



SÈRIE 1

1. L'alumnat ha de respondre **quatre** preguntes escollides lliurement d'entre les set possibles. Cada pregunta val sempre 2,5 punts i la puntuació màxima de l'examen és 10. **En el cas que l'alumnat hagi respost més de quatre preguntes, el professorat corrector només valorarà les quatre primeres preguntes que hagin estat respostes.**
2. Cada pregunta consta de dos apartats (a i b) i cada apartat val sempre 1,25 punts. **Quan la resposta a un apartat és incompleta, aquesta pauta indica la puntuació que cal sumar d'acord als passos que l'alumnat ha fet bé.**
3. **Un error no s'ha de penalitzar dues o més vegades en la mateixa pregunta.** 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.
4. **No és obligatori que l'alumnat hagi seguit estrictament els passos que s'indiquen en aquesta pauta.** L'alumnat pot arribar a la resposta final mitjançant altres raonaments o processos.



PREGUNTA 1a

Formulació

carbonat de calci CaCO_3

carbonat de magnesi MgCO_3

Solubilitat màxima

Les equacions de solubilitat es poden escriure:

$$K_{ps}(\text{CaCO}_3) = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = 4,50 \times 10^{-9}$$

$$K_{ps}(\text{MgCO}_3) = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = 3,50 \times 10^{-8}$$

[0,2 p]

Per als dos metalls i donada l'estequiometria 1:1 d'ambdues sals, l'equació de solubilitat es pot simplificar:

$$K_{ps} = S \cdot S$$

La solubilitat del metall (S) es pot calcular:

$$S = (K_{ps})^{1/2}$$

$$S(\text{Ca}^{2+}, \text{CaCO}_3) = (4,5 \times 10^{-9})^{1/2} = 6,71 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$S(\text{Mg}^{2+}, \text{MgCO}_3) = (3,5 \times 10^{-8})^{1/2} = 1,87 \times 10^{-4} \text{ M}$$

[0,4 p]

Precipitació

La concentració molar de carbonat:

$$11,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ CO}_3^{2-} \times (1 \text{ g} / 10^3 \text{ mg}) \times (1 \text{ mol CO}_3^{2-} / 60 \text{ g CO}_3^{2-}) = 1,92 \times 10^{-4} \text{ M CO}_3^{2-}$$

La solubilitat (M) de cada metall amb aquesta concentració de carbonat:

$$[\text{Ca}^{2+}] = K_{ps}(\text{CaCO}_3) / 1,92 \times 10^{-4} = 2,34 \times 10^{-5} \text{ M Ca}^{2+}$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = K_{ps}(\text{MgCO}_3) / 1,92 \times 10^{-4} = 1,82 \times 10^{-4} \text{ M Mg}^{2+}$$

[0,3 p]

La solubilitat (mg/L) de cada metall:

$$[\text{Ca}^{2+}] = 2,34 \times 10^{-5} \text{ mols/L Ca}^{2+} \times (40,1 \text{ g} / 1 \text{ mol}) \times (10^3 \text{ mg} / 1 \text{ g}) = 0,94 \text{ mg/L Ca}^{2+}$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = 1,82 \times 10^{-4} \text{ mols/L Mg}^{2+} \times (24,3 \text{ g} / 1 \text{ mol}) \times (10^3 \text{ mg} / 1 \text{ g}) = 4,44 \text{ mg/L Mg}^{2+}$$

[0,25 p]

Quan la concentració de carbonat és 11,5 mg/L:

- A concentracions de calci superiors a 0,94 mg/L, el carbonat de calci precipita.

- A concentracions de magnesi superiors a 4,44 mg/L, el carbonat de magnesi precipita.

[0,1 p]

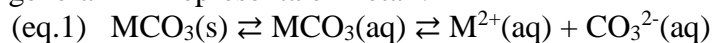


PREGUNTA 1b

Determinar l'efecte de la disminució de pH

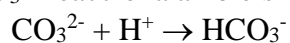
Els ions involucrats en els equilibris de solubilitat són: Ca^{2+} , Mg^{2+} , CO_3^{2-} .

En general M^{2+} representa el metall:



Una disminució del pH del medi és conseqüència d'un augment de la concentració de H^+ .
 Ca^{2+} , Mg^{2+} no tenen propietats bàsiques per poder reaccionar amb els H^+ .

CO_3^{2-} reacciona amb els H^+ :



També és vàlid: $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$

Una disminució del pH comportarà que els H^+ reaccionin amb els CO_3^{2-} , que són els productes de l'equilibri 1 (eq.1), en conseqüència l'equilibri es desplaçarà cap a la dreta i, per tant, disminuiran els reactius $\text{MCO}_3(\text{s})$. **[0,85 p]**

Afegir vinagre equival a posar en contacte els carbonats de calci i magnesi amb una dissolució aquosa d'àcid acètic, que estarà en equilibri amb una certa quantitat de H^+ . Aquesta mesura és adequada atès que el vinagre dissol els carbonats.

[0,4 p]



PREGUNTA 2a

Configuracions electròniques, energia d'ionització i afinitat electrònica

El nombre atòmic Z indica el nombre de protons d'un element. Per a un àtom en el seu estat fonamental, càrrega zero, Z també equival al nombre d'electrons.

