita en la pauta. En cap cas una subpregunta pot tenir una puntuació "negativa".



Pregunta 1a



Procediment 1

L'espontaneïtat, a p i T constant, depèn de l'energia lliure de la reacció, ΔG° . Coneixem el valor de ΔH° , i ens falta el de ΔS° .

Càlcul de la variació d'entropia de la reacció

$$\Delta S^\circ(\text{reacció}) = (\sum n_p S^\circ_{\text{productes}}) - (\sum n_r S^\circ_{\text{reactius}}) \quad [0,1 \text{ p}]$$

$$\Delta S^\circ(\text{reacció}) = [1 \cdot S^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) + \frac{1}{2} \cdot S^\circ(\text{O}_2, \text{g})] - [1 \cdot S^\circ(\text{H}_2\text{O}_2, \text{l})]$$

$$\Delta S^\circ(\text{reacció}) = [(1 \cdot 69,9) + (\frac{1}{2} \cdot 205,1)] - [(1 \cdot 102,0)]$$

$$\Delta S^\circ(\text{reacció}) = 70,45 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \quad [0,2 \text{ p}]$$

- Si no indiquen les unitats (o són errònies) es penalitzarà 0,2 p
- Si no expliciten la fórmula $\Delta S^\circ(\text{reacció}) = (\sum n_p S^\circ_{\text{productes}}) - (\sum n_r S^\circ_{\text{reactius}})$ perquè directament substitueixen els valors d'entropia de cada substància, no es penalitza com dècima de punt.

A p i T constants: $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ \quad [0,2 \text{ p}]$

on $\Delta H^\circ = -98 \text{ kJ} = -98000 \text{ J}$; $T = 298 \text{ K}$; $\Delta S^\circ = 70,45 \text{ J K}^{-1}$

$$\Delta G^\circ = (-98000) - (298 \cdot 70,45) = -118994 \text{ J} \quad (-118,994 \text{ kJ})$$

$$\Delta G^\circ = -118994 \text{ J} < 0 \Rightarrow \text{reacció espontània} \quad [0,2 \text{ p}]$$

- No és necessari que l'alumne expliciti el valor de l'energia lliure de la reacció, mentre expliqui clarament com es calcula i indiqui que el seu valor és negatiu.
- Si expliciten el valor de la variació d'energia lliure de la reacció, però no indiquen les seves unitats (o són incorrectes) es penalitzarà 0,1 p

Dependència de l'espontaneïtat amb la temperatura:

De l'equació $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ$ deduïm:

Primer terme negatiu: $\Delta H^\circ < 0$

Segon terme negatiu: $-T \Delta S^\circ < 0$ ($T > 0$ –en Kelvin– i $\Delta S^\circ > 0$)

\Rightarrow Per qualsevol valor de temperatura: $\Delta G^\circ < 0$

\Rightarrow reacció espontània (independent de la temperatura) [0,3 p]

- És correcte si indiquen que la reacció és exotèrmica ($\Delta H^\circ < 0$) i augmenta el desordre ($\Delta S^\circ > 0$). Això implica que és espontània a qualsevol temperatura.



Pregunta 1a (continua)

Procediment 2

L'espontaneïtat, a p i T constant, depèn de l'energia lliure de la reacció, ΔG° .

Sabem que $\Delta H^\circ < 0$

Observant la reacció podem dir que els productes estan més “desordenats” que els reactius, ja que estem generant gasos. L'entropia mesura el grau de desordre d'un sistema: com més desordre, més entropia.

$$\Rightarrow \Delta S^\circ = S^\circ_{\text{productes}} - S^\circ_{\text{reactius}} > 0 \quad [0,3 \text{ p}]$$

De l'equació $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ$ deduïm:

Primer terme negatiu: $\Delta H^\circ < 0$

Segon terme negatiu: $-298 \cdot \Delta S^\circ < 0$ ($\Delta S^\circ > 0$)

$$\Rightarrow \Delta G^\circ (\text{a } 298 \text{ K}) < 0$$

$$\Rightarrow \text{reacció espontània a } 298 \text{ K} \quad [0,4 \text{ p}]$$

Dependència de l'espontaneïtat amb la temperatura:

De l'equació $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ$ deduïm:

Primer terme negatiu: $\Delta H^\circ < 0$

Segon terme negatiu: $-T \Delta S^\circ < 0$ ($T > 0$ –en Kelvin– i $\Delta S^\circ > 0$)

$$\Rightarrow \text{Per qualsevol valor de temperatura: } \Delta G^\circ < 0$$

$$\Rightarrow \text{reacció espontània (independent de la temperatura)} \quad [0,3 \text{ p}]$$



Pregunta 1b

Tenim dues longituds d'ona:

$$\lambda_1 = 633 \text{ nm} \times (10^{-9} \text{ m} / 1 \text{ nm}) = 6,33 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_2 = 405 \text{ nm} \times (10^{-9} \text{ m} / 1 \text{ nm}) = 4,05 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Quina de les dues radiacions és més energètica

Energia de la radiació: $E = h\nu$

La freqüència es pot posar en funció de la longitud d'ona: $\nu = c / \lambda$

Per tant: $E = h c / \lambda$

[0,2 p]

Calculem l'energia de les dues radiacions:

$$E_1 = 6,63 \times 10^{-34} \cdot 3,00 \times 10^8 / 6,33 \times 10^{-7} = 3,14 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_2 = 6,63 \times 10^{-34} \cdot 3,00 \times 10^8 / 4,05 \times 10^{-7} = 4,91 \times 10^{-19} \text{ J}$$

⇒ La radiació de 405 nm és més energètica que la de 633 nm

[0,3 p]

Procediment alternatiu:

No és necessari fer el càlcul de l'energia de cada radiació. És suficient si indiquen, raonadament, que la longitud d'ona i l'energia d'una radiació electromagnètica són inversament proporcionals (és a dir, que a menor longitud d'ona tenim més energia). Aquest raonament seria 0,5 p.

Amb quin tipus de radiacions estem il·luminant les nanopartícules

Transformem les dues longituds d'ona a freqüència:

$$\nu = c / \lambda$$

$$\nu_1 = 3,00 \times 10^8 / 6,33 \times 10^{-7} = 4,74 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} \text{ (ó Hz)}$$

$$\nu_2 = 3,00 \times 10^8 / 4,05 \times 10^{-7} = 7,41 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} \text{ (ó Hz)}$$

[0,2 p]

Observant la taula:

⇒ deduïm que les dues radiacions estan dins la franja $3 \times 10^{16} \text{ Hz}$ i $4 \times 10^{14} \text{ Hz}$

⇒ es tracta de radiacions ultraviolada-visible

[0,3 p]

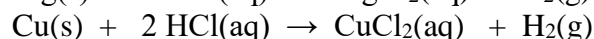
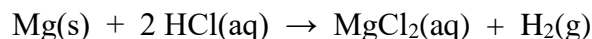


Pregunta 2a

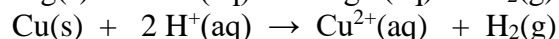
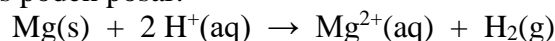
Formulació: Àcid clorhídric: HCl

[– 0,5 p si no el formulen bé]

Possibles reaccions de cada metall amb HCl:



O també es poden posar:



Justificació de si alguna de de les dues reaccions són espontànies

Per saber si la reacció redox és espontània es pot calcular la força electromotriu de la pila on tinguis lloc aquesta reacció en condicions estàndard (E^0). Tenim:

$\text{Si } E^0 > 0 \Rightarrow \text{reacció redox espontània}$ [0,2 p]

(opcionalment: $\text{Si } E^0 > 0 \Rightarrow \Delta G^0 < 0 \Rightarrow \text{reacció redox espontània}$)

Calculem el valor de E^0 .

El càtode és H^+/H_2 (reducció). L'ànode és o el parell Mg^{2+}/Mg o el parell Cu^{2+}/Cu (oxidació)

Reacció del Mg amb HCl:

$$E^0 = E^0_{\text{CATODE}} - E^0_{\text{ANODE}} = E^0(\text{H}^+/\text{H}_2) - E^0(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = (0,00) - (-2,37) = + 2,37 \text{ V}$$

$E^0 > 0 \Rightarrow \text{La reacció del Mg amb HCl és espontània}$ [0,3 p]

Reacció del Cu amb HCl:

$$E^0 = E^0_{\text{CATODE}} - E^0_{\text{ANODE}} = E^0(\text{H}^+/\text{H}_2) - E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = (0,00) - (0,34) = - 0,34 \text{ V}$$

$E^0 < 0 \Rightarrow \text{La reacció del Cu amb HCl no és espontània}$ [0,3 p]

- *No és necessari que obtinguin el valor concret de potencial (E^0); és suficient que diguin que aquest valor surt positiu o negatiu en fer la resta dels dos potencials.*

Justificació alternativa.

