

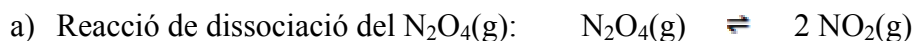
SÈRIE 1

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. Cada pregunta consta de dues subpreguntes (a i b) que valen sempre 1 punt.

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 1



Constant d'equilibri de concentracions: $K_c = [\text{NO}_2]^2 / [\text{N}_2\text{O}_4]$ [0,2 p]

- Es considerarà correcte si la reacció de dissociació està igualada d'una altra manera, per exemple: $\frac{1}{2} \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NO}_2(\text{g})$. Lògicament, l'expressió de la constant d'equilibri canviarà.

Calculem les masses moleculars:

Massa molecular del $\text{N}_2\text{O}_4 = 92 \text{ g/mol}$

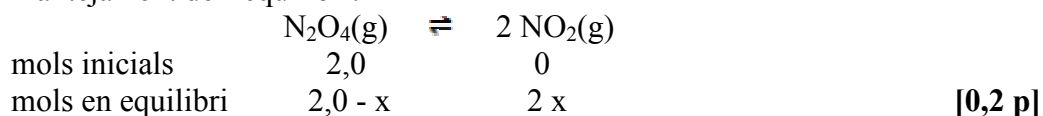
Massa molecular del $\text{NO}_2 = 46 \text{ g/mol}$

Mols inicials de reactiu = $184 \text{ g N}_2\text{O}_4 \times (1 \text{ mol N}_2\text{O}_4 / 92 \text{ g N}_2\text{O}_4) = 2,0 \text{ mols de N}_2\text{O}_4$

Mols finals de producte = $36,8 \text{ g NO}_2 \times (1 \text{ mol NO}_2 / 46 \text{ g NO}_2) = 0,80 \text{ mols NO}_2$

[0,1 p]

Plantejament de l'equilibri:



mols de NO_2 en equilibri = $0,80 = 2x \Rightarrow x = 0,80 / 2 = 0,40 \text{ mols}$ [0,1 p]

Calculem les concentracions en equilibri sabent que: $V = 4,00 \text{ litres}$

$$\begin{aligned} [\text{N}_2\text{O}_4] &= (2,0 - x) / 4,00 = (2,0 - 0,40) / 4,00 = 0,40 \text{ M} \\ [\text{NO}_2] &= (2x) / 4,00 = (0,80) / 4,00 = 0,20 \text{ M} \end{aligned} \quad [0,2 \text{ p}]$$

Càlcul de la constant d'equilibri:

$$\begin{aligned} K_c &= [\text{NO}_2]^2 / [\text{N}_2\text{O}_4] \Rightarrow K_c = (0,20)^2 / (0,40) \\ K_c &= 0,10 \end{aligned} \quad [0,2 \text{ p}]$$

Pregunta 1

b) Reacció:



Si a l'estiu l'aire és més marró que a l'hivern vol dir que hi ha més proporció de NO_2 a l'estiu que a l'hivern.

[0,2 p]

Per tant, la reacció de dissociació del N_2O_4 està més desplaçada cap a la dreta a l'estiu, quan la temperatura és més alta, degut a que el N_2O_4 absorbeix la calor.

[0,5 p]

Si absorbeix calor, **la reacció de dissociació del N_2O_4 és endotèrmica.**

[0,3 p]

Pregunta 2

a) Formulació: àcid etanoic (àcid acètic): CH_3COOH [-0,5 p si no formulen bé]

Hidròxid de sodi: NaOH [-0,5 p si no formulen bé]

Reacció de valoració:



També es pot posar: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COONa}$

o també: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COO}^-$

A partir de la reacció igualada (estequiometria 1 a 1):

$$\text{NaOH} \quad V = 22,50 \text{ mL} = 0,02250 \text{ L}$$

$$(0,02250 \text{ L}) \times (0,4120 \text{ mol / L}) = 0,00927 \text{ mol NaOH} \quad [0,2 \text{ p}]$$

mol de NaOH gastats = mol inicials CH_3COOH

$$\Rightarrow 0,00927 \text{ mol CH}_3\text{COOH} \quad [0,2 \text{ p}]$$

$$\text{Vinagre} \quad 10 \text{ mL} = 0,010 \text{ L}$$

$$\text{Concentració de CH}_3\text{COOH} = (0,00927 \text{ mol}) / (0,010 \text{ L})$$

$$\text{Concentració de CH}_3\text{COOH} = 0,927 \text{ mols} \cdot \text{L}^{-1} \quad [0,3 \text{ p}]$$

Pregunta 2

b) **Material i reactius** per a dur a terme la valoració.