Les configuracions electròniques són:

fluor ($Z=9$, 9 electrons) $1s^2 2s^2 2p^5$

neó ($Z=10$, 10 electrons) $1s^2 2s^2 2p^6$

sodi ($Z=11$, 11 electrons) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

[0,25 p]

L'energia d'ionització és la quantitat d'energia que un àtom en estat gasós ha d'absorbir perquè es desprengui un electró. En condicions normals, un àtom mai desprèn energia de forma espontània, per tant, és una magnitud amb **signe positiu**:

fluor: l'elevada càrrega nuclear efectiva dels 9 protons del nucli realitza una forta atracció dels electrons. Els electrons de l'orbital atòmic $2p$ es troben relativament a prop del nucli. Cal aportar molta energia per arrencar un electró de l'orbital atòmic $2p$ que es troba gairebé ple.

neó: l'àtom té una configuració electrònica molt estable amb els orbitals $2s$ i $2p$ plens. A més, l'augment d'un protó al nucli incrementa la càrrega nuclear efectiva. Per tant, comparat amb el fluor, cal aportar encara més energia per arrencar un electró de l'orbital atòmic $2p$.

sodi: l'únic electró de l'orbital atòmic $3s$ es troba més lluny del nucli, que no pas els del $2p$. En arrencar un electró, l'ió resultant tindrà la mateixa i molt estable configuració electrònica del neó. Cal aportat poca energia per arrencar un electró de l'orbital atòmic $3p$, més llunyà del nucli.

[0,5 p]

L'afinitat electrònica és el canvi d'energia que es produeix quan un àtom en estat gasós capta un electró. En funció de les característiques de l'àtom, en captar un electró es pot guanyar o perdre energia:

fluor: quan l'àtom capta un electró, l'ió resultant és l'anió fluorur amb la mateixa i molt estable configuració electrònica del neó. Per tant, l'energia despesa serà de magnitud gran en valor absolut.

neó: l'àtom només té orbitals atòmics $1s$, $2s$ i $2p$, els quals estan totalment plens. Per tant, li costarà molt captar un electró per formar l'anió corresponent.

sodi: l'àtom té un orbital $3s$ semiplè que pot encabir un electró més. Ara bé, l'anió resultant tindrà un excés de càrregues negatives relativament lluny del nucli, fet que és energèticament desfavorable. Per tant, l'energia aportada serà de magnitud moderada en valor absolut.

[0,5 p]



PREGUNTA 2b

Ió més estable i radi iònic

El ió més estable que es forma d'un àtom elemental depèn de les configuracions electròniques abans i després de captar o perdre un o més electrons:

fluor: l'àtom necessita **captar** un electró per aconseguir la configuració electrònica de gas noble. L'anió **fluorur F^-** té el mateix nombre d'electrons que el neó.

neó: l'àtom és molt estable i li costarà molt formar un ió donada la seva configuració electrònica amb tots els orbitals atòmics plens.

sodi: l'àtom necessita **perdre** un electró per aconseguir la configuració electrònica de gas noble. El **catió Na^+** té el mateix nombre d'electrons que el neó.

[0,65 p]

El radi iònic d'un àtom ionitzat és la distància entre el nucli i l'electró més llunyà. Depèn de la relació entre nombre de protons i electrons. L'ió tindrà un radi menor com major sigui la càrrega nuclear efectiva.

anió fluorur: l'anió té 9 protons i 10 electrons. Hi ha un excés de càrregues negatives que es repelen entre sí.

catió sodi: el catió té 11 protons i 10 electrons. Hi ha un excés de càrregues positives que atrauen més fortament els electrons.

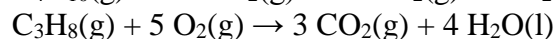
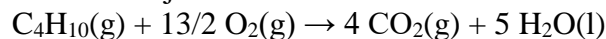
En conseqüència, **el radi iònic del catió sodi és inferior al de l'anió fluorur.**

[0,6 p]



PREGUNTA 3a

Reaccions ajustades:



[0,25 p]

Determinar l'entalpia de combustió estàndard

Entalpia de la reacció de combustió:

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = (\sum n_p \Delta H^\circ_{\text{f, productes}}) - (\sum n_r \Delta H^\circ_{\text{f, reactius}})$$

Butà:

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = [4 \times \Delta H^\circ_{\text{f}}(\text{CO}_2) + 5 \times \Delta H^\circ_{\text{f}}(\text{H}_2\text{O})] - [(1 \times \Delta H^\circ_{\text{f}}(\text{C}_4\text{H}_{10}))]$$

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = [4 \times -393,5 + 5 \times -285,8] - [(1 \times -126,2)] = -2876,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ C}_4\text{H}_{10}$$

[0,5 p]

Propà:

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = [3 \times \Delta H^\circ_{\text{f}}(\text{CO}_2) + 4 \times \Delta H^\circ_{\text{f}}(\text{H}_2\text{O})] - [(1 \times \Delta H^\circ_{\text{f}}(\text{C}_3\text{H}_8))]$$

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = [3 \times -393,5 + 4 \times -285,8] - [(1 \times -103,8)] = -2219,9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ C}_3\text{H}_8$$

[0,5 p]

