



SÈRIE 4

1. L'alumnat ha de respondre **quatre** preguntes escollides lliurement d'entre les set possibles. Cada pregunta val sempre 2,5 punts i la puntuació màxima de l'examen és 10. **En el cas que l'alumnat hagi respost més de quatre preguntes, el professorat corrector només valorarà les quatre primeres preguntes que hagin estat respostes.**
2. Cada pregunta consta de dos apartats (a i b) i cada apartat val sempre 1,25 punts. **Quan la resposta a un apartat és incompleta, aquesta pauta indica la puntuació que cal sumar d'acord als passos que l'alumnat ha fet bé.**
3. **Un error no s'ha de penalitzar dues o més vegades en la mateixa pregunta.** 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.
4. **No és obligatori que l'alumnat hagi seguit estrictament els passos que s'indiquen en aquesta pauta.** L'alumnat pot arribar a la resposta final mitjançant altres raonaments o processos; queda a criteri del professorat donar-los com a totalment o parcialment vàlids, o com a no vàlids.



Pregunta 1a

Justifiqueu la variació del volum atòmic dels metalls alcalins

Configuracions electròniques dels metalls alcalins que es mostren a la figura:

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

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

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

Rb (Z=37): $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^{10}, 4p^6, 5s^1$

[0,4 p]

La variació del volum atòmic d'un àtom és la mateixa que la del radi atòmic: a més radi, més volum.

El Rb té un radi atòmic (o volum atòmic) més gran que el K (i aquest més que el Na, i aquest més que el Li), com es pot visualitzar en el gràfic, ja que tots són elements del grup 1 amb l'electró més extern en el mateix tipus d'orbital (s), però el Rb té aquest electró més extern en una capa més llunyana del nucli ($n=5$) si ho comparem amb el K ($n=4$), amb el Na ($n=3$) o amb el Li ($n=2$).

[0,85 p]



Pregunta 1b

Energia d'ionització del sodi = 5,14 eV / àtom

Justificar si el K té un valor d'energia d'ionització inferior o superior al del Na

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



La força d'atracció de l'electró extern (càrrega negativa) amb el nucli (càrrega positiva) depèn de la distància que els separi (radi). Com més petita sigui aquesta distància, més força d'atracció (segons la llei de Coulomb) i més costarà d'arrencar l'electró.

En ser el radi atòmic del K més gran que el del Na, costarà menys arrencar l'electró de l'orbital 4s del K que de l'orbital 3s del Na.

$\Rightarrow$ l'energia d'ionització del K serà inferior a la del sodi

[0,4 p]

Opcional: $E_{\text{ionització}}(K) < 5,14 \text{ eV/àtom}$

Justificar si el Mg té un valor d'energia d'ionització inferior o superior al del Na

Configuració electrònica del Mg:



El Mg té l'electró més extern en orbital s i en la capa $n=3$, igual que el Na. Però en tenir dos electrons a la mateixa capa ($n=3$), augmenta la càrrega elèctrica negativa i també la força d'atracció d'aquests electrons cap el nucli positiu (llei de Coulomb).

Per tant: el radi atòmic del Mg és més petit que el del Na, costarà més arrencar l'electró de l'orbital 3s del Mg que de l'orbital 3s del Na.

