



Sèrie 4

L'alumnat ha de respondre les 4 preguntes proposades.

Les tres primers preguntes consten de dos apartats (a i b) que valen sempre 1,25 punts. La pregunta quatre consta de quatre apartats dels quals només s'han de respondre dos.

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

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



Exercici 1a

Configuracions electròniques dels elements

Li (Z=3) $1s^2, 2s^1$
C (Z=6) $1s^2, 2s^2, 2p^2$
Co (Z=27) $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^7$

[0,15 p.]

Justificació de grup, període i bloc

Liti

Li (Z=3) és del **període 2** (n=2), del **grup 1** ($2s^1$) o metall alcalí, perquè la configuració electrònica acaba en ns^1 , i pertany al **bloc s** (s^1). [0,25 p.]

Carboni

C (Z=6) és del **període 2** (n=2), del **grup 14** ($2s^2, 2p^2$) o grup del carboni, perquè la configuració electrònica acaba en np^2 , i pertany al **bloc p** (p^2). [0,25 p.]

Cobalt

Co (Z=27) és del **període 4** (n=4), del **grup 9** ($3s^2, 4s^2, 3d^7$) o metall de transició, perquè la configuració electrònica acaba en $ns^2(n-1)d^7$, i pertany al **bloc d** (d^7). [0,25 p.]

Comparació de radi de sodi i de potassi

Configuracions electròniques Na i K

Na (Z=11) $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^1$
K (Z=19) $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^1$

[0,10 p.]

Comparació de radis

L'àtom de potassi (K) té la capa més externa amb n=4 ($4s^1$) i l'àtom de sodi té la capa més externa amb n=3 ($3s^1$). A més, l'àtom de potassi té més protons i electrons que l'àtom de sodi i això provoca que l'atracció de les càrregues positives (nucli) amb les negatives (electrons) sigui més gran en el sodi que en el potassi, i el radi sigui, per tant, més petit.

⇒ El radi de l'àtom de sodi és inferior al radi de l'àtom de potassi: **radi Na < radi K**

[0,25 p.]



Exercici 1b

Freqüència i longitud d'ona d'un foto capaç de ionitzar un àtom de Ag

- Primer cal passar l'energia per mol a energia per àtom (emprant el N_A):

$$731 \cdot \frac{kJ}{mol} \cdot \frac{1 mol}{6,02 \times 10^{23} \text{ àtoms}} \cdot \frac{10^3 J}{1 kJ} = 1,214 \times 10^{-18} \text{ J àtom}^{-1} \quad [0,15 \text{ p.}]$$

- A partir de l'equació de Planck es relaciona l'energia de la radiació amb la freqüència:

$$E = h \nu \quad [0,10 \text{ p.}]$$

$$\nu = E / h \Rightarrow \nu = 1,214 \times 10^{-18} \text{ J àtom}^{-1} / 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\nu = 1,831 \times 10^{15} \text{ s}^{-1} \quad (\text{ó } 1,8431 \times 10^{15} \text{ Hz}) \quad [0,30 \text{ p.}]$$

- Càlcul de la longitud d'ona de la radiació anterior:

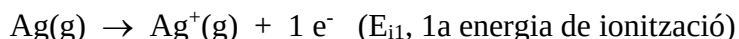
$$\lambda = c / \nu \quad [0,10 \text{ p.}]$$

$$\lambda = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} / 1,831 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda = 1,638 \times 10^{-7} \text{ m} \quad [0,30 \text{ p.}]$$

Per què és positiu el signe de l'energia d'ionització?

L'energia d'ionització de la plata és la quantitat d'energia que cal subministrar a un àtom de Ag en estat gasós per arrencar-li un electró:



L'energia de ionització és una **magnitud** amb **signe positiu** perquè, en condicions normals, un àtom mai desprèn energia de forma espontània i **s'ha de aportar energia a l'àtom en estat gasos per extreure-hi un electró**.

[0,30 p.]



Exercici 2a

Formulació: Àcid clorhídric HCl

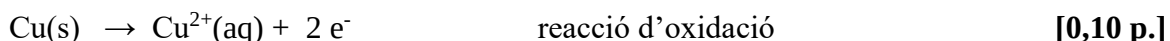
[-0,50 p. si no formulen bé]

Escriure les semireaccions

Oxidació-reducció del Zn amb HCl



Oxidació-reducció del Cu amb HCl



Procedència de les bombolles d'hidrogen

Raonament 1 (calcular la FEM de la cel·la electroquímica)

Una reacció redox té lloc de forma espontània si $E^0 > 0$ quant el $E^0 < 0$ la reacció no té lloc.

