

b) Una solució aquosa de clorur d'amoni serà àcida

[0,2 p]

- Si responen que la solució és àcida, sense cap raonament o amb un raonament totalment absurd: [0 p]

Raonament 1:

quan el clorur d'amoni es dissocia dona un **catió (amoni, NH_4^+) que actua d'àcid en aigua (donant ions hidroni)** i un anió (clorur, Cl^-) que no actua ni d'àcid ni de base en aigua. [0,8 p]

Dissociació de la sal: $\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$

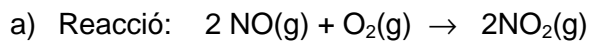
Reacció com a àcid del catió amoni: $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$

Raonament 2:

El clorur d'amoni és una sal que prové d'una base feble (amoníac, NH_3) i un àcid fort (àcid clorhídric, HCl). Aquestes sals donen un pH àcid.

[0,8 p]

Pregunta 2

**La reacció espontània si $\Delta G^\circ < 0$ [0,2 p]**

- Calculem l'entropia de la reacció a partir de les entropies absolutes, a 298 K:

$$\Delta S^\circ = \sum n_p S^\circ(\text{productes}) - \sum n_r S^\circ(\text{reactius})$$

$$\Delta S^\circ = [2 \cdot S^\circ(\text{NO}_2)] - [2 \cdot S^\circ(\text{NO}) + 1 \cdot S^\circ(\text{O}_2)] \quad [0,2 \text{ p}]$$

$$\Delta S^\circ = (2 \times 240,1) - (2 \times 210,8 + 1 \times 205,1)$$

$$\Delta S^\circ = -146,5 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \quad [0,1 \text{ p}]$$

- Unifiquem les unitats: J o kJ:

$$\Delta S^\circ = -146,5 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} = -146,5 \cdot 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \quad [0,1 \text{ p}]$$

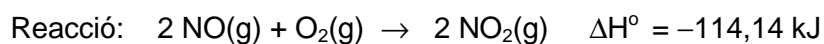
- Calculem ΔG° a 298 K: $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ$ [0,2 p]

$$\Delta G^\circ = (-114,14) - [298 \times (-146,5 \cdot 10^{-3})]$$

$$\Delta G^\circ = -70,5 \text{ kJ} \quad (\text{ó } -70500 \text{ J}) \quad [0,2 \text{ p}]$$

- b) Calculem els mols NO a partir de l'equació dels gasos ideals:
- $pV = nRT$

$$n = (p \cdot V) / (R \cdot T); \quad n = (1 \cdot 5) / (0,082 \cdot 298); \quad n = 0,205 \text{ mols NO} \quad [0,3 \text{ p}]$$



Calor a pressió constant = $q_p = \Delta H^\circ$ [0,3 p]

Calor: $0,205 \text{ mol NO} \times (-114,14 \text{ kJ} / 2 \text{ mol NO}) = -11,7 \text{ kJ}$

Calor despresa: 11,7 kJ (ó - 11,7 kJ) [0,4 p]

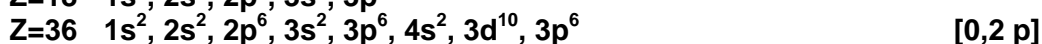
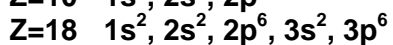
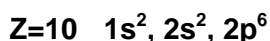
Pregunta 3

- a) **L'energia d'ionització és l'energia que cal subministrar a un element en estat gasós per arrencar un electró:**



- *Si no indiquen que l'element està en estat gasós: [0.2 p]*

Els elements situats als pics de la figura tenen la següent configuració electrònica:

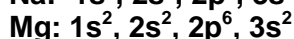
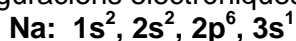


Observem que totes les configuracions acaben amb un **orbital p ple**, és a dir 6 electrons (grup dels gasos nobles).