$\Rightarrow$ l'energia d'ionització del Mg serà superior a la del sodi

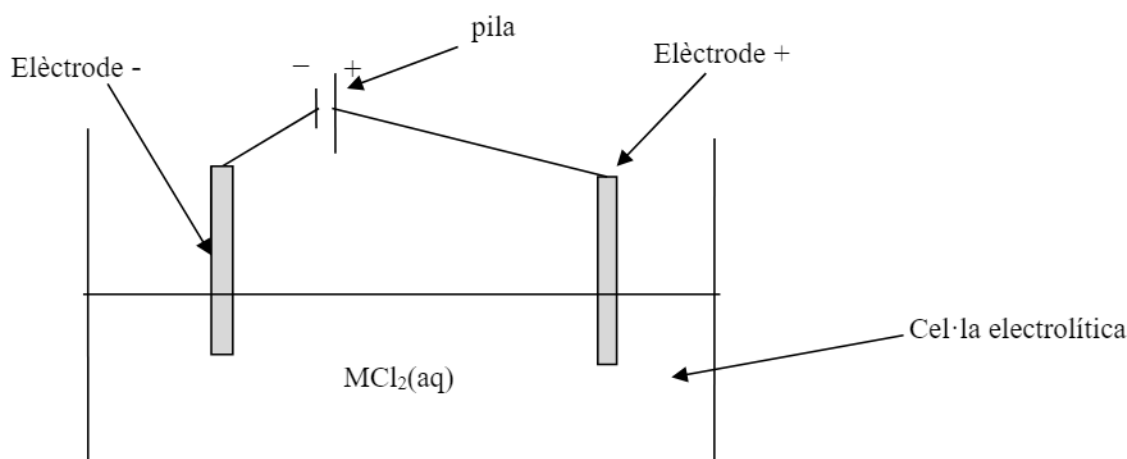
[0,5 p]

Opcional: $E_{\text{ionització}}(\text{Mg}) > 5,14 \text{ eV/àtom}$



Pregunta 2a

Dibuix esquemàtic del procés electrolític (i nom de les parts)



Dibuix esquemàtic:
Nom de les parts (cel·la, elèctrodes, pila)

[0,4 p]
[0,4 p]

Per a què serveixen les diferents parts

Cel·la electrolítica:
Conté la solució aquosa de MCl_2 .

[0,1 p]

Elèctrodes (positiu i negatiu) –opcionalment ànode i càtode–
Lloc on es produeixen les reaccions redox (oxidació i reducció), és a dir, les transferències d'electrons.

[0,1 p]

Pila:
Aporta energia (o corrent elèctric o electrons al procés redox).
Serveix per forçar que la reacció química es produeixi, ja que sense la pila no seria espontània.

[0,25 p]



Pregunta 2b

Quin metall de la taula conté MCl_2

Dades:

Temps, $t = 300 \text{ min}$

Intensitat, $I = 3,25 \text{ A}$ ($3,25 \text{ C/s}$)

Massa de $M(s)$ obtinguda, $m = 19,820 \text{ g}$

Constant de Faraday, $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

Semireacció: $M^{2+} + 2 e^- \rightarrow M(s)$

Per identificar el metall, M , cal saber quina és la seva massa molecular.

Calculem primer els mols de $M(s)$ obtinguts:

$300 \text{ min} \times (60 \text{ s} / 1 \text{ min}) \times (3,25 \text{ C} / 1 \text{ s}) \times (1 \text{ mol } e^- / 9,65 \times 10^4 \text{ C}) \times$
 $\times (1 \text{ mol } M(s) / 2 \text{ mols } e^-) = 0,3031 \text{ mols obtinguts de } M(s)$

[0,75 p]

Calculem la massa molecular de $M(s)$

Massa molecular de $M = \text{massa obtinguda} / \text{mols obtinguts}$

Massa molecular de $M = 19,820 / 0,3031$

Massa molecular de $M = 65,39 \text{ g/mol}$

$\Rightarrow$ Segons la taula: **la sal MCl_2 conté el zinc (Zn)**

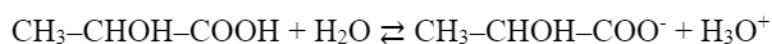
[0,5 p]



Pregunta 3a

Càlcul del pH d'una dissolució aquosa d'àcid làctic 0,50 M

Reacció de l'àcid làctic en aigua:



mols inicial (en 1 L) 0,50

mols equilibri 0,50 - x

x

x

[0,2 p]

$$K_a = [\text{CH}_3\text{-CHOH-COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}]$$

[0,25 p]

$$1,41 \cdot 10^{-4} = [(x) \cdot (x)] / [0,50 - x]$$

$$1,41 \cdot 10^{-4} = x^2 / (0,50 - x)$$

$$\text{Aproximació: considerem } 0,50 - x \approx 0,50 \Rightarrow 1,41 \cdot 10^{-4} = x^2 / (0,50)$$

$$x = (1,41 \cdot 10^{-4} \cdot 0,50)^{1/2} = 8,3964 \cdot 10^{-3}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 8,3964 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