PREGUNTA 3b

Efecte hivernacle

Quin combustible genera més mols de CO₂ per quantitat de calor alliberada:

Butà:

Calor a pressió constant per mol de CO₂ = -2876,8 kJ / 4 mols de CO₂ = -719,2 kJ·mol⁻¹ de CO₂

L'invers del valor anterior representa el nombre de mols de CO₂ per quantitat de calor alliberada:

$$(719,2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ de CO}_2)^{-1} = 1,39 \times 10^{-3} \text{ mol de CO}_2 \cdot \text{kJ}^{-1}$$

Propà:

Calor a pressió constant per mol de CO₂ = -2219,9 kJ / 3 mols de CO₂ = -740,0 kJ·mol⁻¹ de CO₂

El nombre de mols de CO₂ per quantitat de calor alliberada:

$$(740,0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ de CO}_2)^{-1} = 1,35 \times 10^{-3} \text{ mol de CO}_2 \cdot \text{kJ}^{-1}$$

[0,5 p]

El butà allibera més mols de CO₂ per quantitat de calor alliberada, per tant, el butà contribueix més a l'augment de l'efecte hivernacle.

[0,75 p]



PREGUNTA 4a

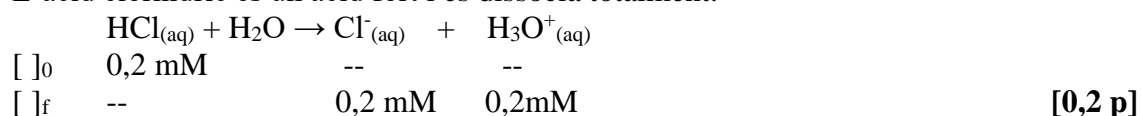
Formulació

àcid clorhídric HCl

àcid acètic CH₃COOH

Determinació pH i concentració àcid acètic

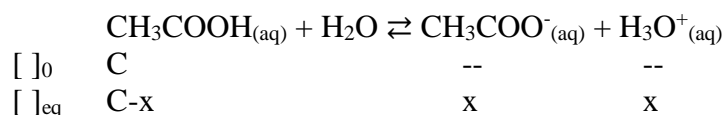
L'àcid clorhídric és un àcid fort i es dissocia totalment:



Per calcular el pH = -log [H₃O⁺] = - log (2×10⁻⁴ M) = 3,7

El pH de les dues dissolucions és 3,7. [0,3 p]

L'àcid acètic és un àcid feble:



Si tenen el mateix pH, tindran la mateixa [H₃O⁺] = 0,2 mM = 2×10⁻⁴ M = x [0,3 p]

$$K_a = [\text{CH}_3\text{COO}^{-}] \times [\text{H}_3\text{O}^{+}] / [\text{CH}_3\text{COOH}] \rightarrow 1,8 \times 10^{-5} = x^2 / (C-x)$$

Substituït x i aïllant C:

$$C = [\text{CH}_3\text{COOH}] = 2,42 \times 10^{-3} \text{ M} \quad [0,45 \text{ p}]$$

No es pot menysprear x davant de C atès que ambdues magnituds són d'ordre similar (aproximadament 1/10). Si es comet aquest error, el càlcul de C es considerarà incorrecte.



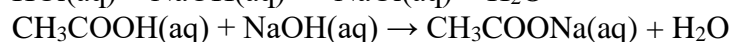
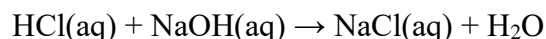
PREGUNTA 4b

Formulació.

hidròxid sòdic NaOH

Valoracions dels àcids amb hidròxid de sodi

Reaccions de neutralització:



[0,25 p]

pH dels punts d'equivalència:

HCl+NaOH:

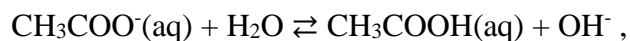
Al punt d'equivalència només hi ha NaCl en dissolució, que es una sal que es dissocia en $\text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{Na}^+(\text{aq})$. El Cl^- és un ió que prové d'un àcid fort i, per tant, no farà hidròlisi. El Na^+ prové d'una base forta i no farà hidròlisi, per tant **el pH del punt d'equivalència serà neutre.**

[0,5 p]

CH₃COOH+NaOH:

Al punt d'equivalència només hi ha CH₃COONa en dissolució, que es dissociarà en $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{Na}^+(\text{aq})$.

El $\text{Na}^+(\text{aq})$ no farà hidròlisi. El $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$ és una base conjugada que prové d'un àcid feble i farà hidròlisi:



per tant, **el pH en el punt d'equivalència serà bàsic.**

[0,5 p]



PREGUNTA 5a

Reacció ajustada: $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g})$

Relació entre K_c i K_p , càlcul de K_p

Quan en una reacció en equilibri totes les espècies que intervenen són gasos és habitual utilitzar la constant K_p , en funció de les pressions parcials dels gasos, en lloc de la K_c , en funció de les concentracions.

