

2. L'airbag (o coixí de seguretat) està considerat, en combinació amb el cinturó de seguretat, com un dels millors sistemes per a reduir les lesions ocasionades per un accident de trànsit. Quan un vehicle rep un fort impacte, l'azida de sodi ( $\text{NaN}_3$ ) que porten els *airbags* es descompon ràpidament i forma nitrogen gasós, que omple el coixí i amorteix el cop dels ocupants.

a) L'azida de sodi es prepara comercialment a partir de la reacció entre el monòxid de dinitrogen i l'amidur de sodi segons l'equació química següent:



Quan reaccionen a pressió constant 4,0 mol de  $\text{NaNH}_2$  amb un excés de  $\text{N}_2\text{O}$ , en condicions estàndard i a 298 K, s'absorbeixen 111,6 kJ d'energia en forma de calor. Calculeu l'entalpia estàndard de formació de l'azida de sodi a aquesta temperatura.

[1,25 punts]

b) En la bibliografia podem trobar les dades següents amb relació als canvis de fase del nitrogen ( $\text{N}_2$ ):

<i>Punt de fusió</i>	<i>Punt d'ebullició</i>	<i>Punt triple</i>
1,00 atm 63,30 K	1,00 atm 77,40 K	0,123 atm 63,15 K

Definiu el terme *punt triple* d'una substància. Feu un dibuix aproximat del diagrama de fases del nitrogen, marqueu-hi els tres punts que figuren a la taula i indiqueu-hi les zones en què el nitrogen es troba en fase sòlida, líquida i gasosa. Raoneu si podem sublimar el nitrogen a pressió atmosfèrica.

[1,25 punts]

DADES: Entalpies estàndard de formació a 298 K:

$$\Delta H_f^\circ (\text{N}_2\text{O}, \text{g}) = 82,0 \text{ kJ mol}^{-1}; \Delta H_f^\circ (\text{NH}_3, \text{g}) = -46,1 \text{ kJ mol}^{-1};$$

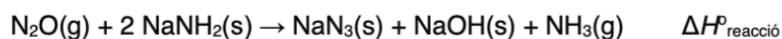
$$\Delta H_f^\circ (\text{NaNH}_2, \text{s}) = -123,7 \text{ kJ mol}^{-1}; \Delta H_f^\circ (\text{NaOH}, \text{s}) = -425,2 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

## Solució:

### Pregunta 2a

#### Calcular l'entalpia estàndard de formació de $\text{NaN}_3$

- Calculem l'entalpia estàndard de la reacció



A pressió constant  $\Rightarrow q_p = \Delta H^\circ_{\text{reacció}}$

[0,25 p]

La reacció està igualada amb 2 mol de  $\text{NaNH}_2$ :

$$2 \text{ mol NaNH}_2 \times (111,6 \text{ kJ} / 4 \text{ mol NaNH}_2) = 55,8 \text{ kJ}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = 55,8 \text{ kJ} \quad (\text{amb la igualació que surt a l'enunciat})$$

[0,3 p]

- Calculem l'entalpia estàndard de formació de l'azida de sodi

$$\Delta H^\circ_{\text{reacció}} = (\sum n_p \Delta H^\circ_{\text{f, productes}}) - (\sum n_r \Delta H^\circ_{\text{f, reactius}})$$

$$(\sum n_p \Delta H^\circ_{\text{f, productes}}) = [(1 \times \Delta H^\circ_{\text{f, azida de sodi}}) + (1 \times \Delta H^\circ_{\text{f, NaOH}}) + (1 \times \Delta H^\circ_{\text{f, amoníac}})]$$

$$(\sum n_r \Delta H^\circ_{\text{f, reactius}}) = [(1 \times \Delta H^\circ_{\text{f, monòxid de dinitrogen}}) + (2 \times \Delta H^\circ_{\text{f, amidur de sodi}})]$$

$$55,8 = [(\Delta H^\circ_{\text{f, azida de sodi}}) + (-425,2) + (-46,1)] - [(82,0) + (2 \times (-123,7))]$$

[0,4 p]

$$\Delta H^\circ_{\text{f, azida de sodi}} = 361,7 \text{ kJ} \quad (\text{o } 361,7 \text{ kJ/mol})$$

[0,3 p]

