



Proves d'accés a la universitat

Convocatòria 2016

Química

Sèrie 3

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

1. El iodur de plom(II) (PbI_2) és una sal de color groc, força insoluble en aigua freda, que es pot obtenir mesclant dissolucions aquoses de nitrat de plom(II) ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) i de iodur de potassi (KI).

a) Escriviu la reacció de precipitació del iodur de plom(II) i expliqueu raonadament, fent els càlculs necessaris, si precipitarà iodur de plom(II) quan mesclem 0,25 L de dissolució aquosa 0,15 M de iodur de potassi amb 0,25 L de dissolució aquosa de nitrat de plom(II) 0,15 M, a 25 °C. Suposeu que els volums són additius.

[1 punt]

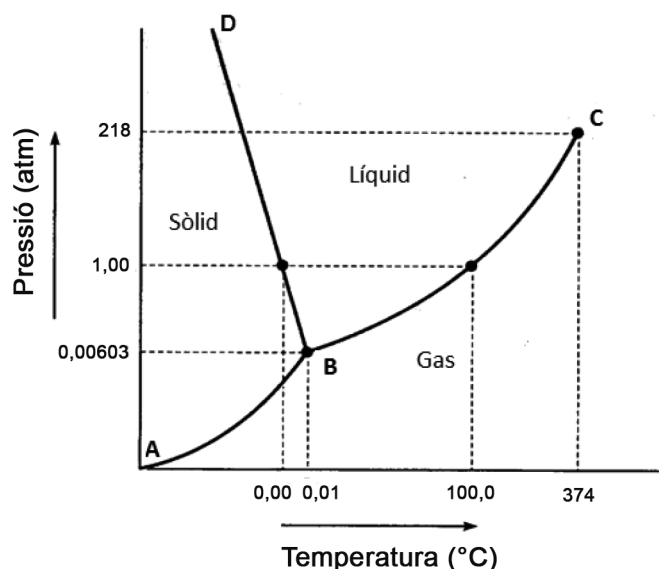
b) Expliqueu quin procediment seguiríeu al laboratori, esmenteu quins materials utilitzaríeu i feu els càlculs necessaris per a preparar la dissolució aquosa, abans esmentada, de iodur de potassi a partir del producte sòlid.

[1 punt]

DADES: Masses atòmiques relatives: K = 39; I = 127.

Constant del producte de solubilitat del PbI_2 a 25 °C: $K_{\text{ps}} = 7,9 \times 10^{-9}$.

2. La figura següent representa el diagrama de fases de l'aigua.



a) Doneu el nom i la definició dels punts B i C, i de les línies AB, BC i BD.

[1 punt]

b) Quin és l'estat físic de l'aigua a -10°C i 1 atm? Partint d'aquestes condicions de temperatura i pressió, escalfem l'aigua a pressió constant fins a 130°C . Expliqueu què li passa a mesura que augmenta la temperatura. Anomeneu tots els canvis de fase que hi tenen lloc. Dibuixeu, en el quadern de respostes, el diagrama de fases i indiqueu-hi els estats inicial i final, i la línia d'escalfament.

[1 punt]

3. Per electròlisi d'una dissolució aquosa de clorur d'or(III) (AuCl_3), s'obté clor gasós i es diposita or.

a) Escriviu les semireaccions que tenen lloc a l'ànode i al càtode, i la reacció global. Feu un esquema de la cèl·lula electrolítica, i indiqueu-hi l'elèctrode positiu i el negatiu, l'ànode i el càtode, el moviment dels ions a l'interior de la cèl·lula i el dels electrons pel circuit exterior.

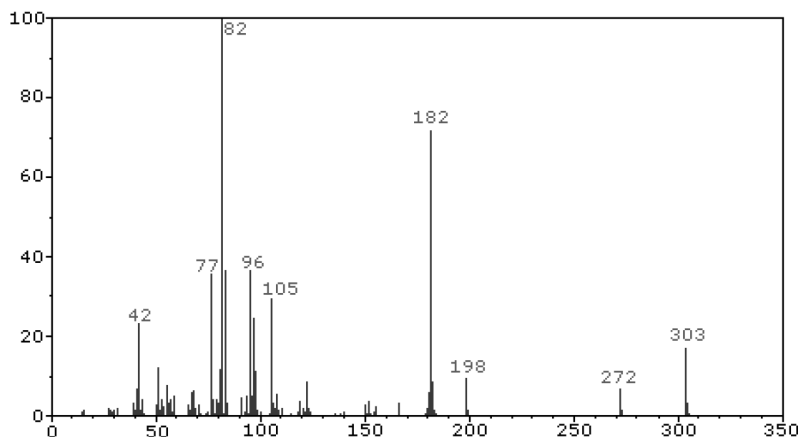
[1 punt]

b) Calculeu el nombre d'àtoms d'or i el nombre de molècules de clor que s'obtenen quan un mol d'electrons ha passat pel circuit.

[1 punt]

DADA: Nombre d'Avogadro: $N_A = 6,023 \times 10^{23}$.

4. El consum de substàncies estupefaents comporta un greu problema de salut pública. Aquestes substàncies romanen acumulades en diferents parts del cos durant un cert temps, que varia des de dies fins a mesos. Per exemple, podem detectar la cocaïna ($C_{17}H_{21}NO_4$) i l'amfetamina ($C_9H_{13}N$) al cabell d'una persona fins al cap de noranta dies d'haver-ne consumit mitjançant la tècnica d'espectrometria de masses. En la figura següent es pot veure l'espectre de masses obtingut a partir del cabell d'una persona de la qual sospitem que ha pres una d'aquestes drogues.



- a) Quina magnitud s'ha representat en l'eix horitzontal del gràfic? A partir de les dades experimentals, deduïu si la persona ha pres cocaïna o amfetamina.

[1 punt]

- b) A 250°C de temperatura i a 1 atm de pressió, la cocaïna es troba en estat gasós. Calculeu el volum molar de la cocaïna en aquestes condicions de temperatura i pressió, suposant que es tracta d'un gas ideal. Quines diferències hi ha entre un gas real i un gas ideal?

[1 punt]

DADES: Masses atòmiques relatives: C = 12; H = 1; N = 14; O = 16.

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

5. Per a calcular l'energia reticular del clorur de magnesi (MgCl_2) cal conèixer les dades termodinàmiques que apareixen en la taula següent:

Magnituds en condicions estàndard i a 25°C	Valor (kJ mol^{-1})
Energia de sublimació del magnesi	146,3
Primera energia d'ionització del magnesi	736,3
Segona energia d'ionització del magnesi	1 448,4
Energia de dissociació del clor gasós	242,6
Afinitat electrònica del clor	-364,5
Variació d'entalpia de formació del clorur de magnesi	-641,2

- a) Dibuixeu el diagrama d'entalpies del clorur de magnesi (cicle de Born-Haber) i calculeu l'energia reticular d'aquesta sal a 25°C .

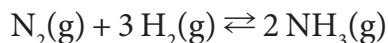
[1 punt]

- b) Expliqueu justificadament si el valor absolut de l'energia reticular del clorur de magnesi és més gran o més petit que el de l'energia reticular del clorur de calci (CaCl_2).

[1 punt]

DADES: Nombres atòmics: $Z(\text{Cl}) = 17$; $Z(\text{Mg}) = 12$; $Z(\text{Ca}) = 20$.

6. La síntesi de l'amoniac es produeix per reacció entre el nitrogen i l'hidrogen, segons l'equació química següent:



Introduïm 1,0 mol de nitrogen i 3,0 mol d'hidrogen en un reactor tancat d'1,3 L. Quan escalfem la mescla gasosa a 528 K, observem que la pressió en l'equilibri és de 80,0 atm. Calculeu, a 528 K:

- a) El percentatge de nitrogen que ha reaccionat un cop s'ha assolit l'equilibri.

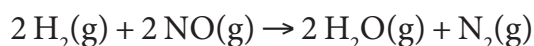
[1 punt]

- b) La constant d'equilibri en concentracions K_c .