El fet de tenir el darrer orbital complet d'electrons fa que **costi molt arrencar-ne un i**, per tant, aquests elements tenen valors de la primera energia d'ionització molt alta, comparada amb els altres elements de la taula periòdica. [0,4 p]

- b) **La primera energia d'ionització del magnesi és més alta que la del sodi**, com s'observa a la figura, per tant, cal donar més energia al magnesi que al sodi per arrencar un electró. [0,1 p]

Si fem les configuracions electròniques dels dos elements:



Observem que els dos elements tenen l'electró més extern (electró a arrencar) en l'orbital 3s. [0,2 p]

Raonament 1

En ser el radi atòmic del magnesi més petit que el del sodi (els dos tenen els electrons més externs en la capa 3, però el magnesi té un protó i un electró més, el que fa disminuir el radi), costarà més arrencar un electró de l'orbital 3s en el magnesi que no en el sodi. [0,7 p]

Es correcte si raonen que el radi atòmic del magnesi és més petit que el del sodi pel fet de trobar-se més a la dreta en un període de la taula periòdica.

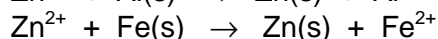
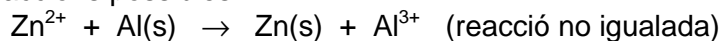
Raonament 2

El magnesi té l'orbital 3s ple (complet amb els 2 electrons), mentre que el sodi no el té complet. Això farà que **costi més arrencar l'electró al magnesi que al sodi ja que el magnesi té una configuració electrònica més estable.** [0,7 p]

Pregunta 4

- a) Per obtenir Zn sòlid cal fer reaccionar la solució de Zn^{2+} amb Fe o Al sòlids.

Reaccions possibles:



[0,2 p]

Cal saber el signe de E° .

Si $E^\circ > 0 \Rightarrow \Delta G < 0$ (reacció espontània)

[0,2 p]

Possibilitat 1: Calcular els valor de E° per les dues reaccions

Per la primera reacció:

$$E^\circ = E^\circ_{\text{CATODE}} - E^\circ_{\text{ANODE}} = E^\circ(Zn^{2+}/Zn) - E^\circ(Al^{3+}/Al)$$

$$E^\circ = (-0,76) - (-1,68) = \mathbf{0,92 \text{ V} > 0}$$

Si calculem el valor de E° per la segona reacció (amb Fe) trobem $E^\circ < 0$.

Cal afegir alumini sòlid

[0,6 p]

Possibilitat 2: Perquè E° sigui positiu cal que l'espècie que es redueix (Zn) tingui un potencial més alt que la que s'oxida (Fe o Al). Això succeeix amb l'alumini:

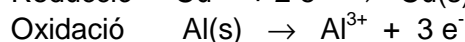
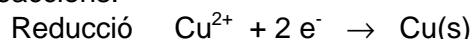
$$E^\circ(Zn^{2+}/Zn) < E^\circ(Fe^{3+}/Fe) \Rightarrow \text{reacció no espontània}$$

$$E^\circ(Zn^{2+}/Zn) > E^\circ(Al^{3+}/Al) \Rightarrow \text{reacció espontània}$$

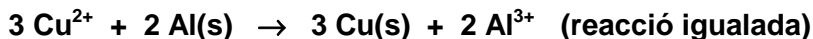
Cal afegir alumini sòlid

[0,6 p]

- b) Semireaccions:



Cal multiplicar la primera reacció per 3 i la segona per 2 per poder igualar els electrons que intervenen en el procés redox.



[0,6 p]

- És correcte [0,6 p] si l'igualen sense les semireaccions (per tempteig)
- És correcte [0,6 p] qualsevol altra igualació que sigui múltiple o submúltiple de l'anterior

L'energia lliure es calcula amb l'expressió: $\Delta G^\circ = -n \cdot F \cdot E^\circ$

$$n = 6$$

$$E^\circ = E^\circ_{\text{CATODE}} - E^\circ_{\text{ANODE}} = E^\circ(Cu^{2+}/Cu) - E^\circ(Al^{3+}/Al) =$$

$$E^\circ = (+0,34) - (-1,68) = 2,02 \text{ V}$$

$$\Delta G^\circ = -n \cdot F \cdot E^\circ = -6 \cdot 9,65 \cdot 10^4 \cdot 2,02$$

$$\Delta G^\circ = \mathbf{-1169580 \text{ J} \quad (\text{ó } -1169,58 \text{ kJ})}$$

[0,4 p]

