



Proves d'accés a la universitat

Convocatòria 2016

Química

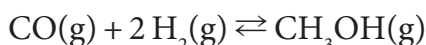
Sèrie 1

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. El vinagre és una dissolució aquosa d'àcid acètic (CH_3COOH) en què hi ha com a mínim 5,0 g d'àcid per cada 100 mL de vinagre. L'Oficina del Consumidor decideix analitzar un vinagre determinat per veure si compleix les especificacions requerides.
 - a) Prenem una mostra de 10 mL de vinagre i la valorem amb una dissolució aquosa d'hidròxid de sodi (NaOH) 1,0 M. El punt final s'aconsegueix amb 9,2 mL de dissolució bàsica. Digueu, fent els càlculs pertinents, si aquest vinagre compleix les normes vigents. La dissolució resultant de l'operació anterior és àcida, bàsica o neutra? Justifiqueu la resposta qualitativament.
[1 punt]
 - b) Expliqueu quin procediment seguiríeu al laboratori i quin material utilitzaríeu per a dur a terme la valoració.
[1 punt]

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

2. El metanol és l'alcohol de cadena més curta que podem formular. En la indústria química, la síntesi del metanol es produeix per hidrogenació del monòxid de carboni, segons la reacció en fase gasosa següent:



A 673 K, els gasos de la reacció estan en equilibri i tenen les pressions parcials següents: 0,27 atm per al monòxid de carboni i 0,20 atm per al metanol. Sabem que la pressió total és d'1,00 atm.

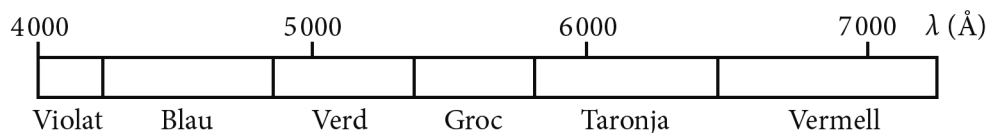
- a) Calculeu la constant d'equilibri en pressions (K_p) i la constant d'equilibri en concentracions (K_c) a 673 K.
[1 punt]
- b) Volem augmentar la producció de metanol. Ho aconseguirem si afegim un catalitzador a la mescla gasosa en equilibri? I si augmentem la pressió total? Justifiqueu les respostes.
[1 punt]

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

3. En la taula següent es relacionen diferents elements metàl·lics i s'especifica el color de la llum que emeten quan són excitats amb la flama d'un fogonet de gas:

<i>Element</i>	Li	Na	K	Cu
<i>Color de la flama</i>	vermell	groc	violat	verd

La figura següent mostra un esquema de l'espectre visible de la llum:



- a)** Sabem que la llum emesa per un d'aquests elements correspon a una transició electrònica de $2,96 \times 10^{-19}$ J. De quin element es tracta? Justifiqueu la resposta.
[1 punt]
- b)** Escriviu les configuracions electròniques del Li, el Na i el K, i compareu-ne els radis atòmics. Justifiqueu la resposta.
[1 punt]

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

$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$.

Velocitat de la llum en el buit: $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

Nombres atòmics: $Z(\text{Li}) = 3$; $Z(\text{Na}) = 11$; $Z(\text{K}) = 19$.

4. Per a combatre amb eficàcia el foc, és necessari saber que la combustió és una reacció química que es produeix quan els vapors que desprèn una substància combustible es combinen amb una gran rapidesa amb l'oxigen de l'aire. Aquesta reacció, amb despreniment de llum i calor, dóna lloc al foc.
- a)** Amb les dades de la taula, calculeu l'entalpia de vaporització de l'aigua a 1 atm i justifiqueu, a partir del resultat, per què s'utilitza l'aigua per a apagar el foc. Calculeu també la calor necessària per a vaporitzar 1,0 kg d'aigua a una pressió constant d'1 atm.
[1 punt]
- b)** A partir de les dades de la taula, calculeu la temperatura d'ebullició de l'aigua a 1 atm de pressió.
[1 punt]

DADES: Masses atòmiques relatives: H = 1; O = 16.