[1 punt]

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

7. L'única manera de determinar l'equació de velocitat d'una reacció és fent experiments per a mesurar l'efecte que produeix la variació de concentració dels reactius sobre la velocitat. A continuació, podeu veure una reacció i els resultats obtinguts, a una temperatura determinada, quan n'estudiem la cinètica mitjançant el mètode de les velocitats inicials:



Experiment	$[\text{H}_2]$ (mol L^{-1})	$[\text{NO}]$ (mol L^{-1})	Velocitat ($\text{mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$)
1	$2,0 \times 10^{-2}$	$2,50 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-6}$
2	$2,0 \times 10^{-2}$	$1,25 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-6}$
3	$4,0 \times 10^{-2}$	$2,50 \times 10^{-2}$	$9,6 \times 10^{-6}$

- a) Calculeu l'ordre de reacció respecte de cada reactiu i l'ordre total.

[1 punt]

- b) Determineu la constant de velocitat de la reacció. A partir de la teoria de les col·lisions, expliqueu dues maneres d'augmentar la velocitat d'aquesta reacció química.

[1 punt]



Institut
d'Estudis
Catalans



Proves d'accés a la universitat

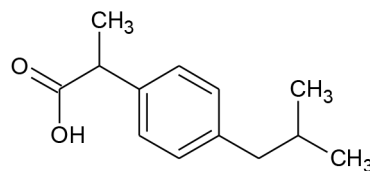
Convocatòria 2016

Química

Sèrie 5

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

1. L'ibuprofèn, que podem representar com a $C_{12}H_{17}COOH$, és un antiinflamatori que s'utilitza per a combatre el dolor i els estats febrils. És un àcid monopròtic feble que conté un sol grup àcid carboxílic ($-COOH$) a la seva molècula. Hem preparat al laboratori una solució aquosa 0,200 M d'aquest àcid i, en mesurar-ne el pH, obtenim un valor de 2,95 a 25 °C.



Estructura química de l'ibuprofèn

- a) Calculeu la constant d'acidesa, K_a , de l'ibuprofèn a 25 °C.

[1 punt]

- b) Volem valorar la solució aquosa d'ibuprofèn 0,200 M amb NaOH 0,100 M, però al laboratori només disposem d'una solució de NaOH 0,400 M. Calculeu quin volum d'aquesta solució necessitem per a preparar 100,0 mL d'una solució de NaOH 0,100 M. Expliqueu com la prepararíeu al laboratori i indiqueu el material que utilitzaríeu. Justifiqueu si podem emprar el roig de metil com a indicador per a detectar el punt final d'aquesta valoració àcid-base.

[1 punt]

DADA: Interval de viratge (pH) del roig de metil: 4,2-6,2.

2. L'electròlisi és un procés en què s'aporta energia elèctrica perquè es produeixi una reacció redox no espontània. Mitjançant l'electròlisi d'una solució aquosa de clorur de coure(II), emprant dos elèctrodes inerts de grafit, s'obté $Cl_2(g)$ a l'ànode i es diposita Cu(s) al càtode.

- a) Escriviu les semireaccions que tenen lloc a l'ànode i al càtode, indiqueu la polaritat dels elèctrodes i digueu si la semireacció és d'oxidació o de reducció. Escriviu l'equació química global que es produeix en el procés d'electròlisi.

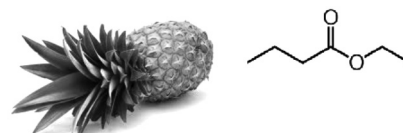
[1 punt]

- b) Al laboratori duem a terme l'electròlisi d'una solució aquosa de clorur de coure(II) durant 60 minuts, emprant un corrent continu d'1,30 A, i obtenim 1,54 g de Cu(s). Calculeu la massa atòmica del coure.

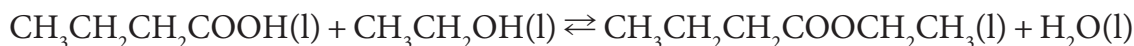
[1 punt]

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

3. Molts èsters tenen una aroma característica i, per aquesta raó, es fan servir freqüentment com a aromatitzants artificials i additius alimentaris. Un d'aquests èsters és el butanoat d'etil, anomenat habitualment *butirat d'etil*, que té una aroma semblant a la de la pinya tropical. El podem obtenir per reacció entre l'àcid butanoic i l'etanol, d'acord amb l'equació química següent:



Butirat d'etil



La constant d'equilibri, K_c , d'aquesta reacció té un valor de 4,0 a la temperatura de 50 °C. Un recipient conté una mescla formada per 0,40 mol d'àcid butanoic, 0,40 mol d'etanol, 0,50 mol de butanoat d'etil i 0,50 mol d'aigua.

- a) Justifiqueu, a partir dels càlculs necessaris, per què aquesta mescla no està en equilibri a 50 °C. Quines seran les quantitats (en mols) de cada compost quan la mescla assolixi l'equilibri?

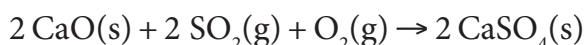
[1 punt]

- b) Volem millorar el rendiment de la reacció d'obtenció de l'èster i ens proposen aplicar alguna de les tres estratègies següents: augmentar la pressió, afegir-hi una substància higroscòpica o afegir-hi més quantitat d'alcohol. Expliqueu raonadament si amb cadascuna de les estratègies aconseguirem l'objectiu que ens proposem o no.

[1 punt]

NOTA: Les substàncies higroscòpiques són substàncies que absorbeixen aigua, tant en forma de vapor com en forma líquida, de l'ambient que les envolta.

4. L'òxid de calci o calç viva és un compost inorgànic molt important en l'àmbit industrial. En el control de la contaminació s'utilitza per a eliminar el diòxid de sofre generat en algunes centrals elèctriques mitjançant la reacció següent:



- a) En una central elèctrica s'eliminen, cada minut, 447 g de diòxid de sofre. Calculeu la calor que s'alliberarà per minut en el procés d'eliminació del diòxid de sofre amb calç viva si es produeix a una pressió constant d'1 atm i una temperatura de 298 K.

[1 punt]

- b) En el cas que el procés es produís a volum constant, justifiqueu si s'alliberaria una quantitat de calor superior, inferior o igual.

[1 punt]

DADES: Masses atòmiques relatives: O = 16; S = 32.

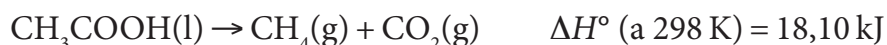
Entalpies estàndard de formació, a 298 K:

$$\Delta H_f^\circ (\text{CaO, s}) = -635,1 \text{ kJ mol}^{-1}; \Delta H_f^\circ (\text{SO}_2, \text{g}) = -296,4 \text{ kJ mol}^{-1};$$

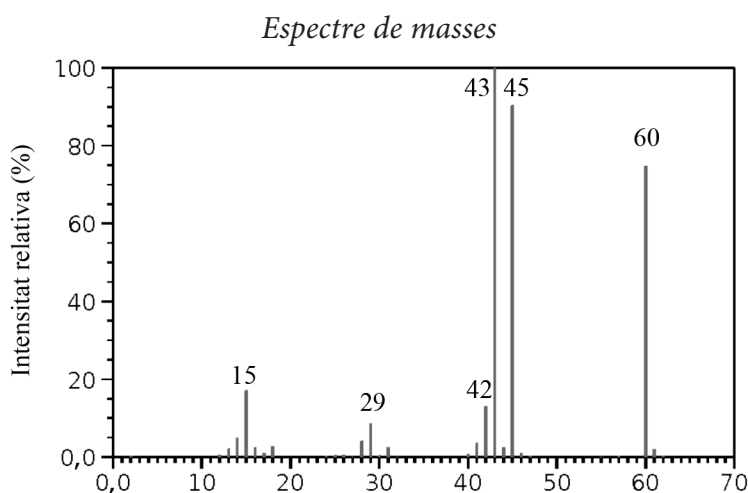
$$\Delta H_f^\circ (\text{CaSO}_4, \text{s}) = -1 432,7 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