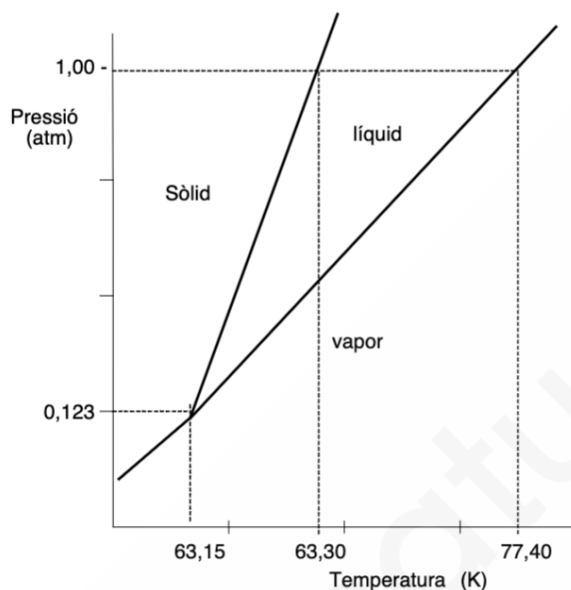
## Pregunta 2b

### Definició de punt triple

El punt triple correspon a unes condicions de pressió i temperatura en les quals coexisteixen en equilibri les tres fases d'una substància: fase sòlida, fase líquida i fase vapor (o gas).

[0,25 p]

### Dibuix, aproximat, del diagrama de fases



- Posar les magnituds i unitats als eixos
- Dibuixar les línies d'equilibri de les fases
- Indicar en el dibuix els 3 punts experimentals (T, p)

[0,2 p]

[0,2 p]

[0,3 p]

### Raonar si el nitrogen pot sublimar a $p = 1 \text{ atm}$

[0,3 p]

La sublimació implica que en augmentar la temperatura (a pressió constant) el compost passa directament de sòlid a gas (vapor).

Això només és possible per a pressions inferiors a la del punt triple.

En el cas del nitrogen: només pot sublimar per a  $p < 0,123 \text{ atm}$

⇒ **el nitrogen no pot sublimar a pressió atmosfèrica**

5. Les propietats periòdiques dels elements químics són propietats fisicoquímiques que es repeteixen amb una certa regularitat en els grups i períodes de la taula periòdica dels elements. La raó d'aquesta regularitat té a veure amb la configuració electrònica de l'element. La taula següent recull algunes propietats de quatre elements químics:

	S	Cl	K <sup>+</sup>	F <sup>-</sup>
Primera energia d'ionització (kJ mol <sup>-1</sup> )	999,5	1 251		
Radi iònic (Å)			1,34	1,34

- a) Per què la primera energia d'ionització del clor és més gran que la del sofre? El quocient de radis atòmics del potassi i el fluor ( $r_K/r_F$ ) és superior a 1? Justifiqueu les respostes basant-vos en les configuracions electròniques i en el model atòmic de càrregues elèctriques.

[1,25 punts]

- b) Justifiqueu per què podem ionitzar el clor atòmic si li fem arribar radiació ultraviolada (UV). La radiació visible no és capaç d'ionitzar el clor, però sí d'excitar-lo. Què succeeix en aquest procés d'excitació?

[1,25 punts]

DADES: Nombres atòmics:  $Z(F) = 9$ ;  $Z(S) = 16$ ;  $Z(Cl) = 17$ ;  $Z(K) = 19$ .

Nombre d'Avogadro:  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

Velocitat de la llum en el buit:  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .

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

Radiació ultraviolada (UV): longitud d'ona entre 15 nm i 400 nm.

1 m =  $10^9$  nm.

## Solució:

### Pregunta 5a

#### Configuracions electròniques

[0,15 p]

S (Z=16)	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^4$
Cl (Z=17)	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^5$
K (Z=19)	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^1$
F (Z=9)	$1s^2, 2s^2, 2p^5$

- No és necessari que facin les configuracions de tots els quatre elements. Tan sols les que necessitin, en base als raonaments que faran després.

#### Comparació de la primera energia d'ionització: Cl i S

[0,6 p]

L'energia d'ionització és l'energia que cal subministrar a un element A en estat gasós per arrencar un electró:  $A(g) \rightarrow A^+(g) + 1 e^-$  ( $E_{i1}$ , 1a energia d'ionització)

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 i més costarà d'arrencar l'electró. La energia d'ionització serà més alta.