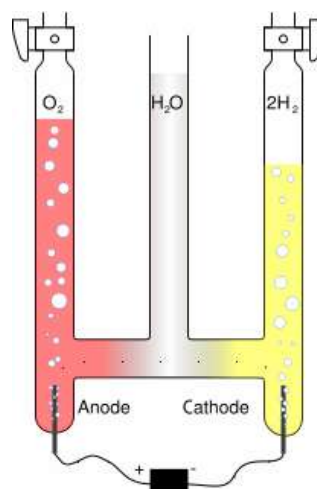
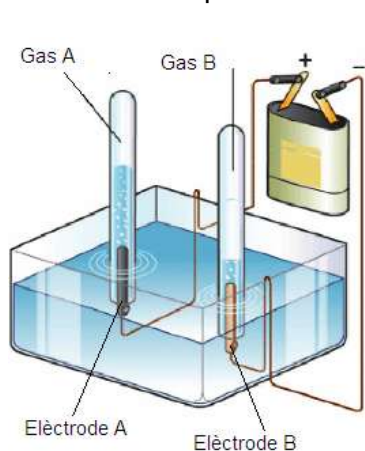
Pregunta 5

a) El material que utilitzaria al laboratori per efectuar l'electròlisi de l'aigua seria:

- Voltàmetre de Hoffmann o bé vas de precipitats (o cubeta) i tubs d'assaig [0,1 p]
- Dos Elèctrodes (de platí o de grafit) i pinces de cocodrill i cable per connectar els elèctrodes [0,1 p]
- Pila o font d'alimentació [0,1 p]
- Aigua destil·lada

Possibles esquemes del muntatge experimental

[0,3 p]



Reaccions:

[0,2 + 0,2 p]

ànode (semireacció d'oxidació): $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$

càtode (semireacció de reducció): $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2 \text{OH}^-$

També és pot donar com a correcte:

ànode (semireacció d'oxidació): $\text{OH}^- \rightarrow \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) + \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$

càtode (semireacció de reducció): $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$

b) $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2 \text{OH}^-$ ó $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$

A partir de la reacció de reducció, observem que para cada mol d'hidrogen que es forma intervenen 2 electrons: [0,2 p]

Temps = 0,5 h x (3600 s / 1 h) = 1800 s

Intensitat = 2 A = 2 C / s

$1800 \text{ s} \times (2 \text{ C} / \text{s}) \times (1 \text{ mol e}^- / 9,65 \cdot 10^4 \text{ C}) \times (1 \text{ mol H}_2 / 2 \text{ mol e}^-) = 0,01865 \text{ mols H}_2$ [0,6 p]

$pV = n R T$ $V = (n R T / p) = (0,0186 \times 0,082 \times 298) / 1$
V = 0,456L

[0,2 p]

Pregunta 6

- a) **Quan la molècula de CO₂ absorbeix radiació infraroja (IR) es produeixen canvis d'energia vibracional.** L'energia d'aquest tipus de radiació és capaç de provocar un salt des del nivell fonamental d'energia vibracional a un nivell excitat.

[0,5 p]

Les molècules de CO₂ només absorbeixen certes radiacions IR perquè **per passar una molècula d'un nivell de vibració a un altra nivell de vibració ens cal una determinada energia (diferència d'energies dels dos nivells vibracionals).** Aquesta energia l'aporta una determinada freqüència de la radiació electromagnètica que, per tant, pot ser absorbida.

[0,5 p]

- *No és necessari formular el diòxid de carboni (CO₂), però si el formulen malament penalitzaria 0.5 punts.*

- b) A partir de l'equació de Planck relacionarem l'energia de la radiació amb la freqüència (ν) o la longitud d'ona (λ)

$$E = h \nu$$

[0,2 p]

$$\text{Freqüència } \nu = E / h = 1,33 \cdot 10^{-20} \text{ J} / 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$\text{Freqüència} = 2,01 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}$$

[0,3 p]

- *Si no posen unitats (o estan malament) es puntuarà: [0,1 p]*

$$\text{Longitud d'ona: } \lambda = c / \nu \quad (\text{o } \lambda = h c / E)$$

[0,2 p]

$$\lambda = c / \nu = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} / 2,01 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}$$

$$\text{Longitud d'ona} = 1,49 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

[0,3 p]