Magnituds termodinàmiques en condicions estàndard i a 25 °C:

<i>Compost</i>	$\Delta H_f^\circ \text{ (kJ mol}^{-1}\text{)}$	$S^\circ \text{ (J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}\text{)}$
H ₂ O(l)	-285,8	70,0
H ₂ O(g)	-241,8	188,0

NOTA: ΔH_f° i S° són constants i independents de la temperatura.

5. Un consum massa elevat de plom pot provocar la malaltia anomenada *saturnisme*, que genera anèmia en el malalt perquè el plom a la sang bloqueja la síntesi de l'hemoglobina. A les aigües potables, la concentració màxima permesa de l'ió Pb^{2+} és $0,05 \text{ mg L}^{-1}$.
- a) Escriviu l'equilibri de solubilitat del clorur de plom(II) i calculeu la solubilitat d'aquest compost en aigua a 25°C , expressada en g L^{-1} .

[1 punt]

- b) A partir de quin pH precipitarà, a 25°C , l'hidròxid de plom(II) en una aigua potable que tingui la concentració màxima permesa de l'ió Pb^{2+} ?

[1 punt]

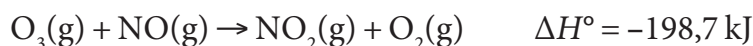
DADES: Masses atòmiques relatives: $\text{Pb} = 207,2$; $\text{Cl} = 35,5$.

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

Constants del producte de solubilitat a 25°C :

$$K_{ps}(\text{PbCl}_2) = 1,6 \times 10^{-5}; K_{ps}(\text{Pb}(\text{OH})_2) = 1,2 \times 10^{-15}.$$

6. La reacció ajustada de l'ozó amb el monòxid de nitrogen és la següent:



Hem dut a terme diferents experiments per a determinar la velocitat inicial de reacció a diferents concentracions i hem obtingut els resultats següents:

Experiment	$[\text{O}_3] (\text{mol L}^{-1})$	$[\text{NO}] (\text{mol L}^{-1})$	Velocitat ($\text{mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$)
1	0,020	0,025	42,0
2	0,015	0,010	12,6
3	0,015	0,030	37,8
4	0,010	0,050	42,0

- a) Calculeu l'ordre de reacció respecte del NO i respecte del O_3 .

[1 punt]

- b) Determineu l'ordre total i la constant de velocitat de la reacció. Com varia l'energia d'activació quan s'afegeix un catalitzador al reactor i quina influència té això sobre la velocitat de reacció?

[1 punt]

7. En joieria s'utilitza freqüentment el bany de rodi, ja que les joies recobertes amb aquest metall brillen molt i, a més, és una alternativa menys cara que el recobriment amb platí. Volem recobrir una medalla de plata amb rodi mitjançant electròlisi.

- a) Dibuixeu el muntatge experimental per a fer el recobriment de la medalla amb una capa de rodi si disposeu d'una cèl·lula electrolítica, d'una dissolució aquosa de sulfat de rodi(III) ($\text{Rh}_2(\text{SO}_4)_3$) i d'un elèctrode inert. Anomeneu els elèctrodes i indiqueu-ne la polaritat, i escriviu la semireacció que fa que el rodi es dipositi sobre la medalla.

[1 punt]

- b) Per a obtenir un bon recobriment necessitem que es dipositin almenys 2,0 g de rodi. Si fem passar un corrent elèctric de 10 A durant 10 min, haurem dipositat prou rodi? Justifiqueu la resposta.

[1 punt]

DADES: Massa atòmica relativa: $\text{Rh} = 102,9$.

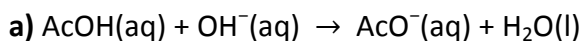
Constant de Faraday: $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C (mol e}^{-})^{-1}$.