El radi del Cl és més petit que el del S, ja que són elements que tenen l'electró més extern en la mateixa capa  $n=3$  (radi similar), però en tenir el Cl un protó i un electró més (té més càrrega), la força d'atracció fa que el seu radi sigui una mica inferior.

$$\Rightarrow \text{radi (Cl)} < \text{radi (S)}$$

L'energia d'ionització ( $E_i$ ) serà més gran com més petit sigui el radi.

$$\Rightarrow E_{i1} (\text{Cl}) > E_{i1} (\text{S})$$

- No és correcte si la justificació del radi o l'energia d'ionització es fa només en base a la posició dels elements a la taula periòdica.

**Justificar si el quocient  $rK / rF$  és  $> 1$**

- El radi d'un catió ( $A^+$ ) és inferior al de l'àtom (A).

Quan l'àtom de potassi (K) perd un electró de la capa més externa es forma l'ió positiu ( $K^+$ ) amb igual nombre de protons (19) però un electró menys (18). La càrrega nuclear és la mateixa, però la càrrega nuclear efectiva del catió és més gran a causa de l'electró de menys que té (menys apantallament). L'electró més extern del catió està més proper al nucli; el radi disminueix.

⇒ **radi  $K^+$  < radi K**

[0,2p]

- El radi d'un anió ( $A^-$ ), és superior al de l'àtom (A).

Quan l'àtom de fluor (F) agafa un electró es forma l'anió fluorur ( $F^-$ ) amb igual nombre de protons (9) però un electró més (10). La càrrega nuclear és la mateixa, però la càrrega nuclear efectiva en l'anió és més petita a causa de l'electró addicional (més apantallament). L'electró més extern de l'anió està més allunyat del nucli; el radi augmenta.

⇒ **radi  $F^-$  > radi F**

[0,2 p]

- Comparem:

Tenim: radi  $K^+$  < radi K i radi  $F^-$  > radi F

Taula: radi  $K^+$  = radi  $F^-$

⇒ **(radi K / radi F) és superior a 1**

[0,1 p]

### Pregunta 5b

#### Justificar per què el Cl el podem ionitzar si li fem arribar radiació ultraviolada

Dada. Primera energia d'ionització del Cl = 1251 kJ/mol

Hem de comprovar quina radiació pot tenir com a mínim aquesta energia, i així poder ionitzar el clor.

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

$$1251 \text{ kJ / mol} \times (1000 \text{ J / kJ}) \times (1 \text{ mol} / 6,02 \times 10^{23} \text{ àtom}) = 2,0781 \times 10^{-18} \text{ J / àtom}$$

[0,2 p]

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

$$E = h \nu$$

$$\nu = E / h \Rightarrow \nu = 2,0781 \times 10^{-18} / 6,63 \times 10^{-34}$$

$$\nu = \mathbf{3,1344 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}} \quad (\text{ó } \mathbf{3,1344 \times 10^{15} \text{ Hz}})$$

[0,3 p]

*Si no posen unitats (o són errònies) es penalitzarà 0,1 p.*

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

$$\lambda = c / \nu$$

$$\Rightarrow \lambda = 3,00 \times 10^8 / 3,1344 \times 10^{15}$$

$$\lambda = \mathbf{9,57 \times 10^{-8} \text{ m}}$$

[0,3 p]

*Si no posen unitats (o són errònies) es penalitzarà 0,1 p.*

*També poden calcular directament la longitud d'ona a partir de l'expressió:*

$$E = h \nu = h c / \lambda \Rightarrow \lambda = h c / E \quad (\mathbf{0,6 \text{ punts directament}})$$

- Tipus de radiació

$$\lambda = 9,57 \times 10^{-8} \text{ m} \times (10^9 \text{ nm} / 1 \text{ m}) = 95,71 \text{ nm}$$

$$\lambda = \mathbf{95,71 \text{ nm}} \Rightarrow \mathbf{\text{aquesta radiació està l'interval de la radiació UV}}$$

[0,2 p]

#### Què succeeix en el procés excitació del clor (radiació visible)

Quan el clor absorbeix radiació visible, l'electró extern de l'àtom passa d'un nivell d'energia inferior (estat fonamental) a un nivell superior (estat excitat).

[0,25 p]