Constant universal dels gasos ideals: $R = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

5. El biogàs és una mescla de metà i diòxid de carboni que podem obtenir a partir de les reaccions metabòliques dels bacteris metanògens. Aquests bacteris duen a terme diverses reaccions per a descompondre la matèria orgànica, l'última de les quals és la transformació següent de l'àcid acètic:



- a) Una granja es planteja instal·lar una planta d'obtenció de biogàs a partir d'àcid acètic i dubta de l'espontaneïtat d'aquest procés. A partir dels càlculs necessaris, indiqueu si aquesta reacció d'obtenció de biogàs és espontània en condicions estàndard i a 298 K.
[1 punt]
- b) Per controlar el procés d'obtenció del biogàs hem enregistrat l'espectre de masses d'un dels tres compostos que intervenen en la reacció. Quina magnitud es representa en l'eix de les abscisses d'un espectre de masses? Identifiqueu el compost i indiqueu a què poden ser deguts els tres pics de més intensitat que apareixen en l'espectre.
[1 punt]



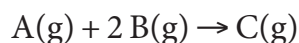
DADES: Entropies estàndard, a 298 K:

$$S^\circ (\text{CH}_3\text{COOH}, \text{l}) = 159,8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}; S^\circ (\text{CO}_2, \text{g}) = 213,7 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1};$$

$$S^\circ (\text{CH}_4, \text{g}) = 187,9 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}.$$

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

6. Conèixer la velocitat d'una reacció química i determinar de què depèn és molt útil quan es dissenya el procés de fabricació d'una substància nova. Els enginyers químics han de cercar, en cada cas, com es pot millorar el rendiment d'una reacció, però també com es pot accelerar la reacció. En un reactor, a volum constant i a la temperatura de 60 °C, s'ha fet un estudi de la cinètica de la reacció següent:



Les dades experimentals obtingudes demostren que la reacció és de primer ordre respecte de A i d'ordre zero respecte de B.

- a) Escriviu l'equació de velocitat de la reacció. Calculeu la constant de velocitat d'aquesta reacció a 60 °C si, per a una concentració inicial del reactiu A d' $1,6 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ i del reactiu B de $4,4 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$, la velocitat inicial de la reacció és $4,1 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$. La velocitat de la reacció es mantindrà, disminuirà o augmentarà quan hauran transcorregut uns quants minuts després de l'inici de la reacció? Justifiqueu la resposta.
[1 punt]
- b) Què és un *catalitzador*? Expliqueu com actua un catalitzador en una reacció química a partir del model de l'estat de transició.
[1 punt]

7. Un dels rius principals que subministren aigua a la ciutat de Barcelona és el riu Llobregat. En una anàlisi rutinària de l'aigua d'aquest riu obtenim les dades següents:

<i>Paràmetres</i>	<i>Valors</i>
pH	7,45
ions clorur, Cl^- (mg L^{-1})	298
ions sulfat, SO_4^{2-} (mg L^{-1})	207
ions calci, Ca^{2+} (mg L^{-1})	128
ions magnesi, Mg^{2+} (mg L^{-1})	41,9
ions sodi, Na^+ (mg L^{-1})	87,4

- a) Omplim un tub d'assaig, fins a la meitat, amb aigua del riu Llobregat a 298 K. Tot seguit, hi afegim, gota a gota, una solució concentrada de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ fins que comença a aparèixer una mica de precipitat. Justifiqueu, numèricament, si aquest precipitat és PbCl_2 o PbSO_4 .
[1 punt]
- b) Omplim un altre tub d'assaig, fins a la meitat, amb aigua del riu Llobregat i hi afegim, gota a gota, una solució de NaOH per augmentar-ne la basicitat i fer precipitar els hidròxids metàl·lics insolubles. Quan el pH és 12,6, comença a precipitar l'hidròxid de calci. Quin valor té la constant del producte de solubilitat d'aquest hidròxid a 298 K?
[1 punt]

DADES: Masses atòmiques relatives: O = 16; S = 32; Cl = 35,5; Ca = 40.

Constants del producte de solubilitat, a 298 K:

$$K_{\text{ps}}(\text{PbCl}_2) = 1,6 \times 10^{-5}; K_{\text{ps}}(\text{PbSO}_4) = 1,6 \times 10^{-8}.$$

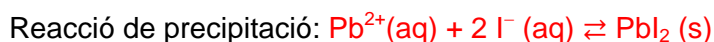
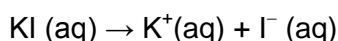
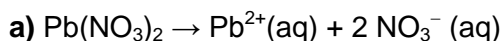
Constant d'ionització de l'aigua, a 298 K: $K_{\text{w}} = 1,0 \times 10^{-14}$.



Institut
d'Estudis
Catalans

SÈRIE 3

1. PRECIPITACIÓ



(0,25 punts)

$$Q_{\text{ps}} = [\text{Pb}^{2+}]_0 [\text{I}^{-}]_0^2$$

(0,25 punts)

Hem de calcular les concentracions de Pb^{2+} i de I^{-} just en el moment de la mescla.

$$[\text{Pb}^{2+}]_0 = (0,15 \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2/\text{L}) (1 \text{ mol Pb}^{2+} / 1 \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2) (0,25 \text{ L}) / (0,50 \text{ L}) = 0,075 \text{ mol/L}$$

$$[\text{I}^{-}]_0 = (0,15 \text{ mol KI/L}) (1 \text{ mol I}^{-} / 1 \text{ mol KI}) (0,25 \text{ L}) / (0,50 \text{ L}) = 0,075 \text{ mol/L}$$

(0,25 punts)

$$Q_{\text{ps}} = (0,075) (0,075)^2 = 4,21875 \times 10^{-4}$$

$$Q_{\text{ps}} = 4,2 \times 10^{-4} > K_{\text{ps}} = 7,9 \times 10^{-9} \Rightarrow \text{precipita PbI}_2$$

(0,25 punts)

b) S'han de preparar 0,25 L de dissolució aquosa de KI de concentració 0,15 M.

$$(0,15 \text{ mol KI/L}) (0,25 \text{ L}) (166 \text{ g KI} / 1 \text{ mol KI}) = 6,225 \text{ g KI}$$

(0,25 punts)

Material i reactius: balança digital, vidre de rellotge, espàtula, vas de precipitats de 250 mL, vareta de vidre, matràs aforat de 250 mL, comptagotes, flascó amb aigua destil·lada i iodur de potassi.

(0,25 punts)

Procediment experimental:

- Tarem un vidre de rellotge i pesem en una balança digital 6,225 g de KI.
- Agafem un vas de precipitats de 250 mL, hi posem uns 200 mL d'aigua destil·lada i a poc a poc hi afegim el iodur de potassi remenant amb una vareta fins a dissolució.
- Ho passem a un matràs aforat de 250 mL. Passem una mica d'aigua destil·lada pel vas de precipitats per recollir les possibles restes que hagin quedat de KI i ho afegim al matràs aforat.
- A poc a poc acabem d'afegir aigua destil·lada fins a la línia d'enrasament (les últimes gotes amb un comptagotes per no passar-nos de la línia d'aforament).
- Ho passem a una ampolla neta de vidre, tapem i remenem per homogeneïtzar la dissolució i etiquetem amb la fórmula de la dissolució, la seva concentració i la data de preparació.