La K_p i la K_c estan relacionades per la següent expressió:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

R = constant universal dels gasos ideals

T = temperatura en K

Δn = increment del nombre de **mols de gasos** al passar de reactius a productes

[0,6 p]

$$K_c = 4,0 \times 10^4$$

$$\Delta n = 2 \text{ mols NO} - 1 \text{ mol N}_2 - 1 \text{ mol O}_2 = 0$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} = 4,0 \times 10^4 (RT)^0 = 4,0 \times 10^4 \times 1 = 4,0 \times 10^4$$

$$K_p = 4,0 \times 10^4$$

[0,65 p]

PREGUNTA 5b

Càlcul pressions parcials

A l'equilibri: $P_{\text{NO}} = 0,2 \text{ atm}$; $P_{\text{N}_2} = P_{\text{O}_2} = x$

$$K_p = \frac{(P_{\text{NO}})^2}{P_{\text{N}_2} P_{\text{O}_2}} ; \quad 4 \times 10^4 = \frac{(0,2 \text{ atm})^2}{x^2} ; \quad x^2 = \frac{(0,2 \text{ atm})^2}{4 \times 10^4}$$

$$x = 10^{-3} \text{ atm}$$

$$P_{\text{N}_2} = P_{\text{O}_2} = 10^{-3} \text{ atm}$$

[0,75 p]

Efecte de la pressió en la formació de monòxid

El nombre de mols de gasos és igual a reactius i productes. $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g})$

Una variació de la pressió no modificarà el desplaçament de l'equilibri, per tant, no afavorirà la formació del NO.

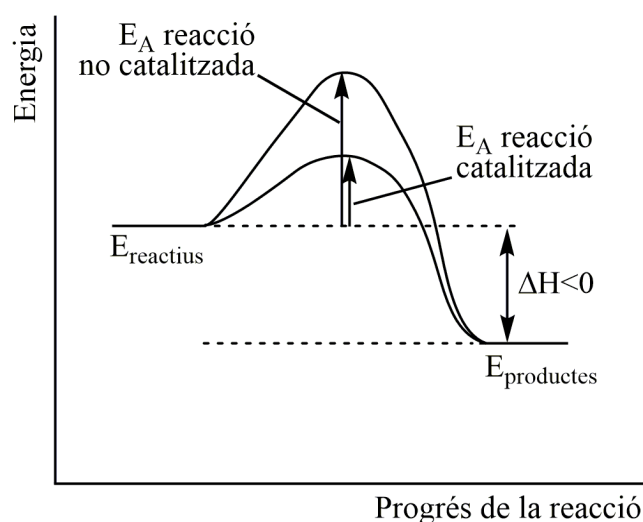
[0,5 p]



PREGUNTA 6a

Diagrama energètic i variació d'entalpia

Diagrama energètic:



[0,75 p]

La catàlisi de la reacció no influeix en la variació d'entalpia. L'energia de reactius i productes és la mateixa amb o sense catalitzador.

[0,5 p]

PREGUNTA 6b

Descripcions d'acord al model de l'estat de transició

Quan les molècules dels reactius s'aproximen, experimenten una deformació que, en el xoc, origina un estat intermedi d'alta energia i curta durada anomenat *estat de transició*. L'energia addicional que han d'absorbir les molècules dels reactius perquè en xocar formin l'estat de transició és l'energia d'activació.

[0,5 p]

L'energia d'activació E_A de la reacció catalitzada és menor que per a la no catalitzada.

[0,35 p]

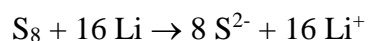
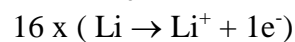
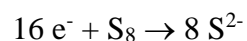
L'augment de temperatura fa que un percentatge més alt de molècules tinguin $E > E_A$ i puguin superar la barrera energètica per passar a productes, per tant, la reacció és més ràpida.

[0,4 p]



PREGUNTA 7a

Semireaccions, reaccions, elèctrodes i potencial sofre



[0,3 p]

Sofre: càtode, polaritat +

Liti: ànode, polaritat –

[0,4 p]

$$E^\circ_{\text{pila}} = E^\circ_{\text{càtode}} - E^\circ_{\text{ànode}}$$

$$2,23 = E^\circ_{\text{càtode}} - (-3,05)$$

$$E^\circ_{\text{càtode}} = -0,82 \text{ V}$$

[0,55 p]

PREGUNTA 7b

Grams de liti per a 10 h de descàrrega d'una pila

10 hores = 36000 segons

$$I = q / t ; 0,5 \text{ A} = q / 36000 \text{ s} ; q = 18000 \text{ C}$$

[0,5 p]

$$18000 \text{ C} \times (1 \text{ mol } e^- / 96500 \text{ C}) \times (1 \text{ mol Li} / 1 \text{ mol } e^-) \times (6,94 \text{ g} / 1 \text{ mol Li}) = \mathbf{1,29 \text{ g Li}}$$

[0,75 p]



SÈRIE 3

5. L'alumnat ha de respondre **quatre** preguntes escollides lliurement d'entre les set possibles. Cada pregunta val sempre 2,5 punts i la puntuació màxima de l'examen és 10. **En el cas que l'alumnat hagi respost més de quatre preguntes, el professorat corrector només valorarà les quatre primeres preguntes que hagin estat respostes.**
6. Cada pregunta consta de dos apartats (a i b) i cada apartat val sempre 1,25 punts. **Quan la resposta a un apartat és incompleta, aquesta pauta indica la puntuació que cal sumar d'acord als passos que l'alumnat ha fet bé.**
7. **Un error no s'ha de penalitzar dues o més vegades en la mateixa pregunta.** 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.
8. **No és obligatori que l'alumnat hagi seguit estrictament els passos que s'indiquen en aquesta pauta.** L'alumnat pot arribar a la resposta final mitjançant altres raonaments o processos



PREGUNTA 1a

Formulació.