Càlcul de la FEM de la pila

Cas del Zn:

$$E(\text{pila}) = E^0 \text{ reducció} - E^0 \text{ oxidació} = 0 \text{ V} - (-0,76 \text{ V}) = +0,76 \text{ V} \quad [0,15 \text{ p.}]$$

$$\Rightarrow E^0 > 0$$

Cas del Cu:

$$E(\text{pila}) = E^0 \text{ reducció} - E^0 \text{ oxidació} = 0 \text{ V} - 0,34 \text{ V} = -0,34 \text{ V} \quad [0,15 \text{ p.}]$$

$$\Rightarrow E^0 < 0$$

En aquest cas la única reacció redox possible és la reacció del **Zn** amb **HCl** per produir **H₂**, perquè $E^0 > 0$ (+0,76 V).

El Cu és un element que no reacciona amb HCl de forma espontània perquè el potencial de la pila és $E^0 < 0$ (-0,34 V).

[0,35 p.]



Raonament 2 (comparar el potencial de les dues semireaccions redox)

Una reacció redox té lloc de forma espontània si $E^0 > 0$ quant el $E^0 < 0$ la reacció no té lloc, perquè passi això **el potencial de l'espècie que es redueix ha de ser més gran que el de l'espècie que s'oxida.** [0,20 p.]

En el cas del Zn el potencial de la reducció del H^+ (0,0 V) és més gran que el potencial de la reducció del Zn^{2+} (-0,76 V), per tant la **reacció és espontània.** [0,10 p.]

En el cas del Cu el potencial de la reducció del H^+ (0,0 V) és més petit que el potencial de reducció del Cu^{2+} (0,34 V), per tant la **reacció no és espontània.** [0,10 p.]

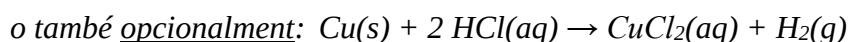
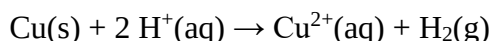
Per tant, la única reacció redox possible és la **reacció del Zn amb HCl per produir H_2** , perquè $E^0 > 0$. [0,25 p.]



Exercici 2b

Temps en hores

Si es fa passar una corrent de 2 A es **produceix la reacció d'oxidació del Cu** (de la peça d'aliatge) **amb el HCl** per produir Cu^{2+} i H_2 segons la reacció:



Càlcul mols d'hidrogen formats utilitzant l'equació dels gasos ideals:

Les condicions experimentals són:

$$V = 2,8 \text{ L}$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$T = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$P V = n R T$$

$$n = (P V) / (R T)$$

$$n = (1 \text{ atm} \times 2,8 \text{ L}) / (0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 298 \text{ K})$$

$$\Rightarrow n = 0,114 \text{ mol de H}_2$$

[0,25 p.]

Càlcul del temps en hores que ha de passar la corrent de 2 A per produir 0,114 mol H_2 :

A partir de la reacció: $2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$, es calcula la **càrrega necessària (Q)** per dur a terme el procés i el **temps en hores**:

$$0,114 \text{ mol H}_2 \cdot \frac{2 \text{ mol e}^-}{1 \text{ mol H}_2} \cdot \frac{96500 \text{ C}}{1 \text{ mol e}^-} = 22002 \text{ C} \Rightarrow Q = 22002 \text{ C} \quad [0,30 \text{ p.}]$$

$$\text{Com } Q = I \cdot t, \text{ i } I = 2 \text{ A} \quad [0,10 \text{ p.}]$$

$$\text{Per tant, } 22002 \text{ C} = 2 \text{ A} \cdot t (\text{s}) \Rightarrow t = 22002 \text{ C} / 2 \text{ A} = 11001 \text{ s}$$

$$\text{Passem el temps a hores } t = 11001 \text{ s} / 3600 \text{ s h}^{-1} = 3,056 \text{ h} \Rightarrow t = 3,056 \text{ h} \quad [0,35 \text{ p.}]$$

Massa de Cu que ha reaccionat

$$0,114 \text{ mol H}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol Cu}}{1 \text{ mol H}_2} \cdot \frac{63,5 \text{ g}}{1 \text{ mol Cu}} = 7,239 \text{ g de Cu} \Rightarrow \text{grams de Cu} = 7,239 \text{ g} \quad [0,25 \text{ p.}]$$



Exercici 3a

Explicació de que és l'energia d'enllaç

L'energia d'enllaç és l'energia que es desprèn quan es forma un **enllaç** entre **dos àtoms** en **estat gasós**.

