Generalitat de Catalunya
Consell Interuniversitari de Catalunya
Oficina d'Accés a la Universitat

2026

Proves d'accés a la universitat

Química

Sèrie 2

Espai per a la correcció

Qualificació	
Exercici 1	
Exercici 2	
Exercici 3	
Exercici 4	
Suma de notes parcials	
Qualificació final	

Espai per a la revisió

Comprovació	2a correcció

Etiqueta de qualificació

Etiqueta de correcció

Etiqueta de l'estudiant

Ubicació del tribunal .....

Número del tribunal .....

L'examen consta de QUATRE exercicis obligatoris. Cada exercici val 2,5 punts. Feu els exercicis 1, 2 i 3, i responeu a TOTES les qüestions corresponents. A l'exercici 4, responeu a només DOS dels quatre apartats que s'hi plantegen. Si en contesteu més de dos, només es valoraran els dos primers.

Podeu utilitzar calculadora, però no es permet l'ús de calculadores o altres aparells capaços d'emmagatzemar dades o de transmetre o rebre informació.

Les respostes han de ser clares i han d'estar redactades de manera coherent i cohesionada, amb correcció gramatical, lèxica i ortogràfica.

Exercici 1

[2,5 punts en total]

Puntuació total de l'exercici 1	

Els fotocatalitzadors són compostos capaços de promoure una reacció química quan són irradiats amb llum i s'apliquen en camps tan diversos com la degradació de contaminants, la producció d'hidrogen verd o la valorització de les emissions de CO_2. Un dels fotocatalitzadors més populars utilitzat en algunes d'aquestes aplicacions és el diòxid de titani (TiO_2), un semiconductor que absorbeix radiació ultraviolada (UV).

1.1. El TiO_2 es pot obtenir a partir de la reacció següent:

$$TiCl_4(l) + O_2(g) \rightarrow TiO_2(s) + 2\,Cl_2(g)$$

Calculeu la variació d'energia lliure de Gibbs estàndard d'aquesta reacció a 25 °C.

Indiqueu si es tracta d'un procés espontani en condicions estàndard a 25 °C, i determineu en quin interval de temperatures ho serà, si assumim que l'entalpia i l'entropia de la reacció no varien amb la temperatura.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.1	

1.2. Alguns dels contaminants que poden ser degradats mitjançant l'acció del diòxid de titani sota irradiació amb llum UV són el diclorometà (CH_2Cl_2), el dibromometà (CH_2Br_2) o el tetracloroetè (C_2Cl_4).

Representeu les estructures de Lewis d'aquests tres compostos organohalogenats i predigueu quina serà la seva geometria segons la teoria de repulsió dels parells d'electrons de la capa de valència (RPECV). En el cas del tetracloroetè, digueu quina serà la geometria al voltant de cadascun dels àtoms de carboni de la molècula.

Expliqueu de manera justificada si el tetracloroetè és un compost polar o no.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.2	

DADES: Nombres atòmics: $Z(H) = 1$; $Z(C) = 6$; $Z(Cl) = 17$; $Z(Br) = 35$.
Electronegativitat segons l'escala de Pauling: H = 2,20; C = 2,55; Cl = 3,16; Br = 2,96.

Substància	$TiCl_4(l)$	$O_2(g)$	$TiO_2(s)$	$Cl_2(g)$
Entalpia estàndard de formació a 25 °C ΔH_f° *(kJ mol*$^{-1}$*)*	–763,2	0,0	–944,0	0,0
Entropia estàndard absoluta a 25 °C S° *(J mol*$^{-1}$ *K*$^{-1}$*)*	+353,2	+205,0	+51,0	+223,0

Exercici 2

[2,5 punts en total]

Puntuació total de l'exercici 2	

Les persones amb deficiències de ferro i de vitamines, com els adolescents en creixement, les dones embarassades o els atletes, sovint han de prendre comprimits multivitamínics amb ferro i vitamines dels grups B i C per a ajudar a reduir el cansament i la fatiga, promoure la formació de glòbuls vermells i millorar el metabolisme. La determinació quantitativa de ferro en aquests comprimits es pot portar a terme mitjançant la reacció redox de l'ió Fe^{2+} amb una solució de Ce^{4+} de concentració coneguda.

2.1. Escriviu la reacció redox entre els ions Fe^{2+} i Ce^{4+} i justifiqueu quin dels reactius és el reductor i quin és l'oxidant.

Determineu si aquesta reacció té lloc de forma espontània en condicions estàndard a 25 °C. Justifiqueu la resposta.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 2.1	

2.2. L'ió Fe^{2+} forma una sal insoluble amb l'anió sulfur, de manera anàloga al que passa amb altres ions de metalls de transició com els ions Pb^{2+}, Ag^{+} o Cu^{2+}.

Calculeu la solubilitat del sulfur de ferro(II) en aigua a 25 °C.

Expliqueu de manera raonada si l'addició d'alguna de les següents sals solubles en aigua permetria augmentar la solubilitat del sulfur de ferro(II): *a*) Na_2S i *b*) $AgNO_3$.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 2.2	

DADES: Potencials estàndard de reducció a 25 °C:

$E°(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = 0{,}77$ V;

$E°(Ce^{4+}/Ce^{3+}) = 1{,}44$ V.

Productes de solubilitat a 25 °C:

$K_{ps}(FeS) = 8{,}00 \times 10^{-19}$;

$K_{ps}(Ag_2S) = 8{,}00 \times 10^{-51}$.

Exercici 3

[2,5 punts en total]

Puntuació total de l'exercici 3	

L'acetat de sodi o etanoat de sodi (CH_3COONa) és un dels conservants alimentaris (etiquetat com a E 262) més utilitzats, ja que serveix per a regular l'acidesa, potenciar el sabor i allargar la vida útil dels aliments. Per aquests motius, és comú trobar-lo com a additiu en diverses salses culinàries. La determinació de la seva concentració en aquestes salses es pot dur a terme de manera directa mitjançant una valoració àcid-base.

3.1. Quan l'acetat de sodi es dissol en aigua, es comporta com un àcid o com una base? Escriviu la reacció que justifica la vostra resposta.