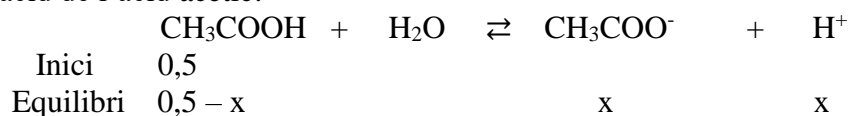
Àcid acètic CH_3COOH

Concentració molar àcid acètic en vinagre:

$(30 \text{ g àcid acètic} / 1 \text{ L vinagre}) \times (1 \text{ mol àcid acètic} / 60 \text{ grams àcid acètic}) = 0,5 \text{ M}$

[0,25 p]

Equilibri àcid de l'àcid acètic:



$$K_a = [\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}^+] / [\text{CH}_3\text{COOH}]$$

[0,2 p]

Càlcul concentració de protons i pH:

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

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

$$x = (1,8 \times 10^{-5} \cdot 0,5)^{1/2} = 2,99 \times 10^{-3}$$

$$[\text{H}^+] = 2,99 \times 10^{-3} \text{ M}$$

[0,4 p]

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log (2,99 \times 10^{-3})$$

$$\text{pH} = 2,52$$

[0,4 p]

Si l'equació 1 no es simplifica, cal resoldre una equació de 2on grau que dona com a resultat la mateixa concentració de protons.

El càlcul de la concentració de protons també es pot fer a partir de l'equació de Charlot simplificada, també en la seva forma logarítmica.

$$[\text{H}^+] = (K_a \cdot C_a)^{1/2} ; \text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_a - C_a) ; \text{on } C_a \text{ és la concentració d'àcid feble}$$



PREGUNTA 1b

Càlcul concentració molar àcid acètic en vinagre:

3 % en pes correspon a 3 grams d'àcid acètic en 100 g de vinagre. La densitat del vinagre és 1 g/mL, per tant, la concentració és de 3 g d'àcid en 100 mL vinagre.

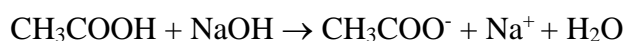
[0,25 p]

$(3 \text{ g àcid acètic} / 100 \text{ mL vinagre}) \times (10^3 \text{ mL} / 1 \text{ L}) \times (1 \text{ mol àcid acètic} / 60 \text{ grams àc.acètic})$
 $= 0,5 \text{ M}$

[0,2 p]

La mostra a valorar són 10 mL de vinagre d'una concentració d'àcid acètic 0,5 M.

L'àcid acètic és un àcid monopròtic que reacciona estequiomètricament amb l'hidròxid de sodi.



[0,4 p]

La concentració de l'hidròxid de sodi és també 0,5 M.

Volum àcid x Concentració àcid = Volum base x Concentració base

$10 \text{ mL} \times 0,5 \text{ M} = \text{Volum base} \times 0,5 \text{ M} \rightarrow \text{Volum base} = 10 \text{ mL}$

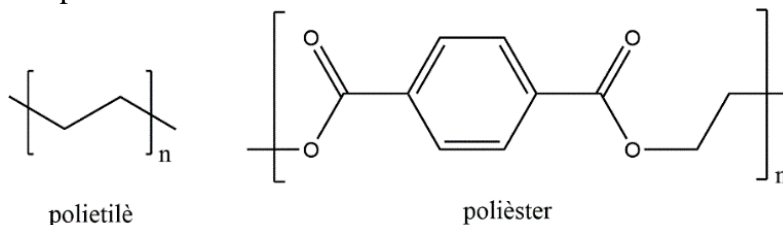
Necessitem 10 mL d'hidròxid de sodi 0,5 M per valorar els 10 mL de vinagre.

[0,4 p]



PREGUNTA 2a

Estructures dels dos polímers:



El polietilè conté dos grups metilè ($-\text{CH}_2-$) en cada unitat polimèrica.

El polièster conté, entre d'altres, dos grups èster ($-\text{COO}-$) en cada unitat polimèrica.

Fonaments de la tècnica espectroscòpica d'infraroig

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.

[0,3 p]

Identificació del polímer

Dades espectroscòpiques a la regió de l'infraroig:

Enllaç	Tipus de compost	Interval de nombre d'ona (cm^{-1})
C – H	alcans ($\text{C}-\text{C}-\text{H}$)	2970–2850
	alquens ($\text{C}=\text{C}-\text{H}$)	3095–3010
C – O	alcohols, èters, àcids carboxílics, èsters	1300–1050
C = O	aldehids, cetones, àcids carboxílics, èsters	1760–1690

El polietilè només presenta enllaços C–H d'alcans caracteritzables mitjançant els pics de l'interval 2970–2850 cm^{-1} .