Es pot raonar que la reacció espontània amb HCl és la del Mg, i no la del Cu, sense calcular els potencials de la pila. Es pot raonar indicant que **el potencial de reducció del parell que es redueix (H^+/H_2 , càtode) hauria de ser més gran que el que s'oxida (Mg^{2+}/Mg o Cu^{2+}/Cu , ànode) perquè la reacció sigui espontània.**

[0,4 p]

$$\text{Tenim: } E^0(\text{H}^+/\text{H}_2) > E^0(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) \quad \text{ó} \quad E^0_{\text{càtode}} > E^0_{\text{ànode}}$$

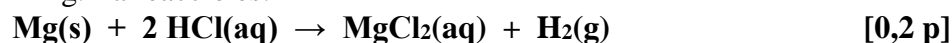
$\Rightarrow \text{La reacció del Mg(s) amb HCl és espontània.}$ [0,2 p]

$$\text{Tenim: } E^0(\text{H}^+/\text{H}_2) < E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) \quad \text{ó} \quad E^0_{\text{càtode}} < E^0_{\text{ànode}}$$

$\Rightarrow \text{La reacció del Cu(s) amb HCl no és espontània.}$ [0,2 p]

Reacció

Queda justificat que NOMÉS UNA reacció té lloc (és espontània), i que el metall que reacciona amb l'àcid és el Mg. La reacció és:



També es poden posar: $\text{Mg(s)} + 2 \text{H}^+\text{(aq)} \rightarrow \text{Mg}^{2+}\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$



- *No és necessari que explicitin els estats “aquós”, “sòlid” o “gasós” de reactius i productes.*

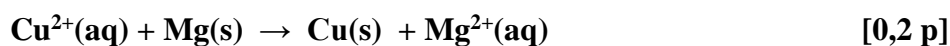
Pregunta 2b

Reaccions de la pila

Càtode. Semireacció de reducció: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$ [0,2 p]

Ànode. Semireacció d'oxidació: $\text{Mg}(\text{s}) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$ [0,2 p]

Sumant les dues semireaccions s'obté la **reacció iònica global**:



- *No és necessari que explicitin els estats “aquós” o “sòlid” de reactius i productes, tant en les semireaccions com en la reacció iònica global.*

Càlcul de la força electromotriu de la pila

$$E^\circ_{\text{pila}} = E^\circ_{\text{càtode}} - E^\circ_{\text{ànode}} = E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - E^\circ(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg})$$

$$E^\circ_{\text{pila}} = (0,34) - (-2,37) = 2,71 \text{ V}$$

Força electromotriu de la pila = 2,71 V [0,4 p]

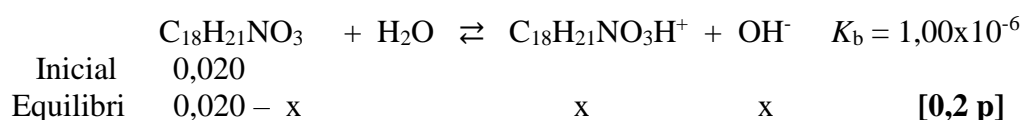
- *Si no indiquen les unitats de la força electromotriu (o són errònies) es penalitzarà 0,2 p*



Pregunta 3a

pH d'una solució de codeïna 0,020 M

Reacció d'equilibri àcid – base de la codeïna ($C_{18}H_{21}NO_3$) en aigua:



$$K_b = ([C_{18}H_{21}NO_3H^+] \cdot [OH^-]) / [C_{18}H_{21}NO_3] \quad [0,2 \text{ p}]$$