Al laboratori es disposa de solucions patró d'àcid clorhídric i d'hidròxid de sodi de concentració coneguda (0,010 M), així com d'ataronjat de metil com a indicador àcid-base, amb un interval de viratge entre pH 3,1 i 4,0. Quina d'aquestes solucions patró utilitzaríeu per a determinar la concentració d'acetat de sodi en una salsa culinària? Justifiqueu la resposta.

Escriviu la reacció de neutralització que es produeix en aquesta valoració àcid-base i expliqueu de manera raonada si el pH en el punt d'equivalència serà àcid, bàsic o neutre. Seria correcte utilitzar en la valoració l'ataronjat de metil com a indicador?

La valoració de 50 mL d'una salsa culinària consumeix 15,6 mL del patró corresponent. Calculeu la concentració d'acetat de sodi en aquesta salsa (en $g\,L^{-1}$).

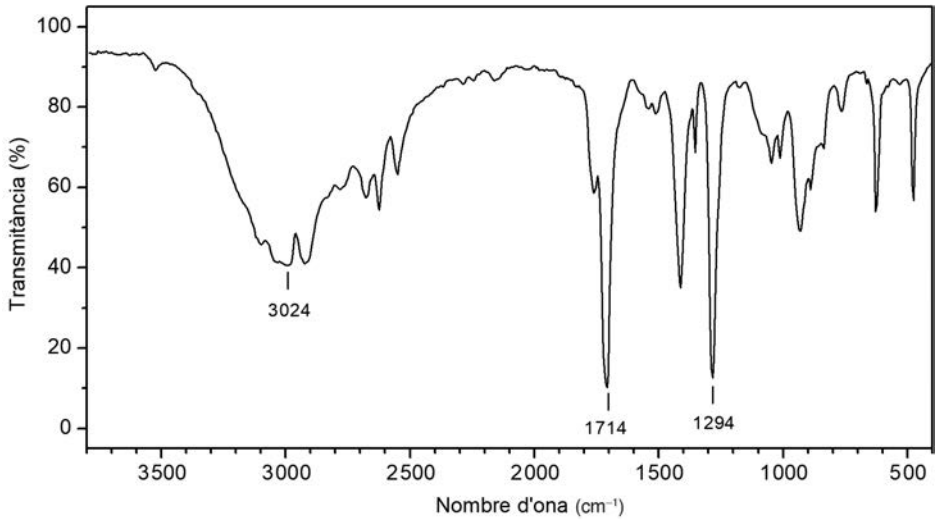
[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 3.1	

3.2. Al gràfic següent es mostra un espectre d'absorbància d'infraroig (IR).

Dels tres pics marcats a l'espectre, quin correspon al de més energia? Calculeu la freqüència, la longitud d'ona i l'energia corresponents a aquest pic.

Utilitzant les dades espectrals que es mostren, justifiqueu si l'espectre d'IR correspon a l'acetat de sodi o al seu producte de neutralització àcid-base.



[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 3.2	

DADES: Nombres atòmics: $Z(H) = 1$; $Z(C) = 6$; $Z(O) = 8$.
Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0; Na = 23,0; Cl = 35,5.
Constant d'acidesa de l'àcid acètic a 25 °C: $K_a(CH_3COOH) = 1{,}78 \times 10^{-5}$.
Velocitat de la llum en el buit: $c = 3{,}0 \times 10^8\ m\,s^{-1}$.
Constant de Planck: $h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ J\,s$.
$1\ nm = 10^{-9}\ m$.

Dades espectroscòpiques a la regió de l'infraroig	
Enllaç	*Interval de nombre d'ona (cm^{-1})*
O—H (en grups àcid carboxílic)	3 550-2 500
C—H	3 000-2 850
C═O (en grups àcid carboxílic)	1 800-1 650
C═O (en grups àcid carboxílic desprotonats)	1 610-1 550

Exercici 4

[2,5 punts en total]

Puntuació total de l'exercici 4	

Responeu només a DOS dels quatre apartats que es plantegen (4.1, 4.2, 4.3 i 4.4).

L'ús de fertilitzants químics és una pràctica habitual en l'agricultura moderna per a augmentar el rendiment dels conreus. Un dels més utilitzats és el nitrat d'amoni (NH_4NO_3), que aporta nitrogen en dues formes que les plantes poden assimilar: l'ió amoni (NH_4^+) i l'ió nitrat (NO_3^-). Aquest compost és molt soluble en aigua i, en dissoldre's, pot modificar el pH del sòl, i per tant, afectar la disponibilitat dels nutrients minerals.

Quan es dissol en aigua, el nitrat d'amoni es dissocia completament:

$$NH_4NO_3(s) \rightarrow NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

I l'ió amoni format es comporta com un àcid feble segons l'equilibri següent:

$$NH_4^+(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_3(aq) + H_3O^+(aq) \qquad K_a = 5{,}62 \times 10^{-10} \text{ a } 25\,^\circ\text{C}$$

En els sòls agrícoles, el pH influeix fortament en la disponibilitat dels nutrients. Amb valors de pH baixos, els ions Fe^{2+} i Mn^{2+} es tornen més solubles, però el fòsfor (en forma de PO_4^{3-}) queda retingut i esdevé menys accessible per a les plantes. D'altra banda, amb valors de pH alts passa el contrari: el ferro es torna insoluble i menys accessible per a les plantes, mentre que el fòsfor es troba més disponible.

4.1. Determineu les concentracions (en molaritat) de totes les espècies presents en equilibri (incloent-hi els ions OH^-) en una mostra que conté 14,25 g de nitrat d'amoni dissolts en 100,0 mL d'aigua a 25 °C.