[0,4 p]

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\text{pH} = -\log 8,3964 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \text{pH} = 2,1$$

[0,4 p]



Pregunta 3b

Indicar els reactius i materials de la taula necessaris per a realitzar la valoració

Valorem 25,0 mL d'una solució d'àcid làctic amb una solució aquosa d'una base forta de concentració coneguda. De la taula necessitem:

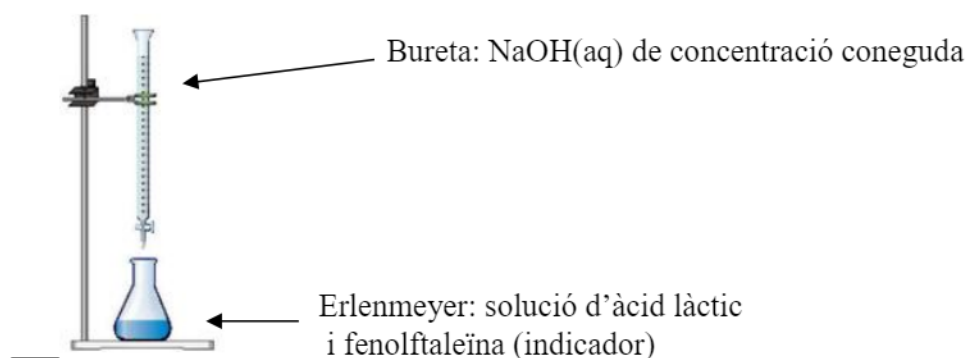
- ✓ **NaOH(aq) de concentració coneguda**
- ✓ **Fenolftaleïna**
- ✓ **Bureta**
- ✓ **Pipeta**
- ✓ **Erlenmeyer**

[0,5 p]

Funció, en la valoració, dels reactius i materials de la taula necessaris [0,75 p]

- NaOH(aq) de concentració coneguda: base forta que s'utilitza com a reactiu (solució) valorant, perquè reaccioni amb l'àcid làctic.
- Fenolftaleïna: indicador. Ens avisa quan s'acaba la reacció entre l'àcid i la base, mitjançant un canvi de color de la solució.
- Bureta. Estri que conté la solució de base forta (NaOH) de concentració coneguda. S'utilitza per anar afegint NaOH a la solució d'àcid làctic i ens permetrà mesurar el volum gastat de NaOH per dur a terme la valoració.
- Pipeta. Estri per mesurar els 25,0 mL de solució d'àcid làctic.
- Erlenmeyer. Recipient on realitzem la reacció de valoració. Hi introduïm, inicialment, el volum de solució a valorar (25,0 mL d'àcid làctic) i, posteriorment, hi anem afegint la solució valorant (NaOH).

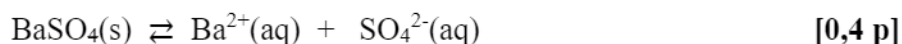
Dibuix (opcional):



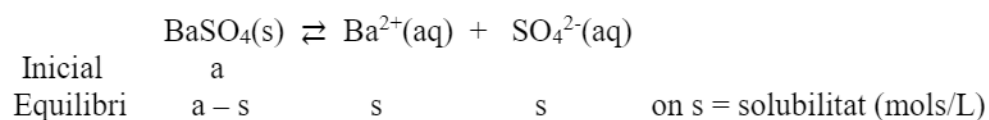


Pregunta 4a

Equació de l'equilibri de solubilitat del BaSO₄



Càlcul de la solubilitat del sulfat de bari



Expressió de la constant de solubilitat:

$$K_{\text{ps}} = [\text{Ba}^{2+}] [\text{SO}_4^{2-}] \quad [0,25 \text{ p}]$$

Introduïm la solubilitat (s) a la K_{ps} , i resollem l'equació:

$$K_{\text{ps}} = (s) \cdot (s) = s^2$$

$$s = (K_{\text{ps}})^{1/2}$$

$$s = (1,08 \times 10^{-10})^{1/2}$$

$$\Rightarrow s \text{ (solubilitat)} = 1,04 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} \quad [0,6 \text{ p}]$$