[0,3 p]

El poliestirè presenta enllaços C–O i C=O del grup èster caracteritzables mitjançant els pics dels intervals 1300–1050 i 1760–1690 cm^{-1} .

[0,3 p]

L'espectre no presenta cap pic assignable a enllaços èster, per tant el polímer només pot ser de polietilè.

[0,35 p]



PREGUNTA 2b

$$\text{Longitud d'ona} = (\text{nombre d'ona})^{-1}$$

$$\text{Freqüència} = \text{velocitat de la llum} / \text{longitud d'ona} = \text{velocitat de la llum} \times \text{nombre d'ona}$$

$$\text{Energia} = \text{constant de Planck} \times \text{freqüència}$$

De les anteriors equacions deduïm que:

- l'energia és directament proporcional a la freqüència
- la freqüència és directament proporcional al nombre d'ona.
- el pic de major energia de l'espectre B és aquell amb major nombre d'ona, és a dir **2915 cm⁻¹**
[0,2 p]

Càlcul de longitud d'ona

$$\text{Longitud d'ona (nm)} = 10^7 / \text{nombre d'ona (cm}^{-1}) = 10^7 / 2915 \text{ cm}^{-1} = \mathbf{3430 \text{ nm}} \text{ (} 3,430 \cdot 10^{-6} \text{ m)}$$

[0,35 p]

Càlcul de freqüència

$$\text{Freqüència (s}^{-1}) = \text{velocitat de la llum (m} \cdot \text{s}^{-1}) \times \text{nombre d'ona (m}^{-1})$$

$$v = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \times 291500 \text{ m}^{-1} = \mathbf{8,75 \times 10^{13} \text{ s}^{-1} \text{ (Hz)}}$$

O bé,

$$\text{Freqüència (s}^{-1}) = \text{velocitat de la llum (m} \cdot \text{s}^{-1}) / \text{longitud d'ona (m)}$$

$$v = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} / 3,430 \times 10^{-6} \text{ m} = \mathbf{8,75 \times 10^{13} \text{ s}^{-1} \text{ (Hz)}}$$

[0,35 p]

Càlcul d'energia

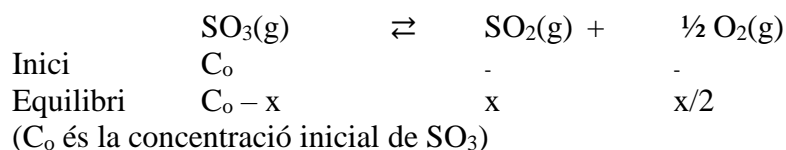
$$\text{Energia (J)} = \text{constant de Planck (J} \cdot \text{s)} \times \text{freqüència (s}^{-1})$$

$$E = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 8,75 \times 10^{13} \text{ s}^{-1} = \mathbf{5,80 \times 10^{-20} \text{ J}}$$

[0,35 p]



PREGUNTA 3a



$$K_c = [\text{SO}_2] \cdot [\text{O}_2]^{1/2} / [\text{SO}_3] = (x \cdot (x/2)^{1/2}) / (C_0 - x) = 0,47$$

[0,25 p]

A l'equilibri hi ha 2 mols d' O_2 en un volum de 0,8 L.

La concentració molar d' O_2 a l'equilibri és:

$$2 \text{ mols} / 0,8 \text{ L} = 2,5 \text{ mols} \cdot \text{L}^{-1}$$

[0,2 p]

Calculem x:

$$x/2 = 2,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \rightarrow x = 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Recuperem l'expressió de K_c i substituïm els valor de K_c i x:

$$K_c = (5 \cdot (5/2)^{1/2}) / (C_0 - 5) = 0,47$$

$$\text{Aïllem } C_0 = 21,82 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

[0,4 p]

Calculem la concentració de totes les espècies a l'equilibri:

$$[\text{SO}_3] = C_0 - x = (21,82 - 5) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = \mathbf{16,82 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$

$$[\text{SO}_2] = x = \mathbf{5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$

$$[\text{O}_2] = \mathbf{2,5 \text{ mols} \cdot \text{L}^{-1}}$$

[0,4 p]

PREGUNTA 3b

Mantenir el SO_3 dissociat significa desplaçar l'equilibri cap a la dreta per a la formació de productes. Com la reacció és endotèrmica ($\Delta H^\circ > 0$), a l'absorbir calor l'equilibri es desplaçarà cap a la formació de productes. Per tant, mantenir el recipient a altes temperatures afavorirà la dissociació del SO_3 .

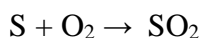
[0,6 p]

Als productes hi ha més mols de gasos que als reactius. Convé treballar a baixa pressió per desplaçar l'equilibri cap a la dreta per a la formació de productes.