Expliqueu de manera raonada si la solució resultant acidifica o alcalinitza el sòl i com això pot afectar la disponibilitat de ferro i de fòsfor per a les plantes.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.1	

4.2. En els sòls agrícoles, l'ió amoni es pot oxidar fins a nitrat mitjançant l'acció de diversos microorganismes. Per exemple, els enzims dels bacteris del gènere *Nitrosomonas* inicien aquest procés catalitzant la formació de nitrit a partir d'amoni:

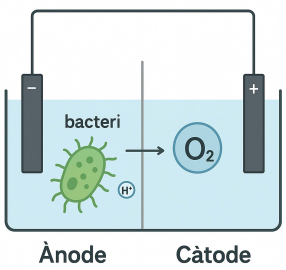
$$2\,NH_4^+(aq) + 3\,O_2(g) \xrightarrow{Nitrosomonas} 2\,NO_2^-(aq) + 4\,H^+(aq) + 2\,H_2O(l)$$

Aquesta reacció és lenta i la seva velocitat depèn de diversos factors ambientals. Expliqueu de manera justificada quin efecte tindran els factors següents sobre la velocitat d'aquesta reacció: *a*) un augment de la temperatura, en un interval que no afecti la proliferació ni l'estabilitat dels bacteris de tipus *Nitrosomonas*; *b*) un augment de la concentració d'oxigen en remoure el terreny amb un motocultor, i *c*) l'acidificació del medi, que redueix la població de bacteris del gènere *Nitrosomonas*.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.2	

4.3. Els microorganismes que es troben a la terra també poden oxidar la matèria orgànica que els envolta, i aquest fenomen es pot utilitzar per a generar electricitat en les anomenades *biopiles* (o *microbial fuel cells*). Tal com es mostra a la figura, en una biopila senzilla els bacteris del compartiment de l'ànode descomponen compostos orgànics presents al sòl i alliberen electrons i protons. Els electrons es dirigeixen cap al càtode a través d'un circuit extern, i generen corrent elèctric, mentre que els protons travessen una membrana fins al càtode, on reaccionen amb l'oxigen i formen aigua.



Escriviu la semireacció que té lloc al càtode d'una biopila.

Si en una biopila s'obtenen 0,25 A de corrent de manera constant, calculeu quants grams d'oxigen es consumeixen al càtode en 1 h de funcionament.

[1,25 punts]

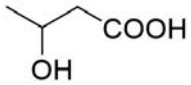
Puntuació de l'apartat 4.3	

4.4. Quan les biopiles s'emmagatzemen sota terra, alguns fenòmens ambientals poden afectar-ne el rendiment i també poden condicionar l'estabilitat del corrent elèctric que subministren. Per aquest motiu, s'han de protegir amb una carcassa, que sovint es fa de polipropilè (o polipropè, PP) o d'un polièster biodegradable de tipus polihidroxialcanoat (PHA).

A partir de les estructures dels monòmers utilitzats per a la síntesi del PP (propilè o propè) i del PHA (àcid 3-hidroxibutanoic), dibuixeu les estructures d'aquests polímers.



Propilè



Àcid 3-hidroxibutanoic

Quin tipus de reaccions de polimerització condueixen a la formació del PP i el PHA?

La molècula d'àcid 3-hidroxibutanoic és quiral? Justifiqueu la resposta.

Dibuixeu els isòmers estructurals (o constitucionals) següents per a l'àcid 3-hidroxibutanoic: un isòmer estructural de cadena i un isòmer estructural de posició.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.4	

DADES: Nombres atòmics: $Z(\mathrm{H}) = 1$; $Z(\mathrm{C}) = 6$; $Z(\mathrm{O}) = 8$.
Masses atòmiques relatives: H = 1,0; N = 14,0; O = 16,0.
Constant d'ionització de l'aigua a 25 °C: $K_w = 1{,}0 \times 10^{-14}$.
Constant de Faraday: $F = 96\,500\ \mathrm{C\ mol^{-1}}$.
$1\ \mathrm{A} = 1\ \mathrm{C\ s^{-1}}$.

[Podeu utilitzar aquestes pàgines per a acabar de respondre a algun exercici.]

Comprovació i 2a correcció:

3a correcció:

Etiqueta de l'estudiant

IEC
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 2

L'alumnat ha de respondre les 4 preguntes proposades.

Les tres primeres preguntes consten de dos apartats que valen 1,25 punts cadascun d'ells. La pregunta quatre consta de quatre apartats dels quals només s'han de respondre dos. En cas de respondre més de dos, només es corregiran els dos primers (1,25 punt per apartat).

Com a norma general, tingueu en compte que un error no s'ha de penalitzar dues vegades. Si un càlcul necessita un resultat anterior, sigui d'un apartat anterior o un càlcul previ del mateix apartat, 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).

La pauta que es presenta ha de servir al corrector/a per valorar cada apartat de 0 a 1,25 punts, No és obligatori que l'alumne hagi seguit, estrictament, els passos que s'indiquen en aquesta pauta. L'alumne pot arribar a la resposta final (qualitativa o quantitativa) mitjançant altres raonaments o processos; queda a criteri del corrector/a donar-los com a totalment o parcialment vàlids o com a no vàlids.

Quan la resposta a un apartat està incompleta, aquesta pauta marca quantes dècimes de punt cal posar a partir dels passos que l'alumne ha fet bé o quantes dècimes de punt cal treure a la puntuació màxima en funció dels passos que l'alumne no ha fet bé (o no ha fet).

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

Cada resultat numèric final (o intermedi rellevant) que s'expressi sense unitats o amb unitats incorrectes, es penalitzarà amb 0,10 punts. En cap cas un apartat pot tenir una puntuació "negativa".

Exercici 1.1 [1,25 punts]

- **Càlcul de la variació d'energia lliure de Gibbs de la reacció**

$$TiCl_{4\,(l)} + O_{2\,(g)} \rightarrow TiO_{2\,(s)} + 2\,Cl_{2\,(g)}$$

La variació de l'energia lliure de Gibbs d'aquesta reacció a 25 ºC ($\Delta G^\circ_{reacció}$) es pot calcular a partir de les corresponents variacions d'entalpia ($\Delta H^\circ_{reacció}$) i entropia ($\Delta S^\circ_{reacció}$) de la reacció.