$$1,00 \times 10^{-6} = [(x) \cdot (x)] / (0,020 - x)$$

Aproximació. Suposem que: $0,020 - x \approx 0,020$

$$\Rightarrow 1,00 \times 10^{-6} = x^2 / 0,020$$

$$x = (1,00 \times 10^{-6} \times 0,020)^{1/2}$$

$$x = 1,41 \times 10^{-4}$$

$$[OH^-] = 1,41 \times 10^{-4} \text{ M} \quad [0,3 \text{ p}]$$

Ionització de l'aigua: $K_w = [H_3O^+] \cdot [OH^-] = 1,0 \times 10^{-14}$

$$[H_3O^+] = 1,0 \times 10^{-14} / 1,41 \times 10^{-4}$$

$$[H_3O^+] = 7,09 \times 10^{-11} \text{ M}$$

$$\Rightarrow \text{pH} = -\log [H_3O^+] = -\log (7,09 \times 10^{-11})$$

$$\Rightarrow \text{pH} = 10,1 \quad [0,3 \text{ p}]$$

- Si l'equació es resol sense cap aproximació s'arriba a una equació de segon grau que dona aproximadament la mateixa solució (la dècima depèn de l'arrodoniment que s'efectuï en els càlculs).
- El procediment és correcte si després de calcular la concentració de OH^- , calculen el pOH com: $pOH = -\log [OH^-]$, i seguidament calculen el pH amb l'equació: $pH = 14 - pOH$.
- Si quan calculen les concentracions de H_3O^+ i OH^- no expressen les unitats (M), no penalitzem cap dècima.

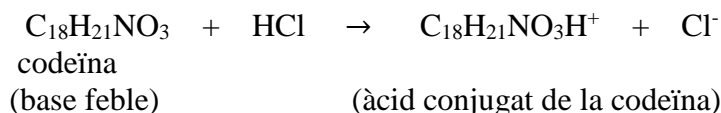


Pregunta 3b

pH en el punt d'equivalència de la valoració

[0,6 p]

Reacció de valoració (opcional):



Raonament:

En el punt d'equivalència hem afegit suficient HCl perquè la codeïna reaccioni completament; en la solució tenim només els productes ($\text{C}_{18}\text{H}_{21}\text{NO}_3\text{H}^+$ i Cl^-).

El pH de la solució en el punt d'equivalència de la valoració és àcid ($\text{pH} < 7$), ja que en aquest punt tenim ions $\text{C}_{18}\text{H}_{21}\text{NO}_3\text{H}^+$ (àcid conjugat de la codeïna, actuen com a àcid) i ions Cl^- (no s'hidrolitzen, és a dir, no actuen ni com a àcid ni com a base).

Indicador per detectar el punt final de la valoració

[0,4 p]

L'indicador útil per detectar aquest punt, i donar-nos un punt final de valoració amb el mínim error, hauria de virar de color a prop del pH del punt d'equivalència.

⇒ **El vermell de metil és útil ja que vira a la zona àcida de pH (4,8-6,0)**

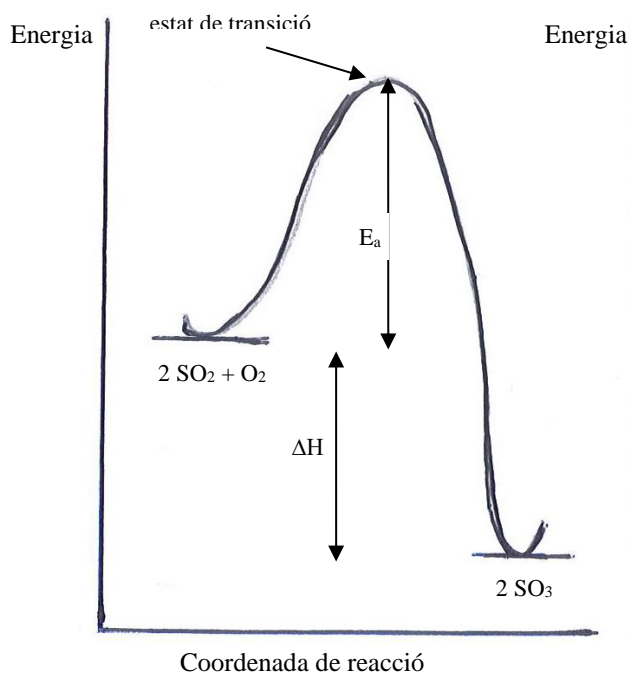
Els altres dos indicadors (fenolftaleïna i groc d'alizarina) no són útils ja que viren a la zona bàsica de pH (interval 8,0-9,6 i 10,1-12,0).