[0,5 p]

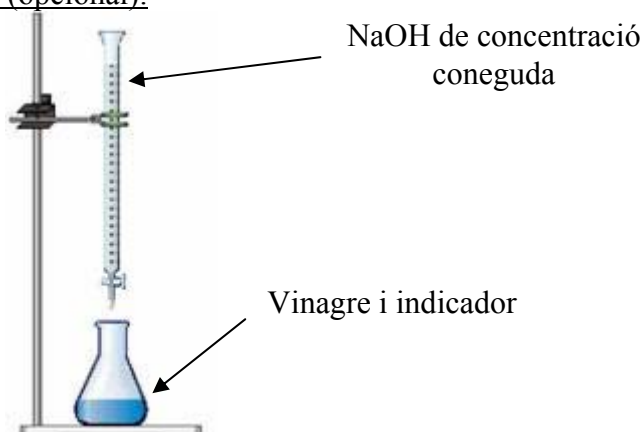
- ✓ Bureta (de 25 mL ó 50 mL), amb un peu i pinça per subjectar-la.
- ✓ Pipeta amb pera d'aspiració (pipeta de 10 mL).
- ✓ Erlenmeyer.
- ✓ Solució aquosa d'hidròxid de sodi, de concentració coneguda (0,4120 M).
- ✓ Indicador àcid-base que viri a la zona de pH bàsic (fenolftaleïna, per exemple)
- ✓ Vinagre (*mostra a valorar*)

Procediment per a dur a terme la valoració.

[0,5 p]

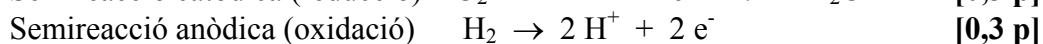
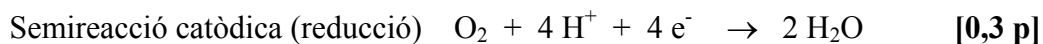
- ✓ S'omple la bureta amb la solució aquosa de NaOH, evitant que es formin bombolles d'aire dins de la bureta, i s'enrasa el volum de NaOH de la bureta (a zero o a un altre volum).
- ✓ Amb la pipeta aforada (i la pera) agafem 10 mL de vinagre i els transvasem a l'erlenmeyer. *Es pot afegir una mica d'aigua destil·lada per rentar les parets de l'erlenmeyer.*
- ✓ Afegim 2-3 gotes de l'indicador àcid-base a l'erlenmeyer.
- ✓ Obrim la clau de la bureta i anem afegint NaOH, tot agitant contínuament l'erlenmeyer, fins observar un canvi de color de la solució (per exemple d'incolore a rosat, si emprem fenolftaleïna).
- ✓ Tanquem la clau de la bureta i anotem el volum consumit de NaOH.

Dibuix (opcional):



Pregunta 3

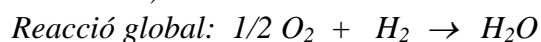
a) Pila de combustible:



Reacció global: multipliquem la semireacció anòdica per 2 (per igualar el nombre d'electrons), i sumem les dues semireaccions.