Institut
d'Estudis
Catalans

L'Institut d'Estudis Catalans ha tingut cura de la correcció lingüística i de l'edició d'aquesta prova d'accés



SÈRIE 1**1. ÀCID-BASE**

$$(1,0 \text{ mol NaOH}) (1 \text{ mol OH}^{\text{-}} / 1 \text{ mol NaOH}) (1 \text{ mol AcOH} / 1 \text{ mol OH}^{\text{-}}) (9,2 \times 10^{-3} \text{ L}) = 9,2 \times 10^{-3} \text{ mol AcOH} \quad (0,25 \text{ punts})$$

$$[\text{AcOH}] = n / V = 9,2 \times 10^{-3} \text{ mol} / (10 \times 10^{-3} \text{ L}) = 0,92 \text{ mol/L}$$

Com que hi ha 0,92 mol en 1 L de dissolució, hi haurà 0,092 mol en 100 mL.

NOTA: També podrien dir que com que hi ha 0,0092 mol AcOH en 10 mL, n'hi haurà 0,092 en 100 mL.

(0,25 punts)

Pes molecular de l'àcid acètic: $P_m = 60 \text{ g/mol}$

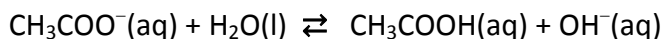
$$(0,092 \text{ mol AcOH}) (60 \text{ g AcOH} / 1 \text{ mol AcOH}) = 5,52 \text{ g AcOH}$$

Com que hi ha 5,52 g d'àcid acètic ($> 5 \text{ g}$), el vinagre compleix la normativa vigent.

(0,25 punts)

Com a resultat de la neutralització es forma l'ió acetat, que és la base conjugada de l'àcid acètic. Per tant, la dissolució serà bàsica.

NOTA: Una altra manera d'explicar-ho consisteix a considerar que l'acetat format s'hidrolitza:



Com es pot veure, es generen ions $\text{OH}^{\text{-}}$, la qual cosa farà que la dissolució resultant sigui bàsica.

(0,25 punts)

b) Procediment experimental i material.

NOTA: El dibuix de la instal·lació no és necessari encara que és aclaridor.

S'agafen 10 ml de vinagre en una **pipeta aforada** i s'aboquen en un **matràs erlenmeyer**. S'hi afegeixen també 2 gotes d'un indicador àcid-base. S'omple la **bureta** de dissolució d'hidròxid de sodi d'una concentració 1,0 M. Es tira la dissolució alcalina sobre el vinagre fins que la dissolució present al matràs d'Erlenmeyer canviï de color (punt final).

S'anota el volum de dissolució bàsica gastada.

NOTA: És important que indiquin els noms de l'instrumental utilitzat: *pipeta aforada* (0,1 punts), *matràs erlenmeyer* (o *erlenmeyer*) (0,1 punts) i *bureta* (0,1 punts).

(0,85 punts)

És necessari fer la valoració de la dissolució dues vegades. La segona vegada es tira la dissolució valoradora gota a gota quan s'està a prop del punt final.

(0,15 punts)

2. EQUILIBRI QUÍMIC

a) Segons la llei de Dalton: $P = \sum p_i \Rightarrow p_{hidrogen} = P - p_{CO} - p_{metanol}$
 $p_{hidrogen} = 1,00 - 0,27 - 0,20 = 0,53 \text{ atm}$

(0,25 punts)

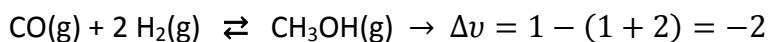
$$K_p = \frac{p_{metanol}}{p_{CO} \cdot p_{hidrogen}^2} = \frac{0,20}{0,27 \cdot 0,53^2} = 2,637026489$$

$$K_p = 2,64$$

(0,25 punts)