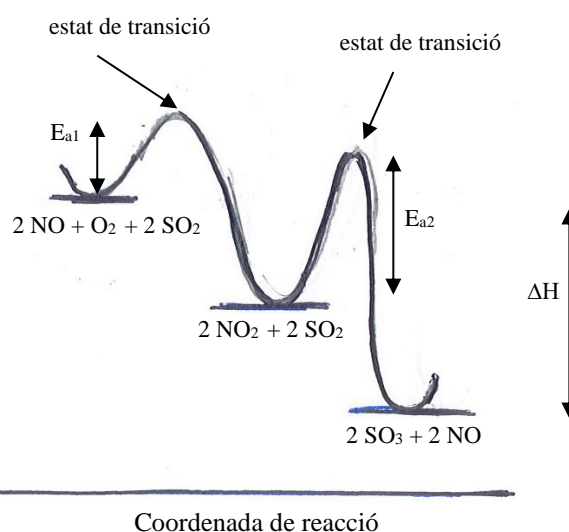
Pregunta 4a

Gràfics energia vs coordenada de reacció

mecanisme A



mecanisme B



Puntuació

Dibuix aproximat del mecanisme A	[0,2 p]
Dibuix aproximat del mecanisme B	[0,3 p]
Indicació de les energies d'activació (E_a , E_{a1} , E_{a2})	[0,2 p]
Indicació de l'entalpia de la reacció global (ΔH)	[0,1 p]
Indicació dels estats de transició	[0,2 p]

- En el dibuix del mecanisme A. Es pot indicar en la línia horitzontal inicial "reactius" enlloc de " $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2$ " i en la línia horitzontal final "productes" enlloc de " 2SO_3 ". Cal que la línia dels "productes" estigui per sota de la dels "reactius" (ja que $\Delta H < 0$).
- En el dibuix del mecanisme B. Cal que es visualitzi que la $E_{a1} < E_{a2}$ i que la línia dels "productes" estigui per sota de la dels "reactius" (ja que $\Delta H < 0$).



Pregunta 4b

Equació de velocitat

Sabem que: $v = k [\text{O}_2]^m [\text{SO}_2]^n$

Ordre de reacció respecte el $\text{O}_2 = 1 \Rightarrow m = 1$

Ordre de reacció respecte el $\text{SO}_2 = 2 \Rightarrow n = 2$

Per tant, l'equació de velocitat és: $v = k [\text{O}_2] [\text{SO}_2]^2$ [0,3 p]

Deducció de les unitats de la constant de velocitat

La velocitat d'una reacció ens dona la variació de la concentració d'una espècie en un determinat temps. Les seves unitats són:

$$v = \Delta c / \Delta t \Rightarrow v: \text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1} \quad [0,2 \text{ p}]$$

Si $v = k [\text{O}_2] [\text{SO}_2]^2$

$$\Rightarrow k = v / [\text{O}_2] [\text{SO}_2]^2 \Rightarrow k: (\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}) / (\text{mol L}^{-1})^3$$

Unitats de la constant de velocitat: $k: \text{mol}^{-2} \text{L}^2 \text{s}^{-1}$ [0,2 p]

- *També és correcte si ho expressen, per exemple, com: $\text{M}^{-2} \text{s}^{-1}$*
- *Es correcte si utilitzen qualsevol altra unitat de concentració i temps.*

Funció del monòxid de nitrogen

[0,3 p]

Afegint NO, la reacció d'oxidació del SO_2 a SO_3 és més ràpida. El NO actua de **catalitzador**: la reacció té lloc mitjançant un altre mecanisme (el B enlloc de l'A), on **disminueix l'energia d'activació**.