- *També és correcte si divideixen la reacció catòdica per 2 (per igualar el nombre d'electrons) i sumem les dues semireaccions:*

**Càtode (o elèctrode d'entrada del O_2): polaritat positiva (+)****Ànode (o elèctrode d'entrada del H_2): polaritat negativa (-)** [0,2 p]**Pregunta 3**

b) Força electromotriu (FEM)

$$E^{\circ} = E^{\circ}_{\text{CÀTODE}} - E^{\circ}_{\text{ÀNODE}} = E^{\circ}(O_2 / H_2O) - E^{\circ}(H^+ / H_2)$$
 [0,2 p]

$$E^{\circ} = (1,23) - (0,00) = 1,23 \text{ V}$$

FEM = 1,23 V [0,1 p]

Eficiència (ε) $\varepsilon = \Delta G^{\circ} / \Delta H^{\circ}$ **Procediment 1**Si la reacció global la tenim igualada així: $O_2 + 2 H_2 \rightarrow 2 H_2O$

$$\Delta H^{\circ} = 2 \text{ mols aigua} \times (-285,8 \text{ kJ / mol aigua}) = -571,6 \text{ kJ}$$
 [0,2 p]

$$\Delta G^{\circ} = -n F E^{\circ}$$
 [0,2 p]

on **n = 4** (4 electrons intercanviats) [0,1 p]

$$\Delta G^{\circ} = -4 \cdot 9,65 \cdot 10^4 \cdot 1,23 = -4,7478 \cdot 10^5 \text{ J} = -474,78 \text{ kJ}$$
 [0,1 p]

$$\varepsilon = \Delta G^{\circ} / \Delta H^{\circ} = (-474,78) / (-571,6)$$

Eficiència $\varepsilon = 0,83$ [0,1 p]

Procediment 2

Si la reacció global la tenim igualada així: $\frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

$$\Delta H^\circ = \Delta H_f^\circ (\text{aigua}) = -285,8 \text{ kJ/mol} \quad [0,2 \text{ p}]$$

$$\Delta G^\circ = -n F E^\circ \quad [0,2 \text{ p}]$$

$$\text{on } n = 2 \text{ (2 electrons intercanviats)} \quad [0,1 \text{ p}]$$

$$\Delta G^\circ = -2 \cdot 9,65 \cdot 10^4 \cdot 1,23 = -2,3739 \cdot 10^5 \text{ J} = -237,39 \text{ kJ} \quad [0,1 \text{ p}]$$

$$\varepsilon = \Delta G^\circ / \Delta H^\circ = (-237,39) / (-285,8)$$

$$\text{Eficiència } \varepsilon = 0,83 \quad [0,1 \text{ p}]$$

Pregunta 4

a) Calculem la massa d'aigua a escalfar i la variació de temperatura de l'aigua:

$$\begin{aligned} \text{massa d'aigua} = m &= 30 \text{ L} \times (1 \text{ kg} / 1 \text{ L}) = 30 \text{ kg} = 30000 \text{ g} \\ \text{variació de temperatura} = \Delta T &= (45 - 10) = 35 \text{ }^\circ\text{C} = 35 \text{ K} \end{aligned} \quad [0,1 \text{ p}]$$

Càlcul de la calor que es necessita per escalfar l'aigua:

$$\begin{aligned} q &= C_e \cdot m \cdot \Delta T \\ q &= 4,18 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \times 30000 \text{ g} \times 35 \text{ K} = 4389000 \text{ J} = 4389 \text{ kJ} \end{aligned} \quad [0,3 \text{ p}]$$

A partir de les dades de la taula obtenim l'entalpia de combustió del metà:

$$\Delta H_{\text{comb}} \text{ metà} = -890,3 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{A pressió constant: } q = \Delta H = -890,3 \text{ kJ/mol metà (calor alliberada)} \quad [0,2 \text{ p}]$$

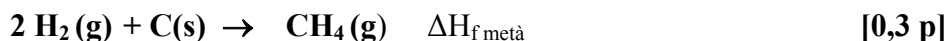
Càlcul de la massa de metà:

$$4389 \text{ kJ} \times (1 \text{ mol metà} / 890,3 \text{ kJ}) \times (16,0 \text{ g metà} / 1 \text{ mol metà}) = 78,9 \text{ g metà}$$

$$\text{Massa de metà} = 78,9 \text{ g} \quad [0,4 \text{ p}]$$

Pregunta 4

b) La reacció corresponent a l'entalpia estàndard de formació del metà és:

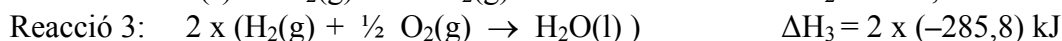
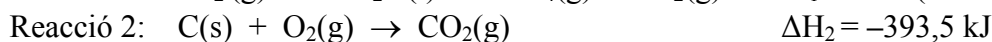
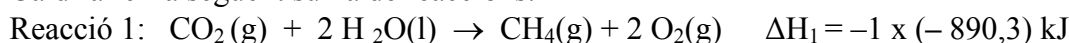


Per determinar la variació d'entalpia pel procés anterior:

Procediment 1

L'entalpia de la reacció de formació del metà ($\Delta H_{\text{f, metà}}$) la podem trobar aplicant la llei de Hess. [0,1 p]

Caldria fer la següent suma de reaccions:

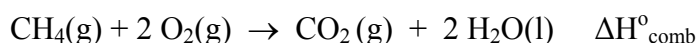


$$\Delta H_{\text{f, metà}} = (890,3) + (-393,5) + (-571,6) = -74,8 \text{ kJ}$$

L'entalpia de la reacció de formació del metà = -74,8 kJ (ó -74,8 kJ · mol⁻¹)
[0,2 p]

Procediment 2

Podem relacionar l'entalpia de combustió del metà que tenim a la taula amb les entalpies de formació dels producte i reactius, és a dir, amb les entalpies de formació del CO₂ (que és igual a la de combustió i que tenim a la taula), amb l'entalpia de formació de l'aigua (que és igual a la de combustió i que també tenim a la taula) i amb l'entalpia de formació del metà, que serà la incògnita. [0,3 p]



$$\Delta H^{\circ}_{\text{comb}} = [(\Delta H^{\circ}_{\text{f}} \text{CO}_2) + 2 \times (\Delta H^{\circ}_{\text{f}} \text{H}_2\text{O})] - [\Delta H^{\circ}_{\text{f}} \text{CH}_4]$$

$$-890,3 = [(-393,5) + 2 \times (-285,8)] - [\Delta H^{\circ}_{\text{f}} \text{CH}_4] \quad [0,2 \text{ p}]$$

$$[\Delta H^{\circ}_{\text{f}} \text{CH}_4] = -74,8 \text{ kJ}$$

L'entalpia de la reacció de formació del metà = -74,8 kJ (ó -74,8 kJ · mol⁻¹)
[0,2 p]

Pregunta 5

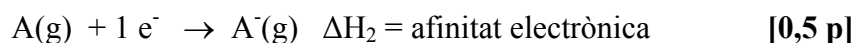
- a) La diferència entre l'energia d'ionització i la afinitat electrònica és que en el primer cas es tracta de l'energia del procés **d'arrencar un electró** a un àtom gasós, i en el segon cas es tracta de l'energia del procés de **captar un electró** per part d'un àtom en estat gasós.

(opcional)

Energia d'ionització d'un element A:



Afinitat electrònica d'un element A:



La diferència entre l'energia reticular i l'entalpia de formació és que en el primer cas es tracta de l'energia del procés per formar el compost **a partir dels seus ions en estat gasós** i en el segon cas es tracta de l'energia per formar el compost **a partir dels seus elements en la seva forma més estable** en les condicions fixades.

(opcional)

Energia reticular d'un compost iònic AB:



Entalpia de formació d'un compost iònic AB:

**Pregunta 5**

- b) Formulació: KBr [– 0,5 p si no formulen bé]

Per justificar els valors de l'energia reticular del KBr i del NaCl, cal tenir en compte que l'energia reticular dona una idea de la força d'atracció entre els ions del compost iònic. Aquesta atracció depèn, segons el model electrostàtic del sòlid iònic (llei de Coulomb), de la càrrega dels ions i de la distància que els separa: $F = k (q_1 \cdot q_2) / r^2$. Com més alta sigui la càrrega dels ions i més petita la distància entre ells (ions més petits), hi haurà més atracció. [0,3 p]

En el cas del KBr i del NaCl les càrregues són les mateixes. En quant a la mida, el catió K^+ és més gran que el catió Na^+ , i l'anió Br^- és més gran que l'ió Cl^- (es pot deduir de la configuració electrònica dels àtoms). Això fa que l'atracció entre els ions K^+ i Br^- sigui més petita que en els ions Na^+ i Cl^- ; l'energia alliberada en la formació d'un mol del compost iònic KBr serà més petita (en valor absolut) que en el compost iònic NaCl.