Relació entre K_p i K_c : $K_p = K_c (RT)^{\Delta v} \rightarrow K_c = K_p (RT)^{-\Delta v}$

(0,25 punts)



$$K_c = (2,637026489)[(0,082)(673)]^{-(-2)} = 8031,049922$$

$$K_c = 8031$$

(0,25 punts)

NOTA: Si posen unitats a les constants d'equilibri, resteu 0,1 punts a cada constant.

b) Un catalitzador modifica la velocitat de la reacció però no altera la posició de l'equilibri. En afegir un catalitzador, les concentracions dels compostos (reactius i productes) no s'alteren. Per tant, **l'addició d'un catalitzador no augmentarà (ni disminuirà) la producció de metanol.**

(0,5 punts)

Si augmentem la pressió, segons el principi de Le Châtelier aquesta variable ha de disminuir, per la qual cosa l'equilibri es desplaçarà cap a on hi ha menys mols gasosos, és a dir, cap a la formació de productes. En conseqüència, **un augment de la pressió total conduirà a un augment de la producció de metanol.** (0,5 punts)

3. TRANSICIÓ ELECTRÒNICA / RADIS ATÒMICS

a) $\Delta E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda \Rightarrow \lambda = h c / \Delta E = (6,63 \times 10^{-34}) (3 \times 10^8) / (2,96 \times 10^{-19}) \text{ m}$ (1 A / 10^{-10} m) = 6719,59 Å **$\lambda = 6720 \text{ Å}$** (0,75 punts)

Aquesta longitud d'ona correspon al color vermell de l'espectre electromagnètic. Per tant, es tracta del **liti (Li).** (0,25 punts)

b) Les configuracions electròniques dels tres elements són:

Li (Z = 3): **$1s^2 2s^1$** (0,1 punts)

Na (Z = 11): **$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$** (0,2 punts)

K (Z = 19): **$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$** (0,2 punts)

Els tres elements tenen un electró a l'última capa electrònica i, per tant, són elements del grup 1 de la taula periòdica (metalls alcalins). En un grup els radis atòmics augmenten en augmentar el nombre atòmic. També poden dir que en baixar en un grup, augmenta el nombre quàntic principal (**n**) de l'últim nivell energètic ocupat i, en conseqüència, els electrons es col·loquen cada vegada més lluny del nucli.

radis atòmics: Li < Na < K (0,5 punts)

4. TERMOQUÍMICA

a) Vaporització de l'aigua: $\text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O(g)}$

$\Delta H^\circ = \Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O(g)}) - \Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O(l)}) = -241,8 - (-285,8) = 44,0 \text{ kJ/mol}$ (a 1 atm: condicions estàndard). (0,25 punts)

Com que el procés de vaporització de l'aigua és endotèrmic, absorbeix l'energia produïda per la combustió i això ajuda a sufocar el foc. (0,25 punts)

Calor a pressió constant:

$Q_p = \Delta H = (1000 \text{ g}) (1 \text{ mol} / 18 \text{ g}) (44,0 \text{ kJ} / \text{mol}) = 2444,4 \text{ kJ}$ **$Q_p = 2444 \text{ kJ}$** (0,5 punts)

NOTA: Si no indiquen que la calor a pressió constant és igual a la variació d'entalpia, resteu-hi 0,25 punts.

$$\mathbf{b)} \Delta G^{\circ} = \Delta H^{\circ} - T \Delta S^{\circ} \quad (0,25 \text{ punts})$$

Com que la vaporització és un canvi de fase, es tracta d'un equilibri. A 1 atm, $\Delta G^{\circ} = 0$.