- Càlcul de $\Delta H^\circ_{reacció}$:

El càlcul de $\Delta H^\circ_{reacció}$ a 25 ºC es pot fer a partir de les entalpies de formació de reactius ($\Delta H^\circ_{f,reactius}$) i productes ($\Delta H^\circ_{f,productes}$):

$$\Delta H^\circ_{reacció} = \sum_{productes} n_{productes} \cdot \Delta H^\circ_{f,productes} - \sum_{reactius} n_{reactius} \cdot \Delta H^\circ_{f,reactius}$$

[0,10 punts]

Operant amb la fórmula de $\Delta H^\circ_{reacció}$, s'obté:

$$\Delta H^\circ_{reacció} = (1 \cdot \Delta H^\circ_{f,TiO_2} + 2 \cdot \Delta H^\circ_{f,Cl_2}) - (1 \cdot \Delta H^\circ_{f,TiCl_4} + 1 \cdot \Delta H^\circ_{f,O_2})$$

$$\Delta H^\circ_{reacció} = (-944{,}0) - (-763{,}2) = -180{,}8 \text{ kJ mol}^{-1} = -180{,}8 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}$$

[0,15 punts]

- Càlcul de $\Delta S^\circ_{reacció}$:

El càlcul de $\Delta S^\circ_{reacció}$ a 25 ºC es pot fer a partir de les entropies absolutes de reactius ($S^\circ_{reactius}$) i productes ($S^\circ_{productes}$):

$$\Delta S^\circ_{reacció} = \sum_{productes} n_{productes} \cdot S^\circ_{productes} - \sum_{reactius} n_{reactius} \cdot S^\circ_{reactius}$$

[0,10 punts]

Operant amb la fórmula de $\Delta S^\circ_{reacció}$, s'obté:

$$\Delta S^\circ_{reacció} = (1 \cdot S^\circ_{TiO_2} + 2 \cdot S^\circ_{Cl_2}) - (1 \cdot S^\circ_{TiCl_4} + 1 \cdot S^\circ_{O_2})$$

$$\Delta S^\circ_{reacció} = (51{,}0 + 2 \cdot 223{,}0) - (353{,}2 + 205{,}0) = -61{,}2 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

[0,15 punts]

- Càlcul de $\Delta G^\circ_{reacció}$:

El càlcul de $\Delta G^\circ_{reacció}$ a 25 ºC es pot fer a partir de $\Delta H^\circ_{reacció}$ i $\Delta S^\circ_{reacció}$ utilitzant la següent expressió:

$$\Delta G^\circ_{reacció} = \Delta H^\circ_{reacció} - T \cdot \Delta S^\circ_{reacció}$$

[0,10 punts]

Operant amb la fórmula de $\Delta G^\circ_{reacció}$, s'obté:

$$\Delta G^\circ_{reacció} = -180{,}8 \cdot 10^3 - 298 \cdot (-61{,}2) = -162{,}56 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1} \text{ (o } -162{,}56 \text{ kJ mol}^{-1})$$

[0,15 punts]

- **Espontaneïtat de la reacció**

  - Espontaneïtat de la reacció a 25 ºC:

    El criteri d'espontaneïtat d'una reacció sobre la base de $\Delta G^{\circ}_{\text{reacció}}$ és:

    $$\underline{\Delta G^{\circ}_{\text{reacció}} < 0 \Rightarrow \text{reacció espontània a condicions estàndard}}$$

    Com que a 25 ºC, $\Delta G^{\circ}_{\text{reacció}} = -162{,}56 \text{ kJ mol}^{-1} \Rightarrow$ <u>la reacció de producció de TiO_2 a 25 ºC és espontània a condicions estàndard</u>.

    [0,10 punts]

  - Interval de temperatures en què la reacció és espontània:

    En augmentar la temperatura, el factor entròpic ($\Delta S^{\circ}_{\text{reacció}} < 0$) anirà guanyant pes i anirà desafavorint la reacció fins fer-la no espontània. <u>La temperatura en què es produirà la transició d'un cas a l'altre serà aquella en què $\Delta G^{\circ}_{\text{reacció}} = 0$</u>.

    [0,10 punts]

    Aplicant l'equació de $\Delta G^{\circ}_{\text{reacció}}$ amb la condició de $\Delta G^{\circ}_{\text{reacció}} = 0$ i assumint que $\Delta H^{\circ}_{\text{reacció}}$ ($-180{,}8 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}$) i $\Delta S^{\circ}_{\text{reacció}}$ ($-61{,}2 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$) no varien amb la temperatura:

    $$0 = \Delta H^{\circ}_{\text{reacció}} - T \cdot \Delta S^{\circ}_{\text{reacció}} = -180{,}8 \cdot 10^3 - T \cdot (-61{,}2) \Rightarrow T = 2954{,}2 \text{ K}$$

    [0,15 punts]

    Per tant, <u>la reacció serà espontània a condicions estàndard per a l'interval de temperatures $T < 2954{,}2$ K</u>.

    [0,15 punts]

Exercici 1.2 [1,25 punts]

- **Estructures de Lewis i geometria**

  - Estructures de Lewis:

    Hidrogen (H, Z=1): $1s^1 \Rightarrow$ 1 e^- de valència.

    Carboni (C, Z=6): $1s^2\ 2s^2\ 2p^2 \Rightarrow$ 4 e^- de valència.

    Clor (Cl, Z=17): $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5 \Rightarrow$ 7 e^- de valència.

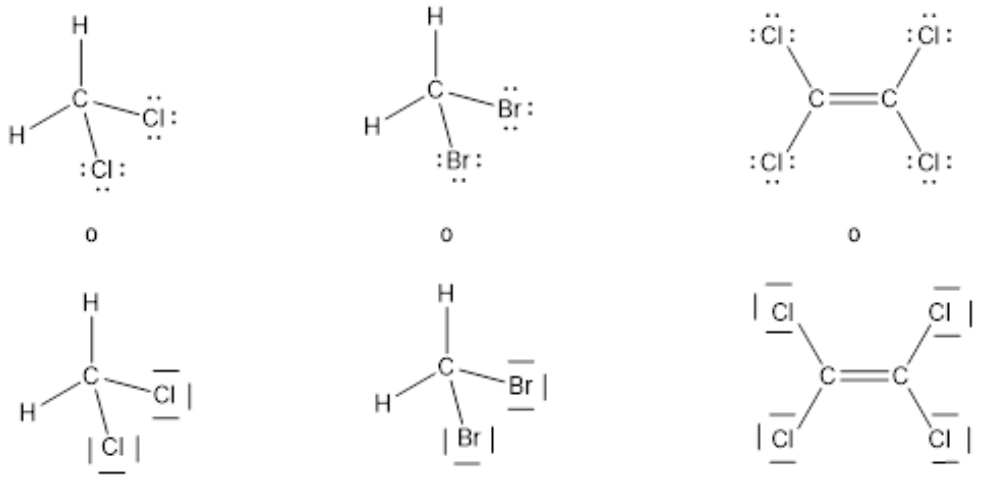
    Brom (Br, Z=35): $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^5 \Rightarrow$ 7 e^- de valència

    En total, s'han de col·locar:

    CH_2Cl_2: $4 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 7$ e^- de valència a l'estructura (20 e^-), corresponents a 10 parells d'electrons.