Per tant, si tenim en comte el signe negatiu, el valor de l'energia reticular del KBr serà més gran que la del NaCl:

Energia reticular KBr > –787 kJ ó |Energia reticular KBr| < 787 kJ

[0,7 p]

Pregunta 6

- a) La velocitat d'una reacció és igual a la constant de velocitat multiplicada per la concentració de cada reactiu elevat al seu ordre de reacció:

$$\text{Equació velocitat} \quad v = k [\text{NO}]^2 [\text{O}_2] \quad [0,3 \text{ p}]$$

La velocitat ens indica la variació de la concentració d'un reactiu o producte quan varia el temps. Per tant tindrà unitats de concentració dividit per temps:

$$\text{Unitat de la velocitat} \Rightarrow \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \quad [0,3 \text{ p}]$$

Les unitats de la constant de velocitat (k) depenen de l'ordre total de la reacció (en aquest cas 3):

$$k = v / ([\text{A}]^2 [\text{B}]) \quad \text{unitats de } k \Rightarrow (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}) / [(\text{mol}^2 \text{L}^{-2}) (\text{mol} \text{L}^{-1})]$$

$$\text{Unitats de } k \Rightarrow \text{mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1} \quad [0,4 \text{ p}]$$

Pregunta 6

- b) **Efecte de la temperatura (volum constant)**

Raonament 1:

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 (model de col·lisions). [0,5 p]

ó **Raonament 2:**

També es pot raonar indicant que l'augment de la temperatura provoca un augment de la constant de velocitat. De l'equació de velocitat es dedueix que augmentarà la velocitat ja que la constant de velocitat augmenta i les concentracions no s'han modificat en mantenir el volum. [0,5 p]

Efecte del volum (a temperatura constant)

Raonament 1:

Si es raona mitjançant el model de col·lisions, podem dir **que en augmentar el volum la probabilitat de xocar les molècules disminueix** i, per tant, disminueix la velocitat de la reacció (en mantenir la temperatura no ha variat l'energia cinètica). [0,5 p]

ó **Raonament 2:**

També es pot raonar indicant que si augmentem el volum, i es manté la temperatura, les concentracions dels reactius disminueixen (mantenint-se la constant de velocitat). De l'equació de velocitat deduïm que disminuirà la velocitat de la reacció. [0,5 p]

Pregunta 7

- a) En el eix d'ordenades es representa **la transmitància o l'absorbància** [0,2 p]

En el eix d'abscisses es representa el **nombre d'ona** (o qualsevol altre paràmetre que caracteritzi la radiació, com **la longitud d'ona, la freqüència o l'energia**).

[0,2 p]

Quan una molècula absorbeix radiació infraroja es produeixen **canvis d'energia vibracional** degut a les deformacions dels enllaços per tensió i flexió. L'energia d'aquest tipus de radiació és **capaç de provocar un salt des del nivell fonamental d'energia vibracional a un nivell excitat**. L'espectre IR obtingut per una molècula es caracteritza per una sèrie de pics, de diferents alçades, que corresponen a les diferents transicions vibracionals dels enllaços de la molècula.

[0,6 p]

Pregunta 7

- b) El **He no donarà cap pic perquè no té cap enllaç** i, per tant, no hi ha possibilitat de cap vibració. [0,4 p]

Donaran més pics les substàncies que tinguin major nombre de enllaços diferents.

[0,3 p]

El CH_4 té un sol tipus d'enllaç, C-H.

El $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_2\text{OH}$ té els enllaços C-H, C-C, C-O i O-H.

El $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ té els enllaços anteriors i, a més, C=O, C-N i N-H.

Per tant, **hi haurà més pics en la substància: $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$** . [0,3 p]