Pregunta 4b

Justificar si es formaran incrustacions de sulfat de bari

El producte de solubilitat del sulfat de bari s'escriu $K_{ps} = [\text{Ba}^{2+}] [\text{SO}_4^{2-}]$

Condicció: perquè una sal precipiti cal que el valor Q (amb les concentracions inicials) sigui superior a la K_{ps} .

$$\text{Precipitació} \Rightarrow Q > K_{ps} \quad [0,2 \text{ p}]$$

Calculem les concentracions inicials en barrejar les dues solucions. Suposem els volums additius:

$$\begin{aligned} [\text{Ba}^{2+}]_o &= (4,0 \text{ L} \times 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ mols/L}) / (4,0 + 1,0) \text{ L} = 1,568 \cdot 10^{-3} \text{ M} \\ [\text{SO}_4^{2-}]_o &= (1,0 \text{ L} \times 3,08 \cdot 10^{-2} \text{ mols/L}) / (4,0 + 1,0) \text{ L} = 6,160 \cdot 10^{-3} \text{ M} \end{aligned} \quad [0,4 \text{ p}]$$

$$Q = [\text{Ba}^{2+}]_o \cdot [\text{SO}_4^{2-}]_o = (1,568 \cdot 10^{-3}) \cdot (6,16 \cdot 10^{-3}) = 9,659 \cdot 10^{-6} \quad [0,4 \text{ p}]$$

$$\begin{aligned} \text{Comparem: } Q &= 9,659 \cdot 10^{-6} \\ K_{ps} &= 1,08 \cdot 10^{-10} \\ \Rightarrow Q &> K_{ps} \end{aligned}$$

$\Rightarrow$ **Es formarà precipitat (incrustacions) de sulfat de bari en el pou petrolífer**
[0,25 p]



Pregunta 5a

Determinar quina seria la qualitat de l'aire (EQAB)

Reacció: $2 \text{NO(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2\text{(g)}$ $K_c \text{ (a } 20^\circ \text{C)} = 3,21 \times 10^2$

Expressió de la constant d'equilibri: $K_c = [\text{NO}_2]^2 / ([\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2])$ **[0,4 p]**

Dades en equilibri: $[\text{NO}] = 4,20 \times 10^{-10} \text{ M}$
 $[\text{O}_2] = 8,31 \times 10^{-2} \text{ M}$

Aïllem $[\text{NO}_2]$ i substituïm les dades:

$$[\text{NO}_2]^2 = (K_c \times [\text{NO}]^2 \times [\text{O}_2])$$

$$[\text{NO}_2]^2 = (3,21 \times 10^2) \times (4,20 \times 10^{-10})^2 \times (8,31 \times 10^{-2})$$

$$[\text{NO}_2]^2 = 4,7055 \times 10^{-18}$$

$$[\text{NO}_2] = 2,1692 \times 10^{-9} \text{ M} \quad \textbf{[0,2 p]}$$

Transformem les unitats de la $[\text{NO}_2]$, de M a $\mu\text{g/m}^3$

$$\text{Massa molecular NO}_2 = (14) + (2 \times 16) = 46 \text{ g/mol}$$

$$2,1692 \times 10^{-9} \text{ mol NO}_2 / \text{L} \times (46 \text{ g NO}_2 / 1 \text{ mol NO}_2) \times (10^6 \mu\text{g NO}_2 / 1 \text{ g NO}_2) \times (1 \text{ L} / 1 \text{ dm}^3) \times (10^3 \text{ dm}^3 / 1 \text{ m}^3) = 99,8 \mu\text{g/m}^3$$

[0,25 p]

$[\text{NO}_2] = 99,8 \mu\text{g/m}^3 \Rightarrow$ Aquest valor es troba, segons la taula, entre 40 i $140 \mu\text{g/m}^3$:

$\Rightarrow$ **La qualitat de l'aire (EQAB) és moderada** **[0,4 p]**



Pregunta 5b

Justificar quan és previsible que hi hagi més boira fotoquímica en una ciutat, en dies molt calorosos o en dies de molt fred

Efecte de la temperatura sobre l'equilibri

La reacció és endotèrmica ($\Delta H^\circ > 0$). Això vol dir que necessita absorbir calor per formar productes (desplaçar-se cap a la dreta).