    CH_2Br_2: $4 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 7$ e^- de valència a l'estructura (20 e^-), corresponents a 10 parells d'electrons.

    C_2Cl_4: $2 \cdot 4 + 4 \cdot 7$ e^- de valència a l'estructura (36 e^-), corresponents a 18 parells d'electrons.



[0,60 punts]

  - Geometries:

    CH_2Cl_2: La geometria serà tetraèdrica, corresponent a una estructura AB_4 segons la teoria RPECV.

    CH_2Br_2: La geometria serà tetraèdrica, corresponent a una estructura AB_4 segons la teoria RPECV.

    C_2Cl_4: La geometria al voltant de cada àtom de C serà plana triangular, corresponent a una estructura AB_3 segons la teoria RPECV.

[0,40 punts]

- **Polaritat**

  Com que el clor és més electronegatiu que el carboni, els enllaços C-Cl del tetracloroetè estan polaritzats. Ara bé, a causa de la simetria de la molècula, els moments dipolars dels enllaços C-Cl s'anul·len entre ells en sumar-se. Per tant, la molècula de tetracloroetè és apolar.

[0,25 punts]

Exercici 2.1 [1,25 punts]

- **Reacció redox entre Fe^{2+} i Ce^{4+}**

Tenint en compte els potencials estàndard de reducció que es donen a l'exercici per a Fe^{2+} i Ce^{4+}, aquestes espècies es transformen per reacció redox en Fe^{3+} i Ce^{3+}. Per tant:

Semireacció de reducció: $Ce^{4+}_{(aq)} + 1\ e^- \rightarrow Ce^{3+}_{(aq)}$

[0,20 punts]

Semireacció d'oxidació: $Fe^{2+}_{(aq)} \rightarrow Fe^{3+}_{(aq)} + 1\ e^-$

[0,20 punts]

Reacció redox global: $Ce^{4+}_{(aq)} + Fe^{2+}_{(aq)} \rightarrow Ce^{3+}_{(aq)} + Fe^{3+}_{(aq)}$

[0,20 punts]

El reductor d'aquesta reacció són els ions Fe^{2+}, ja que són l'espècie que s'oxida aportant electrons perquè es redueixin els ions Ce^{4+}.

[0,10 punts]

L'oxidant d'aquesta reacció són els ions Ce^{4+}, ja que són l'espècie que es redueix acceptant els electrons subministrats pels ions Fe^{2+} en oxidar-se.

[0,10 punts]

- **Espontaneïtat de la reacció redox**

L'espontaneïtat d'una reacció redox es pot avaluar sobre la base del seu potencial redox estàndard (E°_{redox}) segons el criteri següent:

$$E^\circ_{redox} > 0 \Rightarrow \text{reacció espontània a condicions estàndard}$$

[0,15 punts]

I E°_{redox} es pot calcular a partir dels valors tabulats dels potencials de reducció de les espècies implicades (E°_{red}) segons l'equació:

$$E^\circ_{redox} = E^\circ_{red,\text{semireacció de reducció}} - E^\circ_{red,\text{semireacció d'oxidació}}$$

[0,15 punts]

Utilitzant els valors donats a l'exercici per a $E^\circ_{red,Ce^{4+}/Ce^{3+}}$ i $E^\circ_{red,Fe^{3+}/Fe^{2+}}$ a 25 ºC:

$$E^\circ_{redox} = E^\circ_{red,Ce^{4+}/Ce^{3+}} - E^\circ_{red,Fe^{3+}/Fe^{2+}} = 1{,}44 - 0{,}77 = 0{,}67\ V > 0$$

Segons aquest càlcul, la reacció redox entre Fe^{2+} i Ce^{4+} serà espontània a condicions estàndard i 25 ºC.

[0,15 punts]

També es considerarà correcte arribar a la mateixa conclusió utilitzant com a criteri d'espontaneïtat que $E^\circ_{red,\text{semireacció de reducció}} > E^\circ_{red,\text{semireacció d'oxidació}}$.

Exercici 2.2 [1,25 punts]

- **Càlcul de la solubilitat del sulfur de ferro (II)**

L'equilibri de solubilitat del sulfur de ferro (II) és:

$$FeS_{(s)} \leftrightharpoons Fe^{2+}_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)}$$

Concentracions inicials	0	0
Concentracions a l'eq.	x	x

La concentració de sòlid dissolt quan s'arriba a l'equilibri és la solubilitat (s). Per tant, en el cas d'aquesta sal amb estequiometria 1:1 en què per cada mol de sòlid dissolt es forma un mol de cadascun dels ions Fe^{2+} i S^{2-}:

$$x = [Fe^{2+}] = [S^{2-}] = s$$

[0,30 punts]

Aplicant aquestes identitats a l'equació del producte de solubilitat del sulfur de ferro (II):

$$K_{ps} = [Fe^{2+}]\cdot[S^{2-}] = s\cdot s = s^2 = 8{,}00\cdot10^{-19} \Rightarrow s = \sqrt{K_{ps}} \Rightarrow s = 8{,}94\cdot10^{-10}\ M$$

[0,35 punts]

- **Efecte de l'addició de sals a la solubilitat del sulfur de ferro (II)**

- Addició de sulfur de sodi:

El sulfur de sodi es dissol en aigua per donar ions Na^+ i S^{2-}:

$$Na_2S_{(s)} \rightarrow 2\ Na^+_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)}$$

Per tant, l'addició d'aquest compost augmentaria la concentració de sulfur, que és un dels productes de la reacció de solubilitat del sulfur de ferro. Segons el principi de Le Châtelier, per tal d'esmorteir aquest efecte, l'equilibri de solubilitat del FeS respondria induint la precipitació de més sulfur de ferro i disminuint així la concentració d'ions sulfur al medi. És a dir, la solubilitat del FeS disminuiria en lloc d'augmentar.

