

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 (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 NaNH_2 amb un excés de N_2O , 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 (N_2):

Punt de fusió	Punt d'ebullició	Punt triple
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:

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

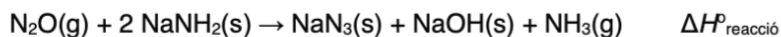
$$\Delta H_f^\circ (\text{NaNH}_2, \text{s}) = -123,7 \text{ kJ mol}^{-1}; \Delta H_f^\circ (\text{NaOH}, \text{s}) = -425,2 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

Solució:

Pregunta 2a

Calcular l'entalpia estàndard de formació de 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 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

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

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

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

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

[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]

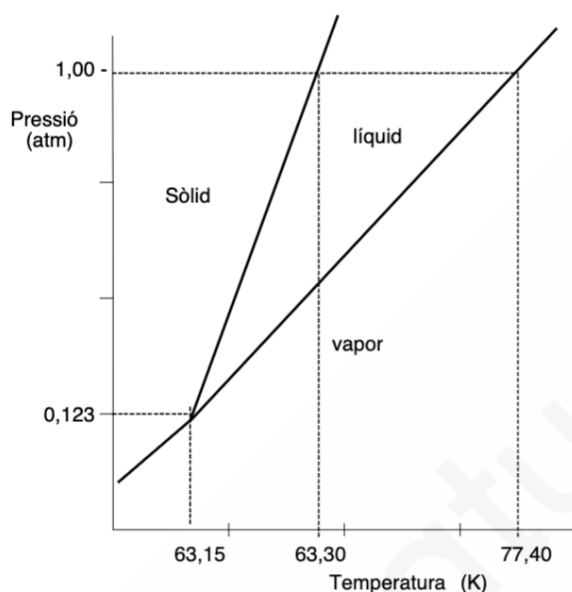
Pregunta 2b

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**

7. Les calderes de calefacció de condensació, a diferència de les convencionals, tenen més eficiència energètica. El combustible utilitzat principalment és el gas natural, format per una mescla d'hidrocarburs en què el metà és el component majoritari. La diferència entre les dues calderes és que en fer la combustió del metà en la caldera convencional obtenim aigua en estat de vapor, mentre que en la caldera de condensació obtenim aigua en estat líquid.

a) Sabem que la variació d'entalpia estàndard de la combustió d'un mol de metà per a donar vapor d'aigua és $-801,4 \text{ kJ mol}^{-1}$. Escriviu la reacció de combustió del metà en la caldera de condensació i calculeu la variació d'entalpia d'aquesta reacció. Justifiqueu numèricament quina té més eficiència energètica.

[1,25 punts]

b) Compareu la calor despresa a volum constant i a pressió constant de la caldera de condensació i raoneu-ho. Feu el mateix amb la caldera convencional.

[1,25 punts]

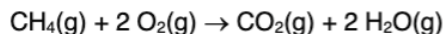
DADES: Entalpies estàndard de formació: $\Delta H_f^\circ (\text{CH}_4, \text{g}) = -74,8 \text{ kJ mol}^{-1}$;
 $\Delta H_f^\circ (\text{CO}_2, \text{g}) = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = -285,5 \text{ kJ mol}^{-1}$.
Constant universal dels gasos ideals: $R = 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

NOTA: Totes les dades són a 25°C .

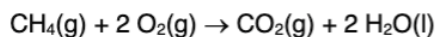
Solució:

PREGUNTA 7a

$\Delta H^\circ_{\text{combustió}}$ (metà) per donar vapor d'aigua = -801,4 kJ/mol de metà (caldera convencional)



Reacció de combustió del metà en caldera de condensació (per donar aigua estat líquid):



[0,35 p]

$\Delta H^\circ_{\text{combustió}}$ (metà) per donar aigua líquida =

$$= \Delta H_f(\text{CO}_2(\text{g})) + 2\Delta H_f(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) - \Delta H_f(\text{CH}_4(\text{g})) =$$

$$= (-393,5 \text{ kJ/mol}) + 2 \cdot (-285,5 \text{ kJ/mol}) - (-74,8 \text{ kJ/mol}) = -889,7 \text{ kJ/mol}$$

[0,6 p]

Quan es crema un mol de metà en la caldera convencional es desprenen 801,4 kJ d'energia.

Quan es crema un mol de metà en la caldera de condensació es desprenen 889,7 kJ d'energia, la qual representa més energia per quantitat de combustible, per tant, es justifica la seva major eficiència energètica.

[0,3 p]

PREGUNTA 7b

La relació entre calor a pressió i volum constant és: $Q_V = Q_P - \Delta nRT$

[0,25 p]

A la caldera convencional, la variació de nombre de mols de gasos és

$$\Delta n = 3 \text{ (productes)} - 3 \text{ (reactius)} = 0;$$

$$Q_P = -801,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$Q_V = -801,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} - \Delta nRT = -801,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

[0,4 p]

A la caldera de condensació, la variació de nombre de mols de gasos és

$$\Delta n = 1 - 3 = -2$$

$$Q_P = -889,2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$Q_V = -889,2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} + 2RT = -889,2 + 2 \times 8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \times 298 \text{ K} = -884,7 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

[0,4 p]

A volum constant, la caldera convencional desprèn la mateixa calor que a pressió constant. La caldera de condensació desprèn menys calor a volum constant que a pressió constant.

[0,2 p]