- *Si no posen unitats (o estan malament) es puntuarà: [0,1 p]*

Pregunta 7

- a) Es tracta d'una **reacció per etapes** ja que per passar del reactiu A al producte C passem per un intermediari de reacció (B): **[0,3 p]**



B representa l'intermediari de reacció (espècie activa) que apareix dins del mecanisme de la reacció. **[0,3 p]**

Les magnituds D i E representen les energies d'activació de les dues etapes de la reacció. **[0,4 p]**

- b) **La reacció és exotèrmica**, ja que l'energia de C (productes) és més petita que la d'A (reactius): la reacció desprèn calor. **[0,4 p]**

Si la reacció es fa en presència **d'un catalitzador, es modifica el valor de l'energia d'activació (D)**, ja que la funció del catalitzador és canviar el mecanisme de la reacció; amb això es modifica l'energia d'activació i la velocitat de la reacció. **[0,3 p]**

Si la reacció es fa en presència **d'un catalitzador, la reacció global serà la mateixa** i per tant la **variació d'entalpia no es modifica**, ja que només depèn de l'entalpia de reactius i productes.

[0,3 p]

SÈRIE 4

Com a norma general, tingueu en compte que un error no s'ha de penalitzar dues vegades. Si un apartat necessita un resultat anterior i aquest és erroni, cal valorar la resposta independentment del valor numèric, fixant-se en el procediment de resolució (sempre que, evidentment, els valors emprats i/o els resultats no siguin absurds). Un error en la formulació penalitza 0,5 punts en aquell apartat.

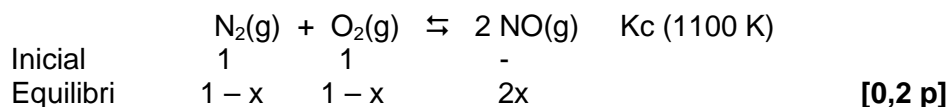
Pregunta 1

- a) Quan augmentem la temperatura de 298 K a 1100 K, la constant d'equilibri augmenta, és a dir la reacció va més cap a la dreta. **[0,4 p]**

Això ens indica que quan afegim calor, la reacció l'absorbeix i evoluciona formació de productes.

La reacció és endotèrmica ($\Delta H > 0$) **[0,6 p]**

- b) Plantegem les condicions inicials i d'equilibri de la reacció:



$$K_c = 10^{-5} = [\text{NO}]^2 / ([\text{N}_2] [\text{O}_2]) \quad \text{[0,2 p]}$$

$$K_c = [(2x / 1)^2] / [((1-x) / 1) \cdot ((1-x) / 1)]$$

$$K_c = 10^{-5} = (2x)^2 / (1-x)^2 \quad \text{[0,2 p]}$$

Fent l'arrel quadrada a cada costat de l'equació:

$$10^{-2,5} = 2x / (1-x)$$

$$x = 1,58 \cdot 10^{-3} \text{ mols} \quad \text{[0,2 p]}$$

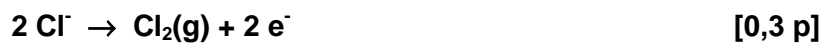
Mols de NO a l'equilibri = $2x$

$$\text{Mols de NO a l'equilibri} = \underline{\underline{3,2 \cdot 10^{-3}}} \quad \text{[0,2 p]}$$

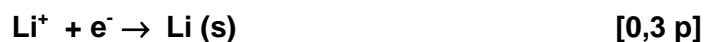
- Si suposem que la "x" és petita s'arriba a la mateixa solució.

Pregunta 2

a) Ànode, oxidació [0,1 p]



Càtode, reducció [0,1 p]



Ànode, pol positiu. [0,1 p]

Càtode, pol negatiu. [0,1 p]

b) Càlcul de la intensitat

Massa molecular LiCl = 42,4

$$15 \text{ g LiCl} \times (1 \text{ mol LiCl} / 42,4 \text{ g LiCl}) \times (1 \text{ mol Li}^+ / 1 \text{ mol LiCl}) \times \\ \times (1 \text{ mol e}^- / 1 \text{ mol Li}^+) \times (9,65 \cdot 10^4 \text{ C} / 1 \text{ mol e}^-) = 34139 \text{ C}$$

$$Q = 34139 \text{ C} \quad [0,6 \text{ p}]$$

$$t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$$

$$\text{Intensitat (I): } I = Q / t = 34.139 \text{ C} / 3600 \text{ s} = 9,5 \text{ A}$$