$$\text{Llavors: } T_{e,n} = \Delta H^{\circ} / \Delta S^{\circ} \quad (0,25 \text{ punts})$$

$$\Delta S^{\circ} = S^{\circ}(\text{H}_2\text{O(g)}) - S^{\circ}(\text{H}_2\text{O(l)}) = 188,0 - 70,0 = 118,0 \text{ J/mol}\cdot\text{K} \quad (0,25 \text{ punts})$$

$$\text{Per tant: } T_{e,n} = \Delta H^{\circ} / \Delta S^{\circ} = 44,0 \cdot 10^3 / 118,0 = 372,88 \text{ K} = 99,88^{\circ}\text{C} \quad T_{e,n} = 99,9^{\circ}\text{C} \approx 100^{\circ}\text{C} \quad (0,25 \text{ punts})$$

5. SOLUBILITAT



$$K_{ps} \text{ PbCl}_2 = [\text{Pb}^{2+}] [\text{Cl}^{-}]^2 = (s) (2s)^2 = 4s^3 \quad (0,25 \text{ punts})$$

$$\text{Llavors, } s = (K_{ps} / 4)^{1/3} = (1,6 \times 10^{-5} / 4)^{1/3} = 1,587401059 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \quad (0,25 \text{ punts})$$

$$(1,587401059 \times 10^{-2} \text{ mol/L}) (278,2 \text{ g} / 1 \text{ mol}) = 4,416149746 \text{ g/L} \quad s = 4,42 \text{ g/L} \quad (0,25 \text{ punts})$$



$$K_{ps} = [\text{Pb}^{2+}] [\text{OH}^{-}]^2 \Rightarrow [\text{OH}^{-}] = (K_{ps} / [\text{Pb}^{2+}])^{1/2} \quad (0,25 \text{ punts})$$

$$[\text{Pb}^{2+}] = (0,05 \text{ mg Pb}^{2+} / \text{L}) (1 \text{ g} / 1000 \text{ mg}) (1 \text{ mol} / 207,2 \text{ g}) = 2,413127413 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \quad (0,10 \text{ punts})$$

$$[\text{OH}^{-}] = (1,2 \times 10^{-15} / 2,413127413 \times 10^{-7})^{1/2} = 7,051808279 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \quad (0,15 \text{ punts})$$

$$[\text{H}^{+}] = K_w / [\text{OH}^{-}] = 1,0 \times 10^{-14} / 7,051808279 \times 10^{-5} = 1,418075989 \times 10^{-10} \text{ mol/L} \quad (0,10 \text{ punts})$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^{+}] = -\log (1,418075989 \times 10^{-10}) = 9,8483 \quad \text{pH} > 9,85 \quad (0,15 \text{ punts})$$

6. CINÈTICA QUÍMICA

a) L'equació de velocitat és del tipus: $v = k [\text{O}_3]^a [\text{NO}]^b$

Si comparem els experiments 2 i 3:

$$37,8 = k (0,015)^a (0,030)^b$$

$$12,6 = k (0,015)^a (0,010)^b$$

Si dividim membre a membre les dues equacions :

$$37,8 / 12,6 = (0,030/0,010)^b ; 3 = 3^b ; b = 1. \text{ L'ordre de la reacció respecte al NO és 1.}$$

(0,5 punts)

Si comparem els experiments 1 i 4:

$$42 = k (0,020)^a (0,025)^1$$

$$42 = k (0,010)^a (0,050)^1$$

Si dividim membre a membre les dues equacions:

$$42 / 42 = (0,020/0,010)^a \cdot 1/2 ; 1 = 2^a \cdot 1/2 ; 2^a = 2 ; a = 1$$

L'ordre de la reacció respecte a l'O₃ és 1.