[0,30 punts]

- Addició de nitrat de plata:

El nitrat de plata es dissol en aigua per donar ions Ag^+ i NO_3^-, sense aportar cap ió comú a la reacció de solubilitat del FeS:

$$AgNO_{3\,(s)} \rightarrow Ag^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

Ara bé, l'addició de nitrat de plata aporta ions Ag^+, que poden reaccionar amb els ions sulfur per donar sulfur de plata (Ag_2S), que és una sal encara més insoluble en aigua (K_{ps} (Ag_2S) = $8{,}00\cdot10^{-51}$).

$$Ag_2S_{(s)} \leftrightharpoons 2\ Ag^+_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)}$$

Per tant, els ions plata reaccionarien amb el sulfur, fent precipitar el Ag_2S. Això faria desaparèixer els anions sulfur del medi, afavorint que l'equilibri de solubilitat del sulfur de ferro es desplacés cap a la formació de més productes pel principi de Le Châtelier. És a dir, s'afavoriria la dissolució de FeS, augmentant-ne la solubilitat.

[0,30 punts]

Exercici 3.1 [1,25 punts]

- **Activitat àcid-base de l'acetat de sodi**

Quan l'acetat de sodi es dissol en aigua, produeix ions Na^+ i ions acetat (CH_3COO^-).

$$CH_3COONa_{(s)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$

D'aquests ions, els Na^+ no tenen activitat àcid-base. En canvi, els ions acetat són la base conjugada de l'àcid acètic, que és un àcid feble ($K_a(CH_3COOH) = 1{,}78 \cdot 10^{-5}$). En conseqüència, els ions acetat són una base feble que en medi aquós donaran lloc al següent equilibri de basicitat:

$$CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightharpoons CH_3COOH_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

En conclusió, l'acetat de sodi es comporta com una base feble en aigua.

[0,20 punts]

- **Selecció de la solució patró per a la valoració**

$HCl_{(aq)}$ 0,010 M: és un àcid fort que servirà per valorar solucions bàsiques.

$NaOH_{(aq)}$ 0,010 M: és una base forta que servirà per valorar solucions àcides.

Com que CH_3COONa és un compost bàsic, la solució patró que s'haurà d'utilitzar per valorar-lo serà l'$HCl_{(aq)}$ 0,010 M.

[0,20 punts]

- **Reacció de neutralització i punt d'equivalència**

- Reacció de neutralització:

$$CH_3COONa_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow CH_3COOH_{(aq)} + NaCl_{(aq)}$$

o

$$CH_3COO^-_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow CH_3COOH_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

[0,20 punts]

- Punt d'equivalència:

Els productes de la neutralització de l'acetat de sodi són el NaCl (o el Cl^-), que no té activitat àcid-base, i l'àcid acètic, que és un àcid feble:

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

Per tant, el pH del punt d'equivalència serà àcid ja que vindrà determinat per l'equilibri d'acidesa de l'àcid acètic.

[0,10 punts]

- Indicador:

L'ataronjat de metil sí que es pot utilitzar com a indicador de la valoració, ja que canvia de color a pH àcid (pH 3,1 - 4,0) que coincideix amb el pH del punt d'equivalència de la valoració.

[0,10 punts]

- **Càlcul de la concentració d'acetat de sodi per valoració àcid-base**

  Massa molar de l'acetat de sodi (CH_3COONa) = $2 \cdot 12 + 2 \cdot 16 + 1 \cdot 23 + 3 \cdot 1 = 82$ g mol^{-1}

  Volum patró HCl emprat: 15,6 mL

  Concentració de l'HCl emprada: 0,01 M

  Volum de mostra (salsa culinària) analitzat: 50 mL = 0,05 L

  Per calcular la concentració de l'acetat de sodi en la mostra, es comença el càlcul a partir del volum de reactiu valorant utilitzat (l'àcid clorhídric):

  Concentració de CH_3COONa = 15,6 mL HCl · (1 L / 1000 mL) · (0,01 mol HCl / 1 L) · (1 mol CH_3COONa / 1 mol HCl) · (82 g CH_3COONa / 1 mol CH_3COONa) · (1 / 0,05 L salsa) = 0,256 g L^{-1}

  [0,45 punts]

Exercici 3.2 [1,25 punts]

- **Identificació del pic de més energia de l'espectre d'IR**

La posició dels pics de l'espectre d'IR es donen en nombre d'ona ($\bar{\upsilon}$), en unitats de cm^{-1}. Per identificar la relació entre nombres d'ona i energia, cal tenir en compte les següents equacions:

Longitud d'ona (λ) = $\bar{\upsilon}^{-1}$

Freqüència (v) = velocitat de la llum al buit (c) / $\lambda = c \cdot \bar{\upsilon}$

Energia (E) = $h \cdot v = h \cdot c \cdot \bar{\upsilon}$

D'aquí es pot concloure, que els nombres d'ona són proporcionals a l'energia; és a dir, que el pic de més energia de l'espectre IR correspon al de nombre d'ona més gran: $\bar{\upsilon} = 3024\ cm^{-1}$.