Intensitat = 9,5 A [0,4 p]

- Si no posen unitats (o estan malament) es puntuarà: [0,2 p]

Pregunta 3

a) L'energia lliure (ΔG) la podem calcular en condicions estàndard i a 25 °C:

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ \quad [0,3 \text{ p}]$$

$$\Delta H^\circ = 178 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \quad \Delta S^\circ = 165 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 165 \cdot 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$
$$\Delta G^\circ = (178) - (298 \times 165 \cdot 10^{-3})$$

$$\Delta G^\circ = 128,83 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \quad (\text{ó } 128830 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}) \quad [0,4 \text{ p}]$$

▪ Si no passen de J a kJ (o al revés) la puntuació serà: [0 p]

$$\Delta G^\circ > 0 \quad \text{Reacció no espontània} \quad [0,3 \text{ p}]$$

b) Per que sigui **espontània**: $\Delta G^\circ < 0$

$$\text{Cal buscar la temperatura perquè: } \Delta G^\circ = 0 \quad [0,3 \text{ p}]$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ \quad 0 = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ$$

$$T = \Delta H^\circ / \Delta S^\circ = 178 / 165 \cdot 10^{-3}$$

$$T = 1079 \text{ K} \quad (\text{temperatura mínima perquè sigui espontània}) \quad [0,7 \text{ p}]$$

▪ Si no posen unitats (o estan malament) es puntuarà: [0,4 p]

Pregunta 4

a) El procediment experimental a realitzar:

- En un **vas de precipitat** hi transvasaríem quantitativament 25 mL de **solució de HCl 0,500 M** amb l'ajut d'una pipeta i una pera.
- A una bureta hi col·locaríem la solució de **NaOH 0,500 M** i **enrasaríem** a un determinat volum (per exemple zero), procurant que la bureta no hi queda cap bombolla d'aire.
- En el vas on hi ha el HCl hi col·locaríem un **elèctrode de vidre connectat a un pHmetre (o un sensor que permeti fer una mesura proporcional al pH)**. Mesurem el pH inicial (a volum NaOH igual a 0 mL)
- **Afegiríem un determinat volum de NaOH (cal mesurar-lo) i anotaríem el pH de solució**. Això ho repetiríem per tenir els pHs a diferents volums de NaOH.
- Es **representen els valors experimentals "pH" vs "Volum NaOH"** i s'obté la corba de valoració.

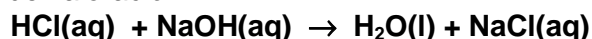
[0,5 p]

Material:

- Vas de precipitats
- Pipeta i pera
- Bureta
- Elèctrode de vidre i pHmetre o sensor per mesurar pH
- Solucions de HCl i NaOH 0,500 M

[0,5 p]

b) Reacció de valoració:



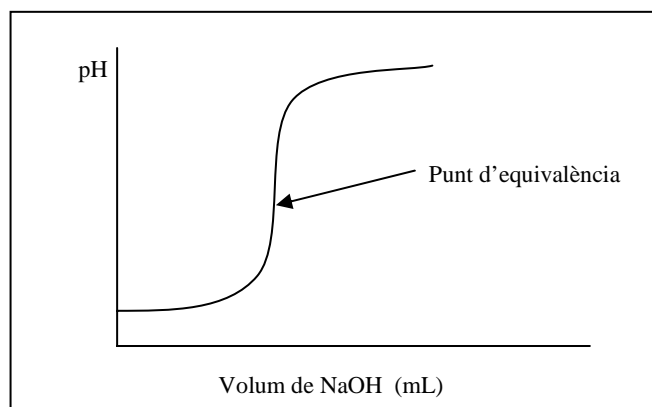
[0,2 p]

També seria correcte : $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O(l)}$

(no és necessari que posin l'estat físic dels compostos)

Dibuix aproximat de la corba de valoració:

[0,5 p]



Si no indiquen (en el dibuix) que el punt d'equivalència està a la meitat de la pujada brusca de pH es puntuarà només **[0,3 p]**

El pH del punt d'equivalència de la valoració és 7,0; en aquest punt tenim aigua i NaCl (aquesta sal és neutre, ja que els ions sodi i clorur no actuen ni d'àcid ni de base). **[0.3 p]**