[0,25 p.]

Càlcul de l'entalpia de la reacció a 25°C

L'entalpia estàndard d'una reacció es pot calcular a partir de les energies dels enllaços trencats (reactius) menys les energies dels enllaços formats (productes):

$$\Delta H_r^\circ = \sum n_r E_{\text{trencats}} - \sum n_p E_{\text{formats}} \quad [0,15 \text{ p.}]$$

Per la reacció: $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$

En els reactius cal trencar:

1 enllaç $\text{N}\equiv\text{N}$
3 enllaços $\text{H}-\text{H}$

En els productes cal formar:

6 enllaços $\text{N}-\text{H}$ perquè es formen **2 mol d'amoníac**

Per tant,

$$\Delta H_r^\circ = [(1 E_{\text{N}\equiv\text{N}} + 3 E_{\text{H}-\text{H}})] - [(6 E_{\text{N}-\text{H}})] \quad [0,30 \text{ p.}]$$

$$\Delta H_r^\circ = [(1 \times 954) + (3 \times 436)] - [(6 \times 388)] = -66 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H_r^\circ = -66 \text{ kJ mol}^{-1} \quad [0,20 \text{ p.}]$$

Càlcul de la variació d'energia interna de la reacció a 25°C

$$\Delta H_r^\circ = \Delta U^\circ + \Delta n R T \quad [0,10 \text{ p.}]$$

$$\Delta n = 2 - 4 = -2 \text{ mol}$$

$$-66 \text{ kJ} \frac{1000 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} = \Delta U^\circ + (-2) \times 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{mol}^{-1} \times 298 \text{ K}$$

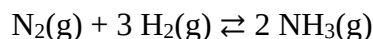
$$\Delta U_r^\circ = -66.000 \text{ J} + 2 \times 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{mol}^{-1} \times 298 \text{ K} = -61.044,86 \text{ J mol}^{-1}$$

$$\Delta U_r^\circ = -61.044,86 \text{ J mol}^{-1} \quad [0,25 \text{ p.}]$$



Exercici 3b

Concentració d'amoníac i nitrogen a l'equilibri



Mols a l'inici	0,90	1,5	-	
Mols a l'equilibri	0,90 - x	1,5 - 3x	2x	[0,15 p.]

Càlcul de x

[H₂] a l'equilibri és 0,2 M, per tant el número de mols d'hidrogen és:

$$[\text{H}_2] = \frac{\text{mol H}_2}{V_{\text{reactor}}} = 0,2 \text{ M} \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right)$$

$$\text{mols H}_2 = [\text{H}_2] \times V_{\text{reactor}} = 0,2 \text{ mol L}^{-1} \times 2,5 \text{ L} = \mathbf{0,5 \text{ mol H}_2}$$

A l'equilibri hi ha **0,5 mol de H₂(g)**, per tant:

$$0,5 = 1,5 - 3x \Rightarrow x = -(0,5 - 1,5) / 3 = 0,333 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow \mathbf{x = 0,333 \text{ mol}} \quad [0,30 \text{ p.}]$$

Concentració de N₂ i NH₃ a l'equilibri

$$[\text{N}_2] = \frac{\text{mol N}_2}{V_{\text{reactor}}} = \frac{(0,90 - 0,333) \text{ mol}}{2,5 \text{ L}} = \frac{0,57 \text{ mol}}{2,5 \text{ L}} = 0,227 \text{ M} \quad [0,20 \text{ p.}]$$

$$[\text{NH}_3] = \frac{\text{mol NH}_3}{V_{\text{reactor}}} = \frac{2 \times 0,333 \text{ mol}}{2,5 \text{ L}} = \frac{0,66 \text{ mol}}{2,5 \text{ L}} = 0,266 \text{ M} \quad [0,20 \text{ p.}]$$

Raonament condicions de realització de la reacció

Increment de pressió

En **augmentar la pressió**, segons el principi de Le Châtelier, **l'equilibri es desplaça cap el sentit amb menys nombre de mols**, per d'aquesta manera produir una disminució de la pressió. En aquest cas $\Delta n = -2$ ($\Delta n = \sum n_{\text{productes}} - \sum n_{\text{reactius}} = 2 - 4 = -2$) i l'efecte serà que la reacció és desplaçarà en el sentit dels productes (cap a la dreta) i **es produirà més NH₃**.