(0,5 punts)

2. DIAGRAMA DE FASES

a) El punt **B** és el **punt triple**, punt del diagrama de fases a una pressió de 0,00603 atm i una temperatura de 0,01 °C, on coexisteixen en equilibri la fase sòlida, la líquida i la gasosa. És un punt d'equilibri inestable. (0,2 punts)

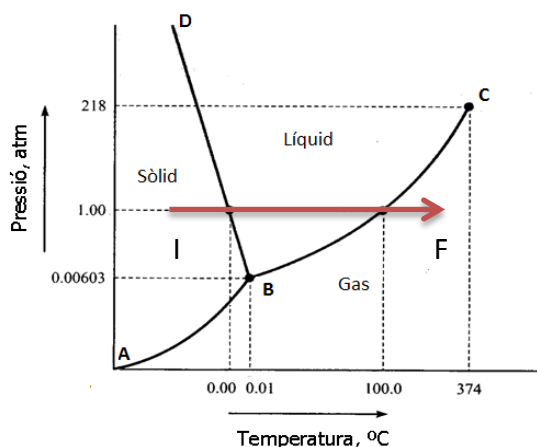
El punt **C** és el **punt crític** ($P_{\text{crítica}} = 218 \text{ atm}$ i $T_{\text{crítica}} = 374 \text{ °C}$). És l'últim punt de la corba de vaporització. Per sobre de la temperatura crítica és impossible la liquació per molt alta que sigui la pressió aplicada. A partir de C tenim les condicions supercrítiques del fluid. (0,2 punts)

La línia **AB** és la corba de sublimació (equilibri entre S i G). Qualsevol punt de la corba representa la temperatura de sublimació a una pressió determinada. (0,2 punts)

La línia **BC** és la corba de vaporització (equilibri entre L i G). Qualsevol punt de la corba representa la temperatura d'ebullició a una pressió determinada. (0,2 punts)

La línia **BD** és la corba de fusió (equilibri entre S i L). Qualsevol punt de la corba representa la temperatura de fusió a una pressió determinada. (0,2 punts)

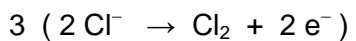
b) A -10°C i 1 atm, l'aigua es troba a l'estat sòlid. (0,25 punts)



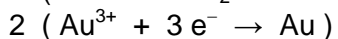
En augmentar la temperatura a la pressió constant d'1 atm, el sòlid inicial s'escalfa fins a la temperatura de fusió (0 °C). A continuació, l'aigua sòlida es va fonent. Un cop que tota l'aigua és líquida a 0 °C, es va escalfant fins a la temperatura d'ebullició (100 °C). En aquest moment, l'aigua líquida saturada es va vaporitzant. Un cop que tot és vapor d'aigua saturat, el gas s'escalfa fins a 130 °C (vapor sobresaturat). (0,5 punts)

3. ELECTRÒLISI

a)

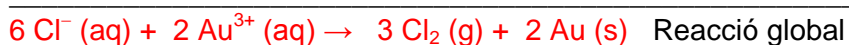


Semireacció d'oxidació (ànode)

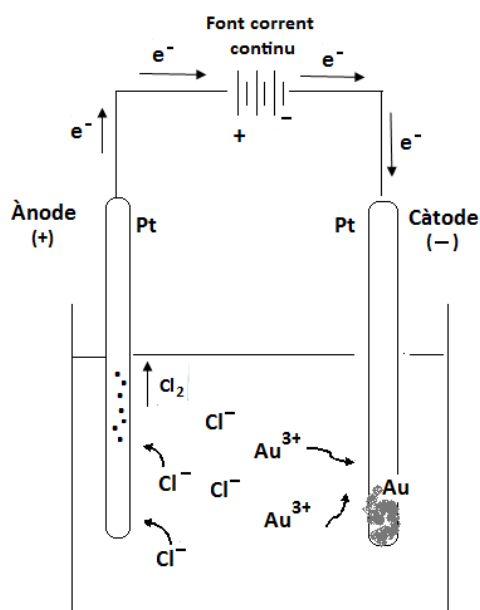


Semireacció de reducció (càtode)

(0,25 punts)



(0,25 punts)



Disolució de
 AuCl_3

(0,5 punts)

$$\text{b) } (1 \text{ mol e}^-) (1 \text{ mol Au} / 3 \text{ mol e}^-) (6,023 \times 10^{23} \text{ àtoms Au} / 1 \text{ mol Au}) = 2,0076666... \times 10^{23}$$

 $2,01 \times 10^{23}$ àtoms d'Au

(0,5 punts)

$$(1 \text{ mol e}^-) (1 \text{ mol Cl}_2 / 2 \text{ mol e}^-) (6,023 \times 10^{23} \text{ molècules Cl}_2 / 1 \text{ mol Cl}_2) = 3,0115 \times 10^{23}$$

 $3,01 \times 10^{23}$ molècules de Cl_2

(0,5 punts)

4. ESPECTROMETRIA DE MASSES

a) Eix horitzontal: Representa la relació massa/càrrega (m/z) dels fragments de la molècula. (0,3 punts)

Cocaïna: $C_{17}H_{21}NO_4$ $P_m = 303 \text{ g/mol}$
Amfetamina: $C_9H_{13}N$ $P_m = 135 \text{ g/mol}$

L'últim pic correspon al fragment més gran i és el pic molecular, que es forma quan la molècula perd 1 electró: $M^+ = 303$. Aquest valor correspon al pes molecular de la cocaïna. (0,7 punts)

b) $P V_m = R T \Rightarrow V_m = R T / P = (0,082) (532) / (1) = 42,886 \text{ L/mol}$
 $V_m = 42,9 \text{ L/mol}$ (0,5 punts)

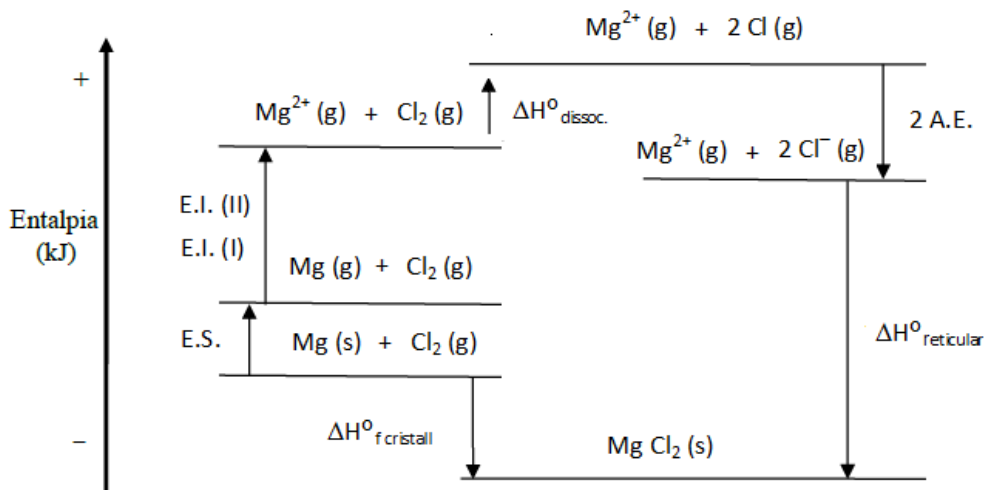
Diferències entre un gas real i un gas ideal:

- 1) Les molècules d'un gas real tenen un volum finit. En un gas ideal, suposem que el volum de les molècules és nul.
- 2) En un gas real, hi ha interacció entre les molècules (per exemple, forces intermoleculars). En un gas ideal, suposem que aquestes forces són nul·les. (0,5 punts)

5. ENERGIA RETICULAR

a)

Diagrama d'entalpies del clorur de magnesi



(0,5 punts)

$$\Delta H^\circ_{f \text{ cristall}} = E.S. (Mg) + E.I. (I) + E.I. (II) + \Delta H^\circ_d (Cl_2) + 2 A.E. (Cl) + \Delta H^\circ_{reticular}$$

$$-641,2 = 146,3 + 736,3 + 1448,4 + 242,6 + 2(-364,5) + \Delta H^\circ_{reticular}$$

$$\Delta H^\circ_{reticular} = -641,2 - 146,3 - 736,3 - 1448,4 - 242,6 + 729 = -2485,8 \text{ kJ}$$

$$\Delta H^\circ_{reticular} = -2486 \text{ kJ/mol MgCl}_2$$

(0,5 punts)

b) L'energia reticular dóna una idea de la força d'atracció entre els ions del compost iònic. Aquesta atracció depèn, segons el model electrostàtic del sòlid iònic, de la càrrega dels ions i de la distància que els separa.