[0,20 punts]

- **Càlcul de la freqüència, longitud d'ona i energia**

- Longitud d'ona:

$$\lambda = \bar{\upsilon}^{-1} \Rightarrow \lambda = 1 / (3024\ cm^{-1}) = 3{,}307 \cdot 10^{-4}\ cm = 3{,}307 \cdot 10^{-6}\ m = 3307\ nm$$

[0,20 punts]

- Freqüència:

$$v = c / \lambda \Rightarrow v = (3{,}0 \cdot 10^{8}\ m \cdot s^{-1}) / (3{,}307 \cdot 10^{-6}\ m) = 9{,}072 \cdot 10^{13}\ s^{-1}\ (o\ Hz)$$

[0,20 punts]

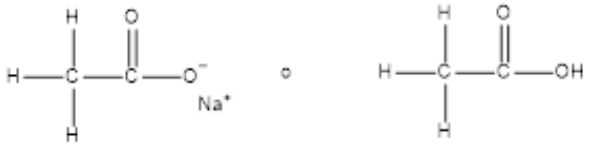
- Energia:

$$E = h \cdot v \Rightarrow E = (6{,}63 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s) \cdot (9{,}072 \cdot 10^{13}\ s^{-1}) = 6{,}015 \cdot 10^{-20}\ J$$

[0,20 punts]

- **Anàlisi de l'espectre d'IR**

L'espectre d'IR ha de correspondre a l'acetat de sodi o al seu producte de valoració, és a dir, l'àcid acètic:



Acetat de sodi Àcid acètic

Els enllaços que presenten cadascuna d'aquestes molècules que poden donar lloc a senyals característics a l'espectre d'IR són:

CH_3COONa: enllaços C-H ($\bar{\upsilon}$ = 3000 – 2850 cm^{-1} segons la taula), i C=O en grup àcid carboxílic desprotonat ($\bar{\upsilon}$ = 1610 – 1550 cm^{-1})

CH_3COOH: enllaços O-H ($\bar{\upsilon}$ = 3550 – 2500 cm^{-1}), C-H ($\bar{\upsilon}$ = 3000 – 2850 cm^{-1}), i C=O en grup àcid carboxílic ($\bar{\upsilon}$ = 1800 – 1650 cm^{-1})

Tenint això en compte, els pics de l'espectre a $\bar{\upsilon} = 3024\ cm^{-1}$ (enllaç O-H) i 1714 cm^{-1} (enllaç C=O en grup àcid carboxílic) són característics de l'àcid acètic i no haurien d'estar a l'espectre de l'acetat de sodi. Per tant, l'espectre d'IR mostrat correspon a l'àcid acètic.

[0,45 punts]

Exercici 4.1 [1,25 punts]

- **Càlcul de les concentracions en equilibri**

- Concentració inicial de nitrat d'amoni:

Massa de NH_4NO_3 = 14,25 g

Volum d'aigua = 100,0 mL

Massa molecular de NH_4NO_3 = 80 g mol^{-1}

Concentració inicial de NH_4NO_3 = $c^0_{NH_4NO_3}$ = (14,25 g NH_4NO_3 / 100 mL) · (1 mol NH_4NO_3 / 80 g NH_4NO_3) · (1000 mL / 1 L) = 1,78 M

[0,10 punts]

- Concentració a l'equilibri d'ions nitrat:

En dissoldre'l en aigua, el nitrat d'amoni es dissocia totalment en els seus ions:

$$NH_4NO_{3\,(s)} \longrightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

D'aquests ions, els nitrats no tenen cap tipus d'activitat àcid-base, ja que deriven de l'àcid nítric que es un àcid fort. Per tant:

$$[NO_3^-] = c^0_{NH_4NO_3} = 1{,}78\ M$$

[0,10 punts]

- Concentració a l'equilibri d'ions amoni, amoníac i ions hidroni:

Els ions amoni formats en dissoldre's el nitrat d'amoni sí que tenen activitat àcid-base, generant amoníac i ions hidroni en reaccionar amb l'aigua:

	$NH_4^+{}_{(aq)}$	+ $H_2O_{(l)}$ ⇌	$NH_{3\,(aq)}$	+ $H_3O^+{}_{(aq)}$	K_a = 5,62 x 10^{-10} a 25 ºC
Inicial	1,78		0	0	
Equilibri	1,78-x		x	x	

Per tant:

$$K_a = \frac{[H_3O^+]\cdot[NH_3]}{[NH_4^+]} = \frac{x^2}{1{,}78 - x} = 5{,}62\cdot10^{-10}$$

[0,20 punts]

La resolució d'aquesta equació es pot fer tant amb aproximacions com sense, i es considerarà correcta en qualsevol dels dos casos (0,45 punts):

Resolució amb aproximació: Si es considera que el grau de dissociació de NH_4^+ és menyspreable (x << 1,78), la seva concentració a l'equilibri serà equivalent a la inicial:

$$[NH_4^+] = 1{,}78\ M$$

En aquest cas, l'equació a resoldre es simplifica:

$$K_a = \frac{[H_3O^+]\cdot[NH_3]}{[NH_4^+]} = \frac{x^2}{1{,}78} = 5{,}62\cdot10^{-10} \Rightarrow x = \sqrt{1{,}78\cdot5{,}62\cdot10^{-10}} = 3{,}163\cdot10^{-5}\ M$$

Per tant: $[NH_3] = [H_3O^+] = 3{,}16\cdot10^{-5}$ M

[0,45 punts]

Resolució sense aproximació: En aquest cas, cal solucionar la següent equació de segon grau:

$$x^2 + 5{,}62\cdot10^{-10}\,x - 1{,}00\cdot10^{-9} \quad \Rightarrow \quad x = 3{,}16\cdot10^{-5}\ \text{M i } x = -\,3{,}16\cdot10^{-5}\ \text{M}$$

D'aquests valors de x, només el positiu té sentit químic, per la qual cosa:

$$[NH_3] = [H_3O^+] = x = 3{,}16\cdot10^{-5}\ \text{M} \qquad \text{i} \qquad [NH_4^+] = 1{,}78 - 3{,}16\cdot10^{-5} \approx 1{,}78\ \text{M}$$

[0,45 punts]

- Concentració a l'equilibri d'ions hidroxil:

Com que el medi és aquós, també hi trobarem ions hidroxil a causa de l'equilibri d'autoionització de l'aigua:

$$2\ H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \qquad K_w = 1{,}0 \times 10^{-14} \text{ a } 25\ ^oC$$

A partir del valor de K_w i de $[H_3O^+] = 3{,}162\cdot10^{-5}$ M:

$$K_w = [H_3O^+]\,[OH^-] = 3{,}16\cdot10^{-5}\cdot[OH^-] = 1{,}00\cdot10^{-14} \quad \Rightarrow \quad [OH^-] = 3{,}16\cdot10^{-10}\ \text{M}$$

[0,15 punts]

- **Efecte sobre la disponibilitat de ferro i fòsfor**

El pH de la solució de nitrat d'amoni serà: $pH = -\log(3{,}16\cdot10^{-5}) = 4{,}50$.