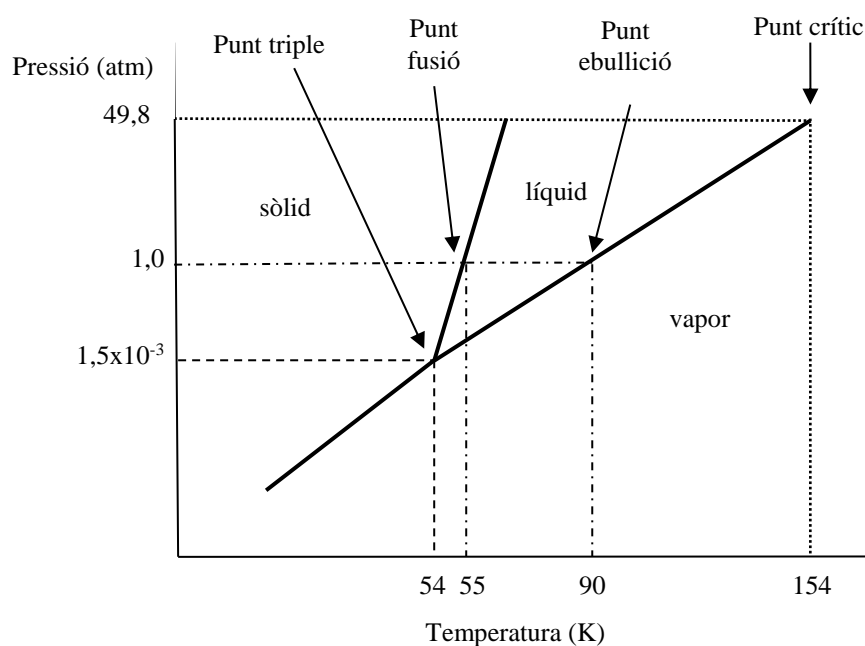
Pregunta 5a

Definició de punt triple

[0,3 p]

El punt triple correspon a unes condicions de pressió i temperatura en les que coexisteixen en equilibri les tres fases d'una substància: fase sòlida, fase líquida i fase vapor (o gas).

Dibuix, aproximat, del diagrama de fases de l'oxigen



- Posar les magnituds i unitats als eixos.
- Dibuixar les línies d'equilibri de les fases i indicar els estats físics (sòlid, líquid i vapor -o gas-)
- Indicar els punts de fusió i ebullició
- Indicar el punt triple
- Indicar el punt crític

[0,2 p]

[0,2 p]

[0,1 p]

[0,1 p]

[0,1 p]



Pregunta 5b

Símbol A:



Comburent

[0,2 p]

Són productes que en contacte amb altres substàncies, sobretot inflamables, poden provocar o agreujar un incendi o una explosió. **[0,2 p]**

Símbol B:



Gas

[0,2 p]

Assenyala que és un envàs amb gas a pressió. Alguns poden explotar amb la calor, com els gasos comprimits, líquats o dissolts, i altres poden causar cremades o ferides en estar a molt baixa temperatura. **[0,2 p]**

Símbol C:



Perillós per aspiració

[0,1 p]

Aquests productes poden arribar a l'organisme per inhalació i causar efectes negatius molt diversos. Poden provocar efectes cancerígens, mutàgens, tòxics per a la reproducció, modificar el funcionament de certs òrgans (com per exemple els pulmons) o provocar al·lèrgies respiratòries. **[0,1 p]**



Pregunta 6a

Formulació. Propà $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$

Butà $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

[– 0,5 p si no formulen bé els dos compostos]

- *Es penalitza 0,5 p tant si s'equivoquen en la formulació d'un compost (propà o butà) o en els dos.*

Reaccions de combustió

Combustió del propà $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$ **[0,15 p]**

Combustió del butà $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 + 13/2 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CO}_2 + 5 \text{H}_2\text{O}$ **[0,15 p]**

(o també per al butà: $2 \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 + 13 \text{O}_2 \rightarrow 8 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O}$)

Quin compost genera menys CO_2

Volem obtenir: $q = 1500 \text{ kJ}$

A pressió constant (1,0 bar): $q_p = \Delta H^\circ$ **[0,1 p]**

Calculem els mols de CO_2 que generem en la combustió del propà:

Propà: $\Delta H^\circ_{\text{comb}} (\text{propà}) = -2220 \text{ kJ mol}^{-1}$ = energia despesa en forma de calor

$1500 \text{ kJ} \times (1 \text{ mol propà} / 2220 \text{ kJ}) \times (3 \text{ mol CO}_2 / 1 \text{ mol propà}) = \mathbf{2,027 \text{ mol CO}_2}$
[0,2 p]

Calculem els mols de CO_2 que generem en la combustió del butà:

Butà: $\Delta H^\circ_{\text{comb}} (\text{butà}) = -2876 \text{ kJ mol}^{-1}$ = energia despesa en forma de calor

$1500 \text{ kJ} \times (1 \text{ mol butà} / 2876 \text{ kJ}) \times (4 \text{ mol CO}_2 / 1 \text{ mol butà}) = \mathbf{2,086 \text{ mol CO}_2}$
[0,2 p]

\Rightarrow **la combustió del propà genera menys quantitat de CO_2** **[0,2 p]**



Pregunta 6b

Dades:

Temperatura inicial: $T_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Temperatura final: $T_f = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$