(0,25 punts)

Llei de Coulomb: $F = k \frac{q_+ q_-}{r^2}$

Com més gran sigui la càrrega entre els ions i més petita la distància entre ells (ions més petits) més atracció hi haurà, la qual cosa implica més energia reticular (valor absolut), és a dir, més energia s'alliberarà en la formació del compost iònic.

(0,25 punts)

Les càrregues entre els ions són les mateixes (+2 del catió i -1 de l'anió) i el radi de l'anió és el mateix (Cl^-). Per tant, la diferència l'hem d'explicar d'acord amb el radi dels cations Mg^{2+} i Ca^{2+} .

(0,25 punts)

Mg^{2+} (10 electrons): $1s^2 2s^2 2p^6$

Ca^{2+} (18 electrons): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

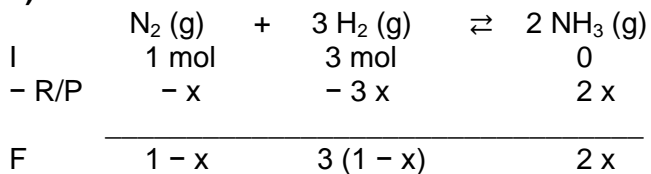
L'ió Ca^{2+} ($n = 3$) és més gran que l'ió Mg^{2+} ($n = 2$). En conseqüència, la distància entre el catió i l'anió és més petita en el cas del $MgCl_2$, la qual cosa implica una atracció més gran. Per tant, el valor absolut de l'energia reticular del $MgCl_2$ és més gran que el de l'energia reticular del $CaCl_2$.

(0,25 punts)

N.B. No és necessari que posin la llei de Coulomb. Poden dir que les càrregues són les mateixes (+2 i -1, per a cada compost) i que l'única diferència és la distància entre els ions. Com que el Mg^{2+} és més petit que el Ca^{2+} , l'atracció serà més gran en el MgCl_2 .

6. EQUILIBRI QUÍMIC

a)



(0,25 punts)

$$n_T = 1 - x + 3 (1 - x) + 2 x = 4 - 2 x = 2 (2 - x) \text{ mol}$$

$$P V = n_T R T \Rightarrow P V = 2 (2 - x) R T \Rightarrow$$

$$x = 2 - P V / (2 R T) = 2 - (80,0) (1,3) / ((2) (0,082) (528)) = 0,79896526 \text{ mol}$$

(0,5 punts)

$$\% \text{ N}_2 \text{ convertit} = (n (\text{N}_2) \text{ convertit} / n (\text{N}_2) \text{ inicial}) \cdot 100 = (x / 1) \cdot 100 =$$

$$= (0,79896526 / 1) (100) = 79,8965$$

$$\text{N}_2 \text{ convertit} = 79,9\%$$

(0,25 punts)

$$\text{b) } K_C = [\text{NH}_3]^2 / ([\text{N}_2] [\text{H}_2]^3)$$

(0,25 punts)

$$K_C = 4 x^2 V^2 / 27 (1 - x)^4 = (4) (0,79896526)^2 (1,3)^2 / ((27) (1 - 0,79896526)^4) = 97,8485$$

$$K_C = 97,8$$

(0,75 punts)

7. CINÈTICA QUÍMICA

a) $v = k [\text{H}_2]^a [\text{NO}]^b$

Experiments 1 i 2: $[\text{H}_2] = \text{constant}$. $v_2 / v_1 = [\text{NO}]_2^b / [\text{NO}]_1^b \Rightarrow$
 $b = \ln(v_2 / v_1) / \ln([\text{NO}]_2 / [\text{NO}]_1) = \ln(1,2 \times 10^{-6} / 4,8 \times 10^{-6}) / \ln(1,25 \times 10^{-2} / 2,5 \times 10^{-2}) = \ln 0,25 / \ln 0,5 = 2$

b = 2 (ordre parcial del NO)**(0,4 punts)**

Experiments 1 i 3: $[\text{NO}] = \text{constant}$. $v_3 / v_1 = ([\text{H}_2]_3 / [\text{H}_2]_1)^a \Rightarrow$
 $a = \ln(v_3 / v_1) / \ln([\text{H}_2]_3 / [\text{H}_2]_1) = \ln(9,6 \times 10^{-6} / 4,8 \times 10^{-6}) / \ln(4 \times 10^{-2} / 2 \times 10^{-2}) = \ln 2 / \ln 2 = 1$

a = 1 (ordre parcial del H₂)**(0,4 punts)**Ordre total: $n = a + b = 1 + 2 = 3$ **n = 3 (ordre total)****(0,2 punts)**

b) Experiment 1: $v_1 = k [\text{NO}]_1^2 [\text{H}_2]_1 \Rightarrow k = v_1 / ([\text{NO}]_1^2 [\text{H}_2]_1) = 4,8 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1} / ((2,5 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1})^2 (2,0 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1})) = 0,384 \text{ L}^2 \text{ mol}^{-2} \text{ s}^{-1}$

k = 0,384 L² mol⁻² s⁻¹**(0,5 punts)**

Totes les condicions que facin augmentar l'energia de les partícules produint més xocs i més eficaços faran que augmenti la velocitat de reacció. Aquestes condicions són:

- $\uparrow T$: Un augment de la temperatura fa que hi hagin més xocs i amb més energia, de manera que augmentarà la probabilitat de xocs efectius. **(0,25 punts)**

- $\downarrow V$ (o $\uparrow P$): En disminuir el volum, la probabilitat de xocs entre molècules augmenta.

(0,25 punts)

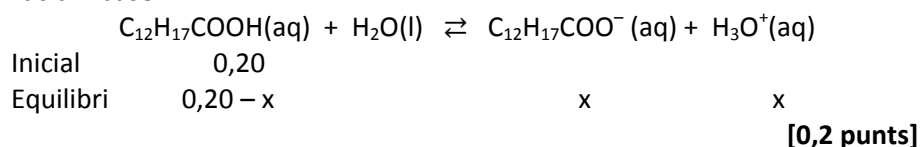
- $\uparrow n$: Un augment del nombre de mols de reactius fa que hi hagin més xocs, de manera que augmentarà la probabilitat de xocs efectius.

N.B. De les 3 maneres aquí explicades, només cal que n'indiquin 2.

SÈRIE 5**Pregunta 1a**

Concentració inicial d'ibuprofèn = 0,20 M

Equilibri àcid – base:



Càlcul de la concentració de l'ió H_3O^+ :

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log [\text{H}_3\text{O}^+] &\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] &= 10^{-\text{pH}} \\ \text{Si } \text{pH} &= 2,95 &\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] &= 10^{-2,95} = 1,122 \times 10^{-3} \text{ M} \end{aligned}$$

[0,2 punts]

Per l'estequiometria de la reacció, les concentracions en equilibri són:

$$x = [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{C}_{12}\text{H}_{17}\text{COO}^-]$$

$$\begin{aligned} [\text{C}_{12}\text{H}_{17}\text{COO}^-] &= 1,122 \times 10^{-3} \text{ M} \\ [\text{C}_{12}\text{H}_{17}\text{COOH}] &= 0,20 - x = 0,20 - 1,122 \times 10^{-3} = 0,1989 \text{ M} \end{aligned}$$

[0,2 punts]

Constant d'acidesa (K_a):

$$K_a = ([\text{H}_3\text{O}^+][\text{C}_{12}\text{H}_{17}\text{COO}^-]) / [\text{C}_{12}\text{H}_{17}\text{COOH}]$$

[0,2 punts]

Substituïm:

$$K_a = (1,122 \times 10^{-3})^2 / (0,1989)$$

$$K_a = 6,33 \times 10^{-6}$$

[0,2 punts]

- Si expressen la constant d'acidesa, K_a , amb unitats, s'ha de penalitzar 0,1 punts.