En tractar-se d'un pH àcid, aquesta solució acidificarà el medi.

[0,15 punts]

Per tant, tenint en compte la informació que es dona a l'enunciat de l'exercici, l'addició de nitrat d'amoni facilita la captació de ferro per les plantes però en dificulta la de fòsfor.

[0,10 punts]

Exercici 4.2 [1,25 punts]

- **Efecte de la temperatura**

  Segons la teoria de col·lisions, un increment de la temperatura augmentarà la velocitat de les espècies que han de reaccionar i les col·lisions entre elles, afavorint que es produeixin més col·lisions reactives per unitat de temps. En conseqüència, un augment de la temperatura comportarà un augment de la velocitat de producció de nitrit a partir d'amoni.

  [0,45 punts]

- **Efecte de la concentració d'oxigen**

  Atès que la velocitat d'una reacció depèn del producte de la constant de velocitat per la concentració de reactius elevada a un cert exponent, l'augment de la concentració d'oxigen al sòl accelerarà la reacció d'oxidació de l'amoni per formar nitrat. Dit d'una altra manera, a major nombre de molècules d'oxigen al medi, major nombre de col·lisions reactives es podran produir per unitat de temps.

  [0,45 punts]

- **Efecte de l'acidificació del medi**

  Si l'acidificació del medi disminueix la quantitat de bacteris del gènere *Nitrosomonas* als sòls, la velocitat de la reacció d'oxidació d'amoni disminuirà, ja que aquesta reacció està catalitzada pels enzims d'aquests microorganismes. Per tant, com menor sigui el nombre de bacteris, menor quantitat de catalitzadors hi haurà, la qual cosa reduirà el seu efecte d'acceleració de la velocitat de la reacció.

  [0,35 punts]

Exercici 4.3 [1,25 punts]

- **Semireacció que té lloc al càtode de les biopiles**

  Al càtode d'una pila electroquímica es produeix la semireacció de reducció.

  [0,15 punts]

  En aquest cas concret, l'enunciat de l'exercici diu que al càtode reaccionen els protons amb oxigen i electrons per produir aigua, per la qual cosa la semireacció de reducció ha de ser:

  $$O_{2\,(aq)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \rightarrow 2H_2O_{(l)}$$

  [0,35 punts]

- **Càlcul dels grams d'oxigen consumits**

  Corrent aplicat (I) = 0,25 A = 0,25 C s^{-1}

  Temps d'aplicació del corrent (t) = 1 h = 3600 s

  Massa molecular de l'oxigen (O_2) = 2 · 16 = 32 g mol^{-1}

  Aplicant la llei de Faraday:

  Mols d'electrons subministrats al càtode = 3600 s · (0,25 C s^{-1}) · (1 mol d'e^- / 96500 C) = $9{,}326 \cdot 10^{-3}$ mols d'electrons

  [0,30 punts]

  Mols d'oxigen consumits = ($9{,}326 \cdot 10^{-3}$ mols e^-) · (1 mol O_2 / 4 mols e^-) = $2{,}332 \cdot 10^{-3}$ mols d'oxigen

  [0,30 punts]

  I a partir del nombre de mols d'O_2 consumits:

  Massa d'oxigen consumida = ($2{,}332 \cdot 10^{-3}$ mols d'oxigen)· (32 g O_2 / 1 mol O_2) = 0,0746 g d'O_2

  [0,15 punts]

Exercici 4.4 [1,25 punts]

- **Estructura dels polímers**

- PP: S'obté a partir del propè, que és una olefina que reacciona a través del seu grup alquè, que s'addiciona consecutivament a altres monòmers per generar la cadena carbonada del polímer.



[0,20 punts]

- PHA: És un polièster que s'obté a partir de l'àcid 3-hidroxibutanoic, que presenta dos grups terminals reactius, un grup alcohol (R-OH) i un grup àcid carboxílic (R-COOH). Aquests grups de monòmers veïns poden reaccionar entre ells per formar la unió èster de la cadena del polímer:



[0,20 punts]

- **Reaccions de polimerització**

- PP: A causa del fet que els monòmers de propè reaccionen per addició consecutiva dels seus grups alquè, la reacció de polimerització és d'addició.

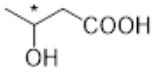
[0,10 punts]

- PHA: Atès que els grups alcohol i àcid carboxílic dels monòmers reaccionen entre ells mitjançant una reacció de condensació per formar la unió de tipus èster (i aigua com a subproducte), la reacció de polimerització és de condensació.

[0,10 punts]

- **Quiralitat de l'àcid 3-hidroxibutanoic**

- La molècula d'àcid 3-hidroxibutanoic és quiral, ja que presenta un esterocentre o carboni asimètric. Aquest carboni (marcat amb un asterisc a l'estructura) té geometria tetraèdrica i presenta quatre substituents diferents.

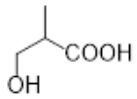


àcid 3-hidroxibutanoic

[0,25 punts]

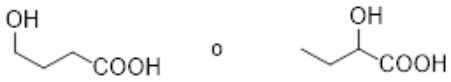
- **Isòmers estructurals de l'àcid 3-hidroxibutanoic**

  - Isòmer estructural de cadena: ha de presentar els mateixos grups funcionals (alcohol i àcid carboxílic) en les mateixes posicions (1 i 3), però amb diferent tipus de cadena carbonada.



[0,20 punts]

  - Isòmer estructural de posició: ha de presentar els mateixos grups funcionals (alcohol i àcid carboxílic) i estructura de cadena carbonada (cadena lineal de 4 àtoms de carboni), però amb diferent posició d'algun dels grups funcionals.



[0,20 punts]