També poden raonar que el pH és 7,0 ja que la sal que es forma (NaCl) prové d'un àcid fort (HCl) i una base forta (NaOH): **[0,3 p]**

Pregunta 5

- a) La variació d'entalpia d'una reacció es pot calcular (aplicant la llei de Hess) com la suma de les entalpies (o energies) dels enllaços trencats menys la dels enllaços formats:

$$\Delta H = (\sum n_r E_{\text{trencats}}) - (\sum n_p E_{\text{formats}}) \quad [0,4 \text{ p}]$$

$$\text{Si } \Delta H < 0 \Rightarrow E(\text{enllaços formats}) > E(\text{enllaços trencats})$$

Per tant és més gran la quantitat d'energia implicada en la formació d'enllaços que en el trencament d'enllaços. [0,6 p]

- b) Aplicant l'equació anterior: $\Delta H = (\sum n_r E_{\text{trencats}}) - (\sum n_p E_{\text{formats}})$

En la reacció de combustió del metà:

En els reactius, per cada molècula, cal trencar 4 enllaços C-H i 1 enllaç O=O. [0,2 p]

En els productes, per cada molècula, cal formar 2 enllaços C=O i 2 enllaços O-H. [0,2 p]

$$\Delta H = [(4 E_{\text{C-H}}) + (2 \times E_{\text{O=O}})] - [(2 E_{\text{C=O}}) + (2 \times 2 E_{\text{O-H}})] \quad [0,3 \text{ p}]$$

$$-849,3 = [(4 \times E_{\text{C-H}}) + (2 \times 498)] - [(2 \times 805) + (4 \times 464)]$$

Entalpia d'enllaç $E_{\text{C-H}} = 405 \text{ kJ mol}^{-1}$. [0,3 p]

- Si no posen unitats (o estan malament) es puntuarà: [0,1 p]

Pregunta 6

a) La configuració electrònica dels elements del segon període és:



[0,2 p]

Tots ells tenen els **electrons més externs a la capa 2** (orbital 2s o 2p). [0,2 p]

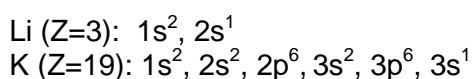
La **càrrega nuclear augmenta en passar de Z=3 a Z=9** (cada vegada hi ha un protó més i un electró més), i això provoca una contracció del núvol electrònic.

[0,4 p]

Per tant **en el període disminueix el radi atòmic en passar de Z=3 a Z=9** com es veu a la figura.

[0,2 p]

b) La configuració electrònica del liti i del potassi és:



[0,2 p]

Els dos elements estan situats en un mateix grup a la taula periòdica. Tenen l'**electró més extern en l'orbital s, però el liti a la capa 2 i el potassi a la capa 3**. Com més gran sigui la capa, el radi atòmic és més alt.

[0,6 p]

Per tant, com es veu en la figura, **el radi del potassi és més gran que la del liti**.

[0,2 p]

Pregunta 7

a) Equacions: $E = h\nu = hc/\lambda$ [0,2 p]

Radiació 1: $2,65 \cdot 10^{-17}$ J (energia)

$$E = 265 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Radiació 2: $2,70 \cdot 10^{-7}$ m (longitud d'ona)

$$E = (6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}) \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}) / (2,70 \cdot 10^{-7} \text{ m}) = 7,37 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

[0,2 p]

Radiació 3: $5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$ (freqüència)

$$E = (6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}) \cdot (5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}) = 3,38 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

[0,2 p]

Ordenació: **E(radiació 1) > E(radiació 2) > E(radiació 3)**

[0,4 p]

- b) **Quan la molècula de O₃ absorbeix radiació ultraviolada (UV) es produeixen canvis d'energia electrònica.** L'energia d'aquest tipus de radiació és capaç de provocar un salt des del nivell fonamental d'energia electrònica de la molècula a un nivell excitat.

[0,5 p]

Quan la molècula de CO₂ absorbeix radiació infraroja (IR) es produeixen canvis d'energia vibracional. L'energia d'aquest tipus de radiació és capaç de provocar un salt des del nivell fonamental d'energia vibracional a un nivell excitat.

[0,5 p]