$\Rightarrow$ **Si la pressió augmenta s'afavoreix la reacció directa** (cap a la dreta) [0,20 p.]

Eliminació de l'amoníac

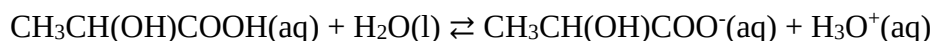
L'amoníac és el producte de la reacció, en **eliminar-lo es disminueix la concentració del producte**, per compensar l'equilibri **es desplaça cap a la formació de productes** i, per tant, **es produirà més NH₃**. [0,20 p.]



Exercici 4a

Càlcul del pH

Càlcul de x



Concent. inici	$1,00 \times 10^{-3} \text{ M}$	—	—
Concent. equilibri	$1,00 \times 10^{-3} \text{ M} - x$	x	x

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}]}$$

$$1,38 \times 10^{-4} = \frac{[(x) \cdot (x)]}{(1,00 \times 10^{-3} - x)} = \frac{(x^2)}{(1,00 \times 10^{-3} - x)} \quad (\text{equació 1}) \quad [0,15 \text{ p.}]$$

$$x^2 + 1,38 \times 10^{-4} x - 1,38 \times 10^{-7} = 0$$

Resolent l'equació quadràtica es troba $x = 0,00030 \text{ M}$. L'altre solució és negativa.

La concentració de H_3O^+ a l'equilibri és:

$$\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,00030 \text{ M} \quad [0,20 \text{ p.}]$$

$$\Rightarrow \text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log (0,00030) \Rightarrow \text{pH} = 3,52 \quad [0,30 \text{ p.}]$$

Grams d'àcid làctic per preparar 0,5 L de solució

Massa molecular

$$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH} : 3 \times 12,0 + 6 \times 1,0 + 3 \times 16 = 90 \text{ g mol}^{-1} \quad [0,15 \text{ p.}]$$

$$0,001 \text{ M àcid làctic} / 1 \text{ L} \times 90 \text{ g} / 1 \text{ mol d'àcid làctic} \times 0,5 \text{ L} =$$

$$= 0,045 \text{ g d'àcid làctic} \quad [0,25 \text{ p.}]$$

Material de vidre

El material de vidre que és imprescindible utilitzar per a preparar 0,5 L d'aquesta dissolució de concentració exactament coneguda és un **matràs aforat de 0,5 L**.

Justificació:

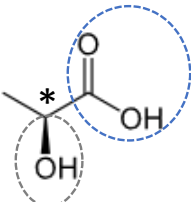
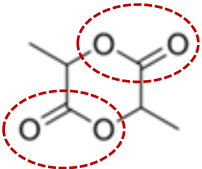
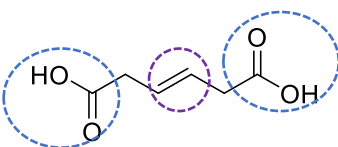
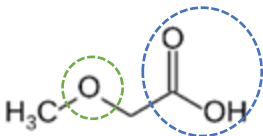
El matràs aforat és un material de vidre volumètric que conté un **volum exacte de líquid**. S'utilitza per a preparar amb exactitud un determinat volum de dissolució d'una concentració coneguda.

En aquest cas, un volum d'un 0,5 L.

[0,20 p.]



Exercici 4b

Molècula	Grups funcionals	Centre quiral
 Àcid làctic	Presenta dos grups funcionals diferents: - 1 alcohol (-OH) - 1 àcid carboxílic (-COOH) [0,20 p.]	<u>Hi ha un centre quiral.</u> És el <u>carboni enllaçat al grup funcional alcohol (*)</u> . És un estereocentre tetraèdric o carboni asimètric enllaçat a quatre substituents diferents: H, OH, CH ₃ i COOH. [0,20 p.]
 Lactida	Presenta només un tipus de grup funcional (èster cíclic): - 2 èster cíclics (-COO). <i>Opcional: també anomenat lactona.</i> [0,10 p.]	
 Substància C	Presenta dos grups funcionals diferents: - 1 doble enllaç C=C - 2 grups d'àcid carboxílic (-COOH) [0,20 p.]	No hi ha cap centre quiral perquè no hi ha cap carboni estereocentre tetraèdric amb quatre substituents diferents en la molècula. <i>Opcional:</i> Si que hi ha isomeria <i>cis/trans</i> . [0,20 p.]
 Substància D	Presenta dos grups funcionals diferents: - 1 èter (-O-) - 1 àcid carboxílic (-COOH) [0,20 p.]	