[0,65 p]



PREGUNTA 4a



[0,25 p]

El 25% de 400 g de sofre = 100 g de sofre

$$(100 \text{ g S} / 2000 \text{ L aigua}) \times (1 \text{ mol S} / 32,1 \text{ g S}) \times (1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 / 1 \text{ mol S}) = 1,557 \times 10^{-3} \text{ M H}_2\text{SO}_4$$

[0,5 p]

$$(1,557 \times 10^{-3} \text{ mols H}_2\text{SO}_4 / \text{L}) \times (98,1 \text{ g H}_2\text{SO}_4 / 1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4) = 0,153 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$$

[0,5 p]

PREGUNTA 4b

$$0,25 \text{ L dissolució} \times (80 \text{ g H}_2\text{SO}_4 / 1 \text{ L dissolució}) \times (100 \text{ g àcid concentrat} / 96 \text{ g H}_2\text{SO}_4) \times (1 \text{ mL àcid concentrat} / 1,84 \text{ g àcid concentrat}) = 11,3 \text{ mL d'àcid sulfúric concentrat per a diluir fins a 250 mL.}$$

[0,75 p]

- Ulleres, guants i bata de seguretat
- Campana extractora de gasos
- Pipeta graduada 15 o 20 mL
- Pera d'aspiració
- Matràs aforat 250 mL i tap
- Aigua destil·lada

[0,25 p]

1-És necessari manipular l'àcid sulfúric amb les màximes garanties de seguretat en una campana extractora de gasos i els elements de protecció necessaris (ulleres, guants i bata).

2-Abocarem una petita quantitat d'aigua (25-50 mL) dins del matràs aforat.

3-Pipetejarem el volum d'àcid amb la pipeta i la pera i l'abocarem dins del matràs.

4-Acabarem d'omplir el matràs amb aigua fins la marca d'aforament.

5-Taparem el matràs i agitarem per homogeneïtzar la dissolució.

És important el pas 2 ABANS del 4. L'àcid concentrat és més dens que l'aigua. A l'afegir el volum d'àcid concentrat sobre l'aigua, l'àcid cau al fons del matràs i es dilueix immediatament. La dilució és exotèrmica. L'addició d'aigua sobre àcid concentrat genera una quantitat de calor superficial no controlada que provoca esquitxades.

[0,25 p]



PREGUNTA 5a

Reacció ajustada: $2 \text{B}_5\text{H}_9(\text{l}) + 12 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 5 \text{B}_2\text{O}_3(\text{s}) + 9 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ [0,25 p]

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = \sum n_p \cdot \Delta H^\circ_{\text{productes}} - \sum n_p \cdot \Delta H^\circ_{\text{reactius}}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = 5 \text{ mol} (-1273,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + 9 \text{ mol} (-285,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - 2 \text{ mol} (+73,2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) =$$

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = -9086,1 \text{ kJ (per 2 mols de B}_5\text{H}_9) = -4543,05 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ B}_5\text{H}_9$$
 [0,5 p]

La variació d'entalpia a pressió constant és: $\Delta H = Q_P$

Calor alliberada a pressió constant Q_P :

$$Q_P = 1 \text{ g B}_5\text{H}_9 \times (1 \text{ mol B}_5\text{H}_9 / 63 \text{ g B}_5\text{H}_9) \times (-9086,1 \text{ kJ} / 2 \text{ mols de B}_5\text{H}_9) = -72,11 \text{ kJ}$$
 [0,5 p]

PREGUNTA 5b

Reacció ajustada: $\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l}) + 25/2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 8 \text{CO}_2(\text{g}) + 9 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ [0,25 p]

La variació d'energia interna del sistema és la suma del calor a pressió constant i el treball:

$$\Delta U = Q_P + W$$

La variació d'entalpia a pressió constant és: $\Delta H = Q_P$

La variació d'energia interna a volum constant és $\Delta U = Q_V$

El treball és: $W = -\Delta nRT$

Reorganitzant les equacions anteriors: $Q_V = \Delta H - \Delta nRT$ [0,4 p]

$$Q_V = \Delta H - \Delta nRT = -5512 \text{ kJ} - (8 - 25/2) \cdot 8,31 \times 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K} =$$

$$Q_V = -5500,9 \text{ kJ per 1 mol d'octà}$$

L'energia obtinguda en la combustió de 1 g és:

$$1 \text{ g octà} \times (1 \text{ mol octà} / 114 \text{ g octà}) \times (-5500,9 \text{ kJ} / 1 \text{ mol octà}) = -48,25 \text{ kJ}$$
 [0,6 p]



PREGUNTA 6a

La reacció igualada és: $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_3\text{SH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

Per a que la reacció sigui espontània: $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ < 0$ [0,3 p]

Calculem $\Delta H^\circ = \sum n_p \Delta H^\circ_{\text{productes}} - \sum n_r \Delta H^\circ_{\text{reactius}} = [(-228,6) + (-22,9)] - [(-20,6) + (-201,0)] = -29,9 \text{ KJ}$ [0,3 p]

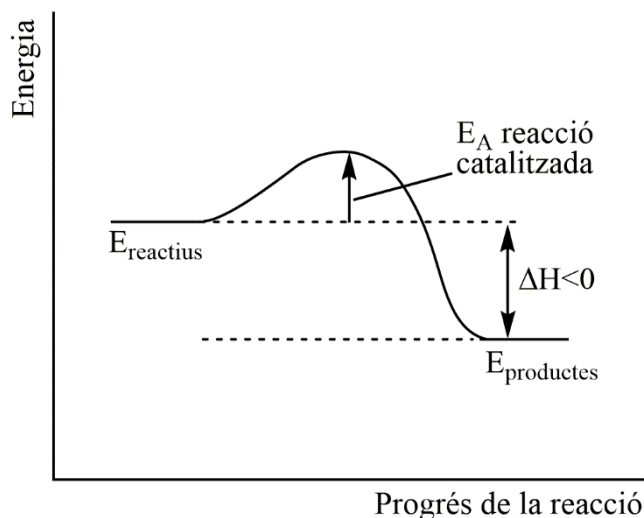
Calculem $\Delta S^\circ = \sum n_p S^\circ_{\text{productes}} - \sum n_r S^\circ_{\text{reactius}} = (188,8 + 255,2) - (239,9 + 205,8) = -1,7 \text{ J K}^{-1} = -1,7 \cdot 10^{-3} \text{ kJ K}^{-1}$ [0,3 p]