(0,5 punts)

NOTA: També podrien calcular cada ordre parcial escrivint les dues equacions de velocitat, dividint l'una per l'altra, aplicant-hi el logaritme neperià i aïllant l'ordre parcial.

b) L'ordre total de la reacció és: $n = a + b = 1 + 1 = 2$ ordre total = 2 (0,25 punts)

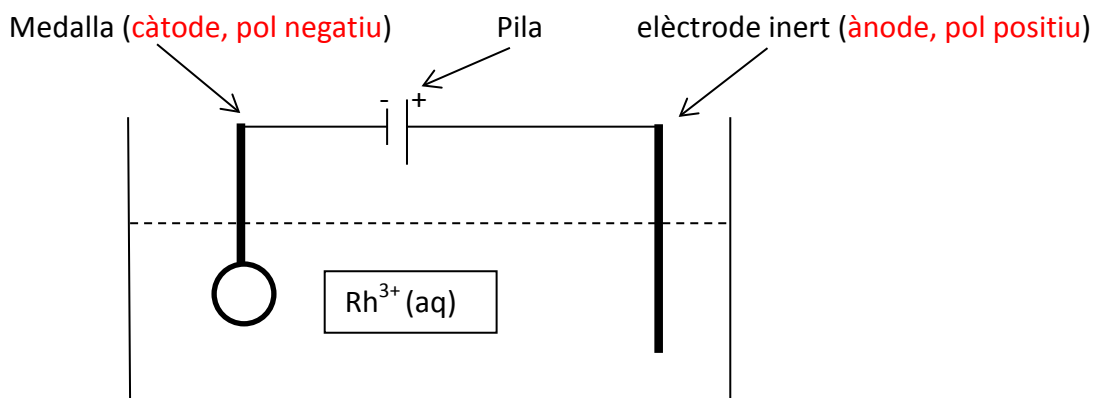
Constant de velocitat: Agafem les dades de l'experiment 1.

$$k = (42,0) / ((0,020) (0,025)) = 8,4 \times 10^4 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{s}) \quad k = 8,4 \times 10^4 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ (0,25 punts)}$$

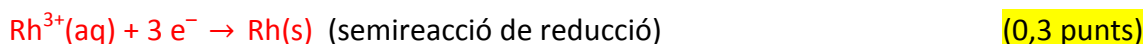
Quan s'afegeix un catalitzador, l'energia d'activació disminueix. Tenint en compte l'equació d'Arrhenius: $k = A \exp (-E_a/RT)$, una disminució d' E_a implica un augment de la constant de velocitat. Si augmenta la constant de velocitat, també augmentarà la velocitat de reacció ja que $v = k [\text{O}_3] [\text{NO}]$. Una alternativa és que indiquin que, quan disminueix l'energia d'activació, es més fàcil arribar al complex activat. En conseqüència, la velocitat de reacció augmenta. Per tant, l'addició d'un catalitzador fa disminuir l'energia d'activació i fa augmentar la velocitat de reacció. (0,5 punts)

7. ELECTRÒLISI

a) Dispositiu experimental



NOTA: dibuix: (0,3 punts); noms dels elèctrodes: (0,2 punts); polaritat: (0,2 punts)



b) $Q = I \cdot t = (10 \text{ A}) (10 \times 60 \text{ s}) = 6000 \text{ C}$ (0,3 punts)

$(6000 \text{ C}) (1 \text{ mol e}^{-} / 96500 \text{ C}) (1 \text{ mol Rh} / 3 \text{ mol e}^{-}) (102,9 \text{ g Rh} / 1 \text{ mol Rh}) = 2,132642487 \text{ g}$ (0,5 punts)

S'han dipositat 2,13 g (> 2,0 g) \Rightarrow S'ha obtingut un bon recobriment. (0,2 punts)

COMENTARIS GENERALS

- Si no posen les unitats o són incorrectes, descompteu el 20% de la secció corresponent.
- Si una equació química està mal ajustada (o senzillament no està ajustada), descompteu el 50% de la secció corresponent.
- Si en una equació química no indiquen l'estat (s, l, g o aq), descompteu el 20% de la secció corresponent.
- Si el procediment és correcte, però han comès un error de càlcul, descompteu el 20% de la secció corresponent.
- Si posen incorrectament el signe de reacció reversible (dues fletxes) o reacció irreversible (una fletxa), descompteu el 10% de la secció corresponent.