Pregunta 1b

Càlcul de la dilució:

$$100 \times 10^{-3} \text{ L NaOH diluïda} \times (0,100 \text{ mols NaOH} / 1 \text{ L NaOH diluïda}) \times \\ \times (1 \text{ L NaOH inicial} / 0,400 \text{ mol NaOH}) = 0,025 \text{ L NaOH inicial} = 25 \text{ mL NaOH}$$

Ens cal agafar 25 mL de la solució 0,400 M

[0,2 punts]

- És correcte si el càlcul el fan amb la fórmula: $c_i V_i = c_f V_f$
 $2,000 V_i = (0,400) (250) \Rightarrow V_i = 50 \text{ mL}$
- És correcte si calculen que cal diluir 4 vegades ($0,4000 / 0,100 = 4$), i calculen el volum com: $100/4 = 25 \text{ mL}$

Procediment (i material):

[0,3 material + 0,3 procediment]

Col·loquem en un **vas de precipitats** una mica de solució de NaOH 0,400 M. Agafem un volum de 25 mL amb una **pipeta de 25 mL** (amb l'ajut d'una pera) i el transvasem a un **matràs aforat de 100 mL**. Hi afegim aigua destil·lada i ho anem agitant per homogeneïtzar bé la solució. Finalment enrasem la solució a 100 mL (marca del matràs). Tapem el matràs amb el tap i ho agitem.

Indicador àcid-base:

[0,2 punts]

Estem valorant un àcid feble (ibuprofèn) amb una base forta. En el punt d'equivalència tot l'àcid haurà reaccionat i tindrem la base conjugada de l'ibuprofèn i aigua.

Per tant el pH de la solució serà bàsic (pH > 7,0).

⇒ Haurem d'emprar un indicador que viri a la zona bàsica de pH.

⇒ **El vermell de metil vira a la zona àcida (4,2 – 6,2): no es pot utilitzar**

- Si no raonen la puntuació és 0 punts sobre 0,2 punts.

Pregunta 2a

Formulació. Clorur de coure(II): CuCl_2

[−0,5 punts si no formulen bé]

SemireaccionsÀnode: $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$ Càtode: $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$

[0,4 punts]

Polaritat

Ànode: positiu (+)

Càtode: negatiu (−)

[0,2 punts]

Tipus de reacció

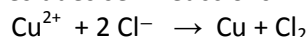
Ànode: oxidació

Càtode: reducció

[0,2 punts]

Equació química global

Sumem les dues semireaccions:

(també és correcte: $\text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{Cl}_2$)

[0,2 punts]

Pregunta 2b

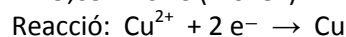
Dades:

$$t = 60 \text{ min} \times (60 \text{ s} / 1 \text{ min}) = 3600 \text{ s}$$

$$I = 1,3 \text{ A}$$

$$m = 1,54 \text{ g de Cu}$$

$$F = 9,65 \times 10^4 \text{ C (mol e}^-)^{-1}$$



Càlcul dels mols de Cu:

$$Q = I t = (1,3 \text{ A}) (3600 \text{ s}) = 4680 \text{ C}$$

$$(4680 \text{ C}) \times (1 \text{ mol e}^- / 9,65 \times 10^4 \text{ C}) \times (1 \text{ mol Cu} / 2 \text{ mol e}^-) = 2,425 \times 10^{-2} \text{ mol Cu}$$

[0,7 punts]

▪ La puntuació per passos seria:

- ✓ Càlcul de la càrrega (en C): 0,2 punts
- ✓ Càlcul dels mols d'electrons: 0,2 punts
- ✓ Càlcul dels mols de Cu: 0,3 punts

Càlcul de la massa atòmica (o pes molecular) del Cu:

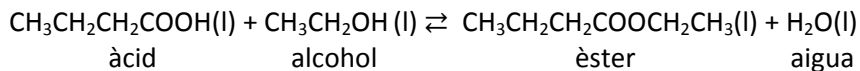
$$P_m (\text{Cu}) = m / n = (1,54 \text{ g}) / (2,425 \times 10^{-2} \text{ mol})$$

$$P_m = 63,5 \text{ g/mol}$$

[0,3 punts]

- Considerem correcte el valor de la massa atòmica encara que l'expressin sense unitats: $M = 63,5$.

Pregunta 3a

Càlcul de Q_c

Suposant un volum total V, el quocient Q_c és:

$$Q_c = [\text{èster}] [\text{aigua}] / [\text{àcid}] [\text{alcohol}]$$

$$Q_c = [(0,50/V) (0,50/V)] / [(0,40/V) (0,40/V)]$$

- Si no comenten res del volum, i directament escriuen la Q_c amb els mol de reactius i productes, s'ha de penalitzar 0,1 punts (sobre 0,2 punts).

Calculem el valor de Q_c (el volum no afecta el càlcul perquè es simplifica) i el comparem amb K_c :

$$Q_c = (0,50)^2 / (0,40)^2$$

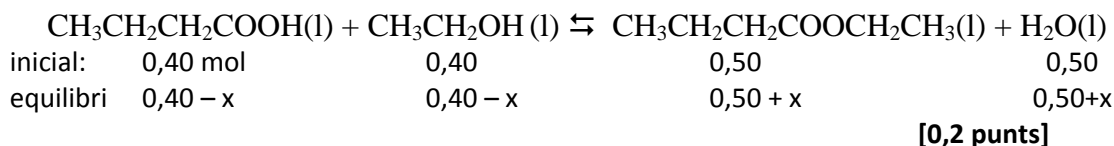
$$Q_c = 1,56 \quad \quad \quad [0,2 \text{ punts}]$$

$$Q_c = 1,56 \quad \text{i} \quad K_c = 4,0$$

$$\Rightarrow Q_c \neq K_c \Rightarrow \text{La mescla no està en equilibri} \quad \quad \quad [0,3 \text{ punts}]$$

Càlcul de les quantitats en equilibri

Plantegem l'equilibri:



$$K_c = [\text{èster}] [\text{aigua}] / [\text{àcid}] [\text{alcohol}] \quad (\text{el volum no intervé perquè es simplifica})$$

$$4,0 = [(0,50 + x) (0,50 + x)] / [(0,40 - x) (0,40 - x)]$$

$$4,0 = (0,50 + x)^2 / (0,40 - x)^2$$

$$(4,0)^{1/2} = (0,50 + x) / (0,40 - x)$$

$$0,80 - 2x = 0,50 + x$$

$$\Rightarrow x = 0,10 \text{ mol} \quad \quad \quad [0,1 \text{ punts}]$$

Quantitats en equilibri

$$\begin{aligned} \text{Mols d'àcid} &= 0,40 - x = 0,40 - 0,10 = \mathbf{0,30 \text{ mol}} \\ \text{Mols d'alcohol} &= 0,40 - x = 0,40 - 0,10 = \mathbf{0,30 \text{ mol}} \\ \text{Mols d'èster} &= 0,50 + x = 0,50 + 0,10 = \mathbf{0,60 \text{ mol}} \\ \text{Mols d'aigua} &= 0,50 + x = 0,50 + 0,10 = \mathbf{0,60 \text{ mol}} \end{aligned}$$

[0,2 punts]

Pregunta 3bEstratègia 1: augmentar la pressió**[0,3 punts]**

En una reacció en equilibri amb presència de gasos, **un augment de pressió modifica l'equilibri desplaçant la reacció cap a on hi ha menys mol de gasos**, per restablir un nou equilibri.

En la reacció d'obtenció de l'èster no hi ha **cap reactiu ni producte que sigui gasós**. Per tant, l'equilibri no es modificarà amb un augment de pressió.

Per tant, no aconseguirem millorar el rendiment de la reacció d'obtenció de l'èster.

Estratègia 2: afegir-hi una substància higroscòpica**[0,4 punts]**

La substància higroscòpica faria **disminuir la concentració d'aigua** de la mescla líquida.