Si augmentem la temperatura, **dies molt calorosos**, estem subministrant més calor a la reacció i afavorim que aquesta es desplaci cap a la dreta (productes). Es produeix més NO_2 , **i augmenta la boira fotoquímica**.

[0,625 p]

Justificar quan és previsible que hi hagi més boira fotoquímica en una ciutat, en dies d'alta pressió o de baixa pressió

Efecte de la pressió sobre l'equilibri

Si la pressió total augmenta, la reacció es desplaça cap a on hi ha menys mols de gasos.

En la reacció de formació del NO_2 a partir de NO i O_2 , en els productes tenim menys mols de gasos (2) que en els reactius ($2 + 1 = 3$).

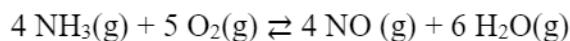
En dies d'alta pressió afavorim que la reacció es desplaci cap a la dreta (productes). Es produeix més NO_2 , **i augmenta la boira fotoquímica**.

[0,625 p]



Pregunta 6a

Calcular la variació d'entalpia estàndard de la reacció



Relacionem l'entalpia de la reacció amb l'entalpia de formació de reactius i productes:

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = (\sum n_p \Delta H^\circ_{\text{f, productes}}) - (\sum n_r \Delta H^\circ_{\text{f, reactius}}) \quad [0,25 \text{ p}]$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{\text{reacció}} &= [4 \times \Delta H^\circ_{\text{f}}(\text{NO}) + 6 \times \Delta H^\circ_{\text{f}}(\text{H}_2\text{O})] - [4 \times \Delta H^\circ_{\text{f}}(\text{NH}_3)] \\ \Delta H^\circ_{\text{reacció}} &= [(4 \times 90,3) + (6 \times (-241,8))] - [4 \times (-46,1)] \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \Delta H^\circ_{\text{reacció}} = -905,2 \text{ kJ} \quad (\text{o } -905,2 \text{ kJ/mol}) \quad [0,4 \text{ p}]$$

Justificar si l'espontaneïtat d'aquesta reacció depèn o no de la temperatura

L'espontaneïtat, a p i T constant, depèn de l'energia lliure de la reacció, ΔG° .

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ \quad [0,25 \text{ p}]$$

$$\text{Si } \Delta G^\circ < 0 \Rightarrow \text{la reacció és espontània} \quad [0,1 \text{ p}]$$

Dades de la reacció:

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} < 0 \quad (-905,2 \text{ kJ})$$

$$\Delta S^\circ_{\text{reacció}} > 0 \quad (180,5 \text{ J/K})$$

Per a calcular ΔG° :

1r. terme: $\Delta H^\circ_{\text{reacció}}$ és negatiu.

2n. terme: $-T \Delta S^\circ$ també és sempre negatiu

ja que $T > 0$ (en Kelvin) i $\Delta S^\circ_{\text{reacció}} > 0$

$$\Rightarrow \text{per a qualsevol temperatura tenim: } \Delta G^\circ < 0$$

$\Rightarrow$ l'espontaneïtat d'aquesta reacció no depèn de la temperatura

[0,25 p]



Pregunta 6b

Justificar amb quines unitats s'expressa la velocitat de reacció

[0,5 p]

La velocitat d'una reacció ens indica la variació de la concentració d'un reactiu o producte quan varia el temps.

