

BTS CIRA 2009

Combustion, calcul d'un pouvoir calorifique inférieur PCI

Données :

► Enthalpies standards de formation $\Delta_f H^0$ à 298 K d'espèces chimiques gazeuses en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$:

Espèces	$\text{CO}_{(g)}$	$\text{O}_{2(g)}$	$\text{CO}_{2(g)}$	$\text{CH}_{4(g)}$	$\text{H}_2\text{O}_{(g)}$
$\Delta_f H^0$ (en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)	- 110,4	0	- 393,1	- 74,80	- 241,6

► Volume molaire à 298 K : $V_m = 24,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$.

On désire calculer le PCI du mélange CO, CH_4 combustible utilisé pour le chauffage d'une chaudière utilisée pour chauffer et transformer de l'eau liquide en vapeur, vapeur destinée aux turbosoufflantes alimentant en air un haut-fourneau.

A - Le monoxyde de carbone CO

1° question : Ecrire l'équation de la réaction n°1 entre le monoxyde de carbone CO et le dioxygène de l'air O_2 sachant qu'il se forme du dioxyde de carbone CO_2 .

2° question : Calculer l'enthalpie standard de réaction $\Delta_r H^0(1)$ à 298 K associée à cette réaction pour une mole de monoxyde de carbone CO.

3° question : Après avoir rappelé la définition du PCI, calculer le PCI pour la combustion de CO en $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-3}$.

B - Le méthane CH_4

1° question : Ecrire l'équation de la réaction n°2 entre le méthane CH_4 et le dioxygène O_2 , sachant qu'il se forme cette fois du dioxyde de carbone CO_2 et de l'eau vapeur H_2O .

2° question : En déduire l'enthalpie standard de réaction $\Delta_r H^0(2)$ pour une mole de méthane CH_4 .

3° question : Calculer son PCI en $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-3}$.

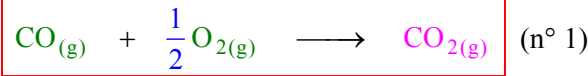
C- Etude du mélange

Sachant que le mélange contient, en volume, 60 % de CO et 40 % de CH_4 , calculer le PCI d'un mètre-cube de ce mélange.

Corrigé

A - Le monoxyde de carbone CO

1° question : Bilan de la réaction :



2° question : L'enthalpie standard de la réaction n° 1, $\Delta_r H^0(1)$ s'écrit :

$$\Delta_r H^0(1) = \Delta_f H^0(\text{CO}_{2(g)}) - \left\{ \frac{1}{2} \Delta_f H^0(\text{O}_{2(g)}) + \Delta_f H^0(\text{CO}_{(g)}) \right\}$$

$$\Delta_r H^0(1) \cong -282,7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

3° question :

Le P.C.I. d'un combustible représente la chaleur dégagée par la combustion complète de l'unité (de masse soit 1 kg, de volume soit 1 m³ ou de quantité de matière soit 1 mol) de ce combustible. Dans les conditions standard, le P.C.I. est donné à la pression atmosphérique et, le plus souvent, ramené à 298 K.

Le pouvoir calorifique inférieur est calculé lorsque l'eau résultant de la combustion est à l'état de vapeur.

Ici, une mole de monoxyde de carbone donne 282,7 kJ ; son P.C.I. molaire est : $\text{P.C.I.}_{\text{mol}} = 282,7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Pour passer du P.C.I. molaire au P.C.I. volumique, il faut faire intervenir le volume molaire dans les conditions de calcul du P.C.I. :

$$\text{P.C.I.}_{\text{vol}} (\text{kJ} \cdot \text{m}^{-3}) = \text{P.C.I.}_{\text{mol}} = \frac{\text{P.C.I.}_{\text{mol}} (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})}{V_m (\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1})} \quad (\text{les unités employées sont en bleu})$$

$$\text{P.C.I.}_{\text{vol}}(1) \cong 11,5 \times 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3}$$

B - Le méthane CH₄

1° question : Bilan de la réaction n°2 :



2° question : On en déduit l'enthalpie standard de réaction $\Delta_r H^0(2)$ pour une mole de méthane CH₄ :

$$\Delta_r H^0(2) = \Delta_f H^0(\text{CO}_{2(g)}) + 2 \Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}_{(g)}) - \{ 2 \Delta_f H^0(\text{O}_{2(g)}) + \Delta_f H^0(\text{CH}_{4(g)}) \}$$

$$\Delta_r H^0(2) \cong -801,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

3° question : On a encore :

$$\text{P.C.I.}_{\text{vol}} (\text{kJ} \cdot \text{m}^{-3}) = \text{P.C.I.}_{\text{mol}} = \frac{\text{P.C.I.}_{\text{mol}} (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})}{V_m (\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1})} \quad \text{P.C.I.}_{\text{vol}}(2) \cong 32,7 \times 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3}$$

C - Etude du mélange

Sachant que le mélange contient, en volume, 60 % de CO et 40 % de CH₄, calculer le PCI d'un mètre-cube de ce mélange.

Compte tenu de la composition en volume du mélange gazeux, on trouve :

$$\text{P.C.I.}_{\text{vol}} (\text{mélange}) = \frac{60}{100} \text{P.C.I.}_{\text{vol}}(1) + \frac{40}{100} \text{P.C.I.}_{\text{vol}}(2)$$

$$\text{P.C.I.}_{\text{vol}} (\text{mélange}) \cong 20,0 \times 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3}$$