En una reacció en equilibri, si disminuïm la concentració d'un producte es modifica l'equilibri **desplaçant la reacció cap a la formació de productes** per restablir un nou equilibri.

Per tant, aconseguirem millorar el rendiment de la reacció d'obtenció de l'èster.

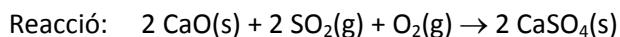
Estratègia 3: afegir-hi més alcohol**[0,3 punts]**

Augmentem la concentració d'alcohol a la mescla.

En una reacció en equilibri, si augmentem la concentració d'un reactiu es modifica l'equilibri **desplaçant la reacció cap a la formació de productes** per restablir un nou equilibri.

Per tant, aconseguirem millorar el rendiment de la reacció d'obtenció de l'èster.

Pregunta 4a



Calculem l'entalpia de la reacció (tal com està ajustada):

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = (\sum n_p \Delta H^\circ_{f, \text{productes}}) - \sum n_r \Delta H^\circ_{f, \text{reactius}} \quad [0,2 \text{ punts}]$$

L'entalpia de formació de l'oxigen, en condicions estàndard, és 0.

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{\text{reacció}} &= [2 \times \Delta H^\circ_{f, \text{sulfat de calci}}] - [(2 \times \Delta H^\circ_{f, \text{òxid de calci}}) + (2 \times \Delta H^\circ_{f, \text{diòxid de sofre}})] \\ \Delta H^\circ_{\text{reacció}} &= [2 \times (-1432,7)] - [(2 \times (-635,1)) + (2 \times (-296,4))] \end{aligned}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = -1002,4 \text{ kJ} \quad [0,3 \text{ punts}]$$

A pressió constant: $Q_p = \Delta H^\circ_{\text{reacció}}$ [0,2 punts]

On: Q_p és la calor a pressió constant.

Calculem la calor alliberada si s'eliminen, cada minut, 447 g de SO_2 :

$$\text{Massa molecular del SO}_2: M = (32) + (2 \times 16) = 64 \text{ g/mol}$$

$$\begin{aligned} (447 \text{ g SO}_2/\text{min}) (1 \text{ mol SO}_2 / 64 \text{ g SO}_2) (-1002,4 \text{ kJ} / 2 \text{ mol SO}_2) = \\ = -3500,6 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$Q_p = -3500,6 \text{ kJ/min}$$

Per tant, s'eliminen 3500,6 kJ/min [0,3 punts]

- Si no apliquen bé la relació estequiomètrica entre la calor de reacció i els mol de SO_2 , s'ha de penalitzar 0,2 punts (sobre 0,3 punts).

Pregunta 4b

Si la reacció es realitza a volum constant: $Q_v = \Delta U$

on: Q_v és la calor a volum constant.

ΔU és la variació d'energia interna de la reacció.

[0,2 punts]

Relació entre l'entalpia i l'energia interna d'una reacció:

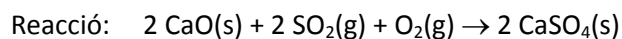
$$H = U + PV$$

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(PV) = \Delta U + (\Delta v) R T \Rightarrow \Delta U = \Delta H - (\Delta v) R T$$

on Δv és la diferència dels coeficients estequiomètrics dels productes i dels reactius gasosos.

Per tant: $Q_v = Q_p - (\Delta v) R T$

[0,3 punts]



$$\Delta v = 0 - (2 + 1) = -3 \text{ (negatiu!)}$$

[0,1 punts]

Dades que tenim:

$$Q_p = \Delta H^\circ (\text{reacció}) = -1002,4 \text{ kJ}$$

$$R = 8,31 \text{ J / (K mol)} = 8,31 \times 10^{-3} \text{ kJ / (K mol)} \text{ (passat a kJ)}$$

$$T = 298 \text{ K}$$

Substituïm les dades en l'equació: $Q_v = Q_p - (\Delta v) R T$

$$Q_v = -1002,4 - [(-3) (8,31 \times 10^{-3}) (298)]$$

$$Q_v = -995,0 \text{ kJ} \Rightarrow \text{S'alliberen } 995,0 \text{ kJ.}$$

Com que $995,0 < 1002,4$, **s'alliberarà menys quantitat de calor a volum constant.**

[0,4 punts]

També podrien fer el raonament **qualitativament**. Q_p és negatiu i $-(\Delta v)RT$ és positiu. Per tant, Q_v és menys negatiu que Q_p i, per tant, s'allibera menys calor a volum constant.

Pregunta 5a

L'espontaneïtat en condicions estàndard depèn de l'energia lliure de la reacció, ΔG° :

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

Reacció: $\text{CH}_3\text{COOH(l)} \rightarrow \text{CH}_4\text{(g)} + \text{CO}_2\text{(g)}$ ΔH° (a 298 K) = 18,10 kJ

Calculem la variació d'entropia de la reacció en condicions estàndard:

$$\begin{aligned} \Delta S^\circ_{\text{reacció}} &= (\sum n_p S^\circ_{\text{productes}}) - (\sum n_r S^\circ_{\text{reactius}}) \\ \Delta S^\circ_{\text{reacció}} &= [(S^\circ_{\text{metà}}) + (S^\circ_{\text{diòxid de carboni}})] - [S^\circ_{\text{àcid acètic}}] \end{aligned} \quad [0,1 \text{ punts}]$$

$$\begin{aligned} \Delta S^\circ_{\text{reacció}} &= [187,9 + 213,7] - [159,8] \\ \Delta S^\circ_{\text{reacció}} &= 241,8 \text{ J K}^{-1} \end{aligned} \quad [0,2 \text{ punts}]$$

Homogeneïtzem les unitats, passant tot a J o kJ, i calculem de la variació d'energia lliure:

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{\text{reacció}} &= 18,10 \text{ kJ} = 18100 \text{ J} \\ \Delta S^\circ_{\text{reacció}} &= 241,8 \text{ J K}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ &= \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ = (18100) - (298) (241,8) \\ \Delta G^\circ &= -53956 \text{ J} = -54,0 \text{ kJ} \end{aligned} \quad [0,3 \text{ punts}]$$

$$\Delta G^\circ < 0 \Rightarrow \text{La reacció és espontània.} \quad [0,2 \text{ punts}]$$

- Si no homogeneïtzem les unitats d'entalpia i entropia, passant-ho tot a J o a kJ, es penalitza 0,3 punts.

Pregunta 5b

En l'eix abscisses d'un espectre de masses **es representa la relació massa/càrrega (m/z)** **[0,2 punts]**

- *Si indiquen "massa" en lloc del quocient "massa/càrrega" es penalitza 0,1 punts.*

Calculem les masses molars o pesos moleculars del tres compostos que intervenen en la reacció:

$$P_m (\text{àcid acètic}) = 60$$

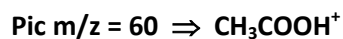
$$P_m (\text{metà}) = 16$$

$$P_m (\text{diòxid de carboni}) = 44$$

Els pics d'un espectre de masses s'interpreten en base a la formació de fragments de la molècula, normalment amb càrrega positiva unitària (+1).

El pic que té una relació m/z més alta, en l'espectre de masses de la figura, té un valor $m/z = 60$. El podem interpretar com el pic molecular de la substància en qüestió. Com que aquest valor és igual a 60, es tracta de l'**àcid acètic**. **[0,3 punts]**

Si tenim en compte la fórmula de la molècula CH_3COOH , i les masses de cada àtom, la massa dels següents ions es correspon als tres pics de més intensitat observats en l'espectre de masses:

**[0,5 punts]**

- *Si no indiquen que aquests "fragments" són ions amb càrrega positiva (X^+) es penalitza 0,1 punts.*

Pregunta 6a

L'equació de velocitat d'una reacció ens indica la relació entre la velocitat i les concentracions de cada reactiu a mesura que avança la reacció:

$$\text{Equació de velocitat: } v = k [A]^m [B]^n \quad [0,2 \text{ punts}]$$

on: k és la constant de velocitat.
 m i n són els ordres de reacció respecte dels reactius A i B, respectivament.