Combustió: $n = 145\text{ g}$ de butà

$\Delta H^{\circ}_{\text{comb}}(\text{butà}) = -2876\text{ kJ mol}^{-1}$

Capacitat calorífica específica de l'aigua líquida (entre 20 i $80\text{ }^{\circ}\text{C}$) = $4180\text{ J kg}^{-1}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

Calor despresa en la combustió del butà:

Massa molecular butà = $(4 \times 12,0) + (10 \times 1,0) = 58,0\text{ g/mol}$

$145\text{ g butà} \times (1\text{ mol butà} / 58,0\text{ g butà}) \times (2876\text{ kJ} / 1\text{ mol butà}) =$
= 7190 kJ (ó 7190000 J) **[0,3 p]**

La calor despresa en la combustió, és la calor que absorbeix l'aigua. **[0,1 p]**

Càlcul de la calor absorbida per l'aigua

$q = C_e m \Delta T$ **[0,3 p]**

Substituint:

$7190000 = 4180 \times m \times (80 - 20)$

$m = (7190000 / (4180 \times 60)) = 28,668\text{ kg}$

Massa d'aigua = 28,668 kg **[0,3 p]**

- Si no indiquen les unitats de la massa (o són errònies) es penalitzarà 0,2 p

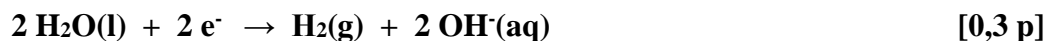


Pregunta 7a

Electròlisi de l'aigua.

Equació subministrada (un elèctrode): $2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}^+(\text{aq}) + 4 \text{e}^-$

Semireacció que té lloc en l'altra elèctrode:



- *També és correcta: $2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$*
- *No és necessari que explicitin els estats “aquós”, “gasós” o “líquid” de reactius i productes*

Polaritat de cada elèctrode

[0,2 p]

Ànode: polaritat positiva
Càtode: polaritat negativa

Justificar quin gas que es produeix en l'ànode i en el càtode

[0,3 p]

Ànode: té lloc la semireacció que **allibera electrons**
 \Rightarrow **es produeix oxigen (O_2)**

Càtode: té lloc la semireacció que **necessita electrons**
 \Rightarrow **es produeix hidrogen (H_2)**

En tots els processos electrolítics cal una pila que ens aporti energia?

Si, ja que la reacció redox que es produeix en un procés electrolític és sempre una reacció no espontània.

Si no aportem energia, mitjançant una pila externa, la reacció no es produeix.

[0,2 p]



Pregunta 7b

Dades:

$$I = 2,0 \text{ A} = 2 \text{ C/s}$$

$$t = 60 \text{ min}$$

$$V_{\text{oxigen gasós}} = 419 \text{ mL} = 0,419 \text{ L}$$

$$p = 1,0 \text{ atm}$$

$$T = 273 \text{ K}$$

$$R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

Calculem el nombre de mols d'O₂(g)

$$pV = n R T \Rightarrow n = (p \cdot V) / (R \cdot T)$$

$$n = (1 \times 0,419) / (0,082 \times 273)$$

$$n = \mathbf{0,0187170 \text{ mol O}_2}$$

[0,2 p]

Calculem el nombre de mols d'electrons que s'alliberen

Semireacció en què es genera l'oxigen: $2 \text{ H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{O}_2\text{(g)} + 4 \text{ H}^+\text{(aq)} + 4 \text{ e}^-$

\Rightarrow Estequiometria: 4 mols d'electrons per cada 1 mol d'O₂

$$0,0187170 \text{ mol O}_2 \times (4 \text{ mol e}^- / 1 \text{ mol O}_2) = \mathbf{0,0748682 \text{ mol e}^-}$$

[0,3 p]

Calculem els electrons que han circulat per generar 419 mL d'oxigen

$$60 \text{ min} \times (60 \text{ s} / 1 \text{ min}) \times (2 \text{ C} / 1 \text{ s}) \times (1 \text{ e}^- / 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}) = \mathbf{4,5 \times 10^{22} \text{ e}^-}$$

[0,2 p]

Calculem el nombre d'Avogadro (N_A)

$$N_A = (\text{nombre d'electrons}) / (\text{mols d'electrons})$$

$$N_A = (4,5 \times 10^{22}) / (0,0748682)$$

$$N_A = \mathbf{6,01 \times 10^{23}} \quad (\text{ó } N_A = \mathbf{6,01 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}})$$

[0,3 p]