Per tant, tindrà unitats de concentració dividit per temps:

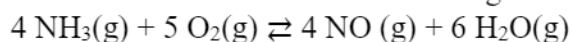
$$v = \Delta c / \Delta t$$

$$\Rightarrow \text{Unitat de la velocitat de reacció} \Rightarrow \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

Explicar quina és la funció de la malla de platí i rodi en la reacció

[0,5 p]

L'enunciat ens diu que cal oxidar **catalíticament** l'amoníac segons la reacció:



La malla de platí i rodi té la funció de catalitzador:

$\Rightarrow$ augmentar la velocitat de la reacció.

Raonar si la malla modifica la variació d'entalpia estàndard de la reacció

[0,25 p]

Els catalitzadors incideixen només en la cinètica d'una reacció química (velocitat); no modifiquen l'equilibri químic, ni les magnituds termodinàmiques (per exemple ΔH°).

$\Rightarrow$ La malla de platí i rodi no modifica la variació d'entalpia estàndard de la reacció (ΔH°).



Pregunta 7a

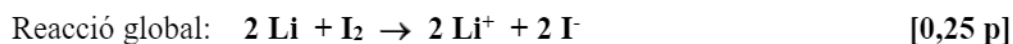
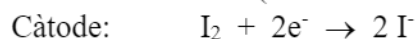
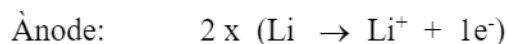
Escriure les semireaccions que tenen lloc a l'ànode i al càtode de la pila liti-iode

Semireaccions en els elèctrodes:



Escriure la reacció global de la pila liti-iode

Multipliquem la reacció de l'ànode per 2 per a igualar el nombre d'electrons bescanviats, i sumem les dues semireaccions:



Justificar que és espontània en condicions estàndard i 25° C

[0,5 p]

Raonament 1

La reacció redox serà espontània si la força electromotriu de la pila és positiva: $E^\circ > 0$.

$$E^\circ = E^\circ_{\text{CÀTODE}} - E^\circ_{\text{ÀNODE}} = E^\circ(\text{I}_2 / \text{I}^-) - E^\circ(\text{Li}^+ / \text{Li})$$

$$E^\circ = (0,54) - (-3,02) = 3,56 \text{ V}$$

$$E^\circ > 0 \Rightarrow \text{Reacció espontània}$$

Raonament 2

Perquè la reacció sigui espontània cal que el potencial de reducció del parell que es redueix (I_2 / I^-) sigui més gran que el que s'oxida (Li^+ / Li).

$$E^\circ(\text{I}_2 / \text{I}^-) > E^\circ(\text{Li}^+ / \text{Li}) \Rightarrow \text{Reacció espontània}$$



Pregunta 7b

Calcular el temps (hores) que el marcapassos podria funcionar sense interrupció

[0,5 p]

Dades:

Intensitat, $I = 0,100 \text{ A}$ (o $0,100 \text{ C/s}$)

Càrrega elèctrica (màxima), $Q = 6480 \text{ C}$

Raonament 1

$$6480 \text{ C} \times (1 \text{ s} / 0,100 \text{ C}) \times (1 \text{ h} / 3600 \text{ s}) = 18,0 \text{ h}$$

Raonament 2

$$I = Q / t \Rightarrow t = Q / I$$

$$t = 6480 \text{ C} / 0,100 \text{ A} = 64800 \text{ s}$$

$$t = 64800 \text{ s} \times (1 \text{ h} / 3600 \text{ s}) = 18 \text{ h}$$

$\Rightarrow$ temps màxim que podria funcionar el marcapassos: 18 hores

Massa mínima de liti que ha de contenir la pila per funcionar durant aquest temps

Dades:

Càrrega elèctrica (màxima), $Q = 6480 \text{ C}$ (temps=18 h; Intensitat=0,100 A)

Faraday, $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

Reacció: $\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + 1 \text{ e}^-$

Massa atòmica $\text{Li} = 6,94 \text{ g/mol}$

$$6480 \text{ C} \times (1 \text{ mol d'e}^- / 9,65 \times 10^4 \text{ C}) \times (1 \text{ mol Li} / 1 \text{ mol d'e}^-) \times (6,94 \text{ g Li} / 1 \text{ mol Li}) = 0,466 \text{ g de Li}$$

[0,75 p]