Amb les dades de l'exercici sabem que $m = 1$ i $n = 0$

$$v = k [A]^1 [B]^0 \Rightarrow v = k [A] \quad [0,2 \text{ punts}]$$

Càlcul de la constant de velocitat

Dades: $[A]_0 = 1,6 \times 10^{-2} \text{ M}$
 $[B]_0 = 4,4 \times 10^{-2} \text{ M}$
 $v_0 = 4,1 \times 10^{-4} \text{ M s}^{-1}$

De l'equació de velocitat deduïm que:

$$k = v / [A] \Rightarrow k = 4,1 \times 10^{-4} / 1,6 \times 10^{-2} \\ \Rightarrow k = 2,56 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1} \quad [0,3 \text{ punts}]$$

- Si no indiquen unitats (o són errònies) es penalitza 0,15 punts.
- Considerem correcte el valor que trobi de la constant si l'alumne utilitza l'equació de velocitat que hagi escrit a l'apartat anterior, encara que sigui errònia (per qüestions de coherència).

A mesura que avança la reacció, $[A]$ disminueix (és un reactiu) i, segons l'equació de velocitat, la velocitat disminueix també.

Per tant, quan hagin transcorregut uns minuts d'haver començat la reacció, la velocitat de la reacció haurà disminuït. [0,3 punts]

- És correcte, també, si ho justifiquen a partir d'un altre model cinètic (per qüestions de coherència).

Pregunta 6b

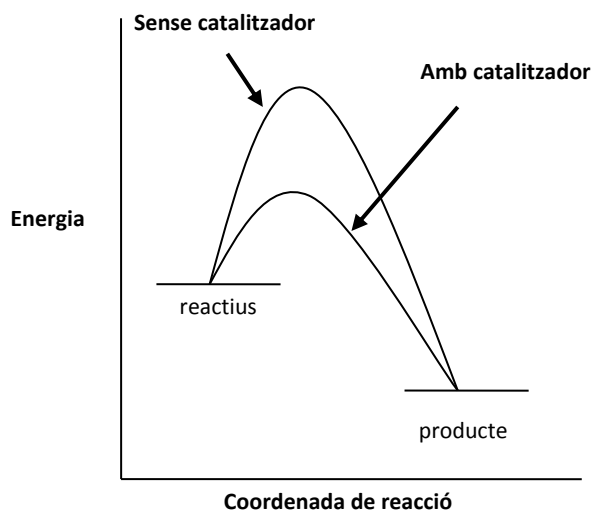
Un **catalitzador** és una substància que posem al recipient reaccional, que **no es consumeix**, però que **augmenta la velocitat de la reacció**. [0,3 punts]

Segons el model de l'estat de transició, una reacció per passar de reactius a productes passa per un estat de transició de més energia que els reactius i els productes. La diferència d'energies entre l'estat de transició i els reactius s'anomena **energia d'activació**. El catalitzador **proporciona un mecanisme alternatiu a la reacció: passa per un altre estat de transició que fa que la reacció tingui una energia d'activació més petita i, per tant, la reacció serà més ràpida (i.e. velocitat més alta)**.

[0,7 punts]

Opcional

En el gràfic l'energia de reactiu pot ser més gran o més petita que la de productes.



Pregunta 7a

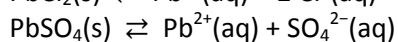
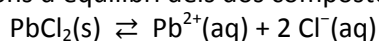
Calculem les concentracions de clorur i de sulfat a l'aigua del riu Llobregat, en M:

$$[\text{Cl}^-] = (298 \text{ mg Cl}^- / \text{L}) (1 \text{ g Cl}^- / 1000 \text{ mg Cl}^-) (1 \text{ mol Cl}^- / 35,5 \text{ g}) = 8,394 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = (207 \text{ mg SO}_4^{2-} / \text{L}) (1 \text{ g SO}_4^{2-} / 1000 \text{ mg SO}_4^{2-}) (1 \text{ mol SO}_4^{2-} / 96 \text{ g SO}_4^{2-}) = 2,156 \times 10^{-3} \text{ M}$$

[0,1 punts]

Reaccions d'equilibri dels dos compostos insolubles:



[0,2 punts]

Plantegem la constant de producte de solubilitat:

$$K_{\text{ps}} (\text{PbCl}_2) = [\text{Pb}^{2+}] [\text{Cl}^-]^2$$

$$K_{\text{ps}} (\text{PbSO}_4) = [\text{Pb}^{2+}] [\text{SO}_4^{2-}]$$

[0,2 punts]

Calculem la concentració de Pb^{2+} necessària perquè comenci a precipitar cada sal:

$$\text{PbCl}_2 \Rightarrow [\text{Pb}^{2+}] = K_{\text{ps}} (\text{PbCl}_2) / [\text{Cl}^-]^2 \Rightarrow [\text{Pb}^{2+}] = 1,6 \times 10^{-5} / (8,394 \times 10^{-3})^2 = 0,227 \text{ M}$$

$$\text{PbSO}_4 \Rightarrow [\text{Pb}^{2+}] = K_{\text{ps}} (\text{PbSO}_4) / [\text{SO}_4^{2-}] \Rightarrow [\text{Pb}^{2+}] = 1,6 \times 10^{-8} / 2,156 \times 10^{-3} = 7,42 \times 10^{-6} \text{ M}$$

[0,3 punts]

El precipitat blanquinós és el PbSO_4 ja que necessitem menys concentració de Pb^{2+} perquè comenci a precipitar aquesta substància.

[0,2 punts]

Pregunta 7b

Formulació: Hidròxid de calci: Ca(OH)_2

[– 0,5 punts si no formulen bé]

Plantegem l'equilibri de solubilitat de l'hidròxid de calci:



Escrivim la constant de producte de solubilitat:

$$K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}] [\text{OH}^{-}]^2 \quad [0,2 \text{ punts}]$$

Calculem la concentració d'ions hidròxid a partir del pH:

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log [\text{H}_3\text{O}^{+}] \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^{+}] = 10^{-\text{pH}} \\ \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^{+}] &= 10^{-12,6} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^{+}] = 2,51 \times 10^{-13} \text{ M} \end{aligned} \quad [0,1 \text{ punts}]$$

A partir de la constant d'ionització de l'aigua (K_w) tenim:

$$\begin{aligned} K_w &= [\text{H}_3\text{O}^{+}] [\text{OH}^{-}] \Rightarrow [\text{OH}^{-}] = K_w / [\text{H}_3\text{O}^{+}] \\ \Rightarrow [\text{OH}^{-}] &= 1,00 \times 10^{-14} / 2,51 \times 10^{-13} \\ \Rightarrow [\text{OH}^{-}] &= 3,98 \times 10^{-2} \text{ M} \end{aligned} \quad [0,2 \text{ punts}]$$

- És correcte si ho calculen a partir del pOH ($\text{pOH} = 14 - \text{pH}$).

Calculem la concentració de calci a l'aigua del riu Llobregat, en M:

$$\begin{aligned} [\text{Ca}^{2+}] &= (128 \text{ mg Ca}^{2+} / 1 \text{ L}) (1 \text{ g Ca}^{2+} / 1000 \text{ mg Ca}^{2+}) (1 \text{ mol Ca}^{2+} / 40,0 \text{ g}) = \\ &= 3,2 \times 10^{-3} \text{ M} \end{aligned} \quad [0,1 \text{ punts}]$$

Calculem la constant de producte de solubilitat de l'hidròxid de calci:

$$\begin{aligned} K_{ps} &= [\text{Ca}^{2+}] [\text{OH}^{-}]^2 = (3,2 \times 10^{-3}) (3,98 \times 10^{-2})^2 \\ K_{ps} &= 5,07 \times 10^{-6} \end{aligned} \quad [0,2 \text{ punts}]$$

- Si indiquen la K_{ps} amb unitats es penalitza 0,1 punts.