Quiralitat molecular

La **quiralitat** és la propietat que tenen certes **molècules** que **no són superposables** a la seva **imatge especular**. Les **molècules quirals** són aquelles que **contenen al menys un estereocentre** o **carboni asimètric** (carboni tetraèdric amb quatre substituents diferents) en la seva estructura i **presenten activitat òptica**.

[0,15 p.]



Exercici 4c

Identificació isòmers de l'àcid làctic i la lactina

Sí, son isòmers estructurals perquè tenen la mateixa fórmula molecular però diferents grups funcionals. [0,15 p.]

L'isòmer de la molècula de l'àcid làctic (A) és la molècula de la **substància D**.

Es confirma perquè les fórmules moleculars són les mateixes ($C_3H_6O_3$). Són **isòmers estructurals o constitucionals de grup funcional**, tenen grups **funcionals diferents** en un i altre, en lloc de un grup alcohol: $-OH$ (molècula d'àcid làctic) hi ha un èter: $C-O-C$ (molècula de la substància D).

[0,40 p.]

L'isòmer de la molècula de la **lactida** (B) és la molècula de la **substància C**.

Es confirma perquè les fórmules moleculars són les mateixes ($C_6H_8O_4$). Són isòmers **estructurals o constitucionals de grup funcional**, tenen grups **funcionals diferents** en un i altre, en lloc de dos grups d'àcid carboxílic (substància C) hi ha dos èsters cíclics (molècula de lactida), un té un doble enllaç (substància C) i l'altre té un tancament d'anell (molècula de lactida).

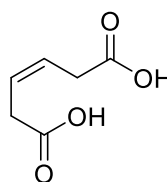
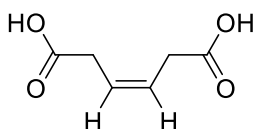
[0,40 p.]

Isòmer geomètric molècula C

L'estereoisòmer geomètric de la substància C és un isòmer del tipus **cis/trans** que es produeix en alquens i cicloalcanes.

La substància C de l'enunciat és l'isòmer **trans** perquè té els grups carboxílics en costats diferents del doble enllaç.

Per tant, l'isòmer que hi ha que dibuixar és l'isòmer **cis** perquè tal i com està dibuixat a l'enunciat és el **trans**.



[0,30 p.]



Exercici 4d

Senyals dels enllaços i grups funcionals característics de les molècules

Enllaços molècula d'àcid làctic: té un grup carboxílic i un grup alcohol. Els enllaços son **C-H**, **C=O**, **C-O** i **O-H**

Enllaços molècula de lactida: té èsters cíclics. Els enllaços son: **C-H**, **C-O**, **C=O**.

[0,20 p.]

Pics principals en l'espectre de l'àcid làctic

En l'espectre de l'àcid làctic s'aprecien 3 pics principals a aproximadament 3550 cm^{-1} , 1750 cm^{-1} i 1100 cm^{-1} .

Pic 3550 cm^{-1} correspon a un enllaç O-H (3650 a 3300 cm^{-1})

Pic 1750 cm^{-1} correspon a un enllaç C=O (1750 a 1650 cm^{-1})

Pic 1100 cm^{-1} correspon a un enllaç C-O (1260 a 1000 cm^{-1})

Opcional: Pic a 3000 cm^{-1} corresponent a un enllaç C-H (3000 a 2850 cm^{-1})

[0,60 p.]

Diferències amb l'espectre de la lactida

Els pics a 1750 cm^{-1} (C=O) i 1100 cm^{-1} (C-O) serien comuns a la lactida (èster cíclic), però el pic de l'enllaç O-H (3550 cm^{-1}) no es veuria perquè no hi ha cap grup alcohol en la molècula de lactida.

Opcional: El pic a 3000 cm^{-1} , corresponent a l'enllaç C-H, també seria comú a ambdues molècules.

[0,45 p.]