Calculem $\Delta G^\circ = -29,9 - 673 (-1,7 \cdot 10^{-3}) = -28,8 \text{ kJ} < 0$

La reacció serà espontània a 673 K. [0,35 p]

PREGUNTA 6b

Diagrama d'energies de la reacció:



[0,35 p]

El catalitzador disminueix l'energia d'activació de la reacció i per tant hi haurà més molècules que aconseguixen aquesta energia i augmentarà la velocitat de la reacció. [0,45 p]

L'entalpia de la reacció és la diferència entre l'energia dels productes i la dels reactius. Per tant el catalitzador no modificarà l'entalpia de la reacció. [0,45 p]



PREGUNTA 7a

Formulació.

sulfat de coure (II) CuSO_4 ; sulfat de zinc (II) ZnSO_4

Càlcul de la força electromotriu de la pila

Perquè la pila sigui possible, la reacció redox que es produeix ha de ser espontània, i cal que la força electromotriu de la pila sigui positiva, és a dir:

$$E^0 = E^0(\text{càtode}) - E^0(\text{ànode}) > 0 \quad [0,35 \text{ p}]$$

En aquest cas haurà de ser

$\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$ el procés de reducció (càtode)

i

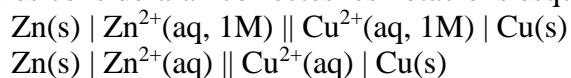
$\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}$ el procés d'oxidació (ànode):

$$\begin{aligned} E^0 &= E^0(\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}) - E^0(\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}) \\ E^0 &= 0,34 - (-0,76) = 1,10 \text{ V} > 0 \end{aligned} \quad [0,5 \text{ p}]$$

Notació esquemàtica de la pila



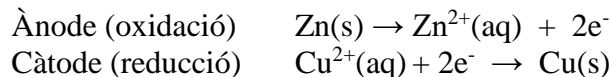
També es consideraran correctes les notacions esquemàtiques següents:



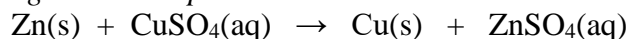


PREGUNTA 7b

Semireaccions ànode i càtode



Reacció global de la pila:



[0,6 p]

Procediment experimental de construcció d'una pila:

Muntatge experimental de la pila:

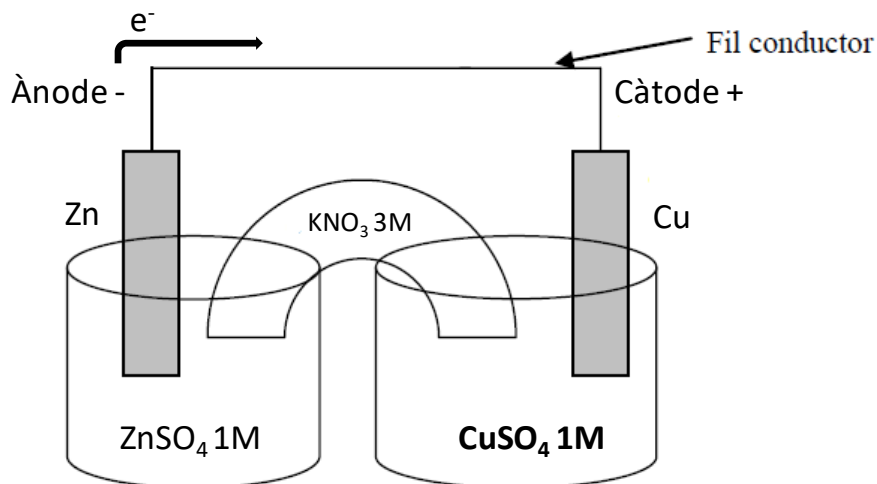
-Caldrà disposar de dos vasos de precipitats: en un s'hi posarà la solució de ZnSO_4 1M i s'hi submergirà a mitja alçada una lamina de Zn (ànode, a l'esquerra), l'altre s'omplirà de la solució de CuSO_4 1 M i s'hi submergirà a mitja alçada una lamina de Cu (càtode, a dreta).

-Es connectaran la làmina de Cu i la de Zn amb un fil conductor.

-El circuit es tancarà col·locant el pont salí: tub que connecta els vasos i que conté la solució de KNO_3 3 M

[0,65 p]

El dibuix esquemàtic és opcional:



Es considera correcte (però no es necessari fer-ho) si es col·loca un voltímetre (potenciòmetre) en el fil conductor que uneix l'elèctrode de Zn i l'elèctrode de Cu.