

## Pouvoir calorifique de la bougie

### Définition

Soit  $Q$  l'énergie thermique dégagée par la combustion d'une masse  $m_0$  de combustible.

Le pouvoir calorifique (PC) de ce combustible représente l'énergie thermique que l'on peut récupérer lors de la combustion d'un kilogramme de ce combustible.

Il se calcule à l'aide de la relation :  $PC(J.kg^{-1}) = - Q (J) / m_0(kg)$

Remarque :  $Q < 0$  car c'est une énergie perdue par le combustible ;  $PC > 0$  car défini par rapport au système chauffé.

### Détermination expérimentale du pouvoir calorifique de la cire des bougies

#### Doc.1 : Energie thermique et variation de température

L'énergie thermique absorbée par un corps de masse  $m$  pour augmenter sa température de  $\theta_i$  à  $\theta_f$  a pour expression :

$Q = m_{\text{corps}} \times C_{\text{corps}} \times (\theta_f - \theta_i)$ , avec  $C_{\text{corps}}$  = capacité thermique massique du corps considéré.

Exemples : pour l'eau,  $C_{\text{eau}} = 4,18 J.g^{-1}.^{\circ}C^{-1}$  ; pour l'aluminium :  $C_{\text{Al}} = 0,92 J.g^{-1}.^{\circ}C^{-1}$

#### Doc 2 : dispositif expérimental



#### Doc 3 : Matériel disponible

- Thermomètre
- Potence + 2 pinces + 2 noix
- Epprouvette 250mL + eau
- Bougie + allumettes
- Canette avec fil
- Boite de conserve + film isolant
- Support élévateur
- balance

### Expérience

1 : Identifier les grandeurs à mesurer pour évaluer l'énergie transférée lors de la combustion d'une masse  $m_0$  de bougie composée d'acide stéarique, nécessaire pour augmenter la température de 150 mL d'eau de 10°C environ.

2 : Elaborer un protocole pour déterminer le pouvoir calorifique de l'acide stéarique. Reproduire le montage du DOC2

3 : Calculer le pouvoir calorifique de la cire de bougie.

#### Détermination de l'incertitude-type du pouvoir calorifique mesuré et écriture du résultat

Résultats de la série de mesures du pouvoir calorifique menées dans les mêmes conditions

PC (MJ/kg)	32,6	32,7	29,5	49,3	31,6	35,6	30,5	
---------------	------	------	------	------	------	------	------	--

4 : Calculer l'incertitude  $u(PC)$  puis exprimer le résultat de la grandeur mesurée en tenant compte de l'incertitude.

5 : La valeur théorique du pouvoir calorifique de l'acide stéarique est de 36,9 MJ.kg<sup>-1</sup>.

Vérifier la compatibilité entre le résultat de la mesure et la valeur de référence.

6 : Identifier des sources d'erreurs dans l'estimation du pouvoir calorifique de l'acide stéarique.

## Résultats :

### PROTOCOLE

Mesurer 150 mL d'eau dans l'éprouvette graduée  
Peser la canette en aluminium  $m_1 = m_{Al}$   
Faire la tare de la balance en laissant la canette dessus  
Verser les 150 mL d'eau dans la canette  
Mesurer la masse de l'eau  $m_{eau}$   
Refaire la tare de la balance  
Mesurer la masse de la bougie  
Réaliser le montage du document 2  
Relever la température de l'eau  $\theta_i$   
Allumer la bougie  
Mélanger régulièrement à l'aide du thermomètre jusqu'à ce la température ait augmenté de 10°C environ  
Eteindre la bougie  
Relever la température finale de l'eau  $\theta_f$

### Résultats :

$m_{Al} = 14,62 \text{ g}$                        $m_{eau} = 145,96 \text{ g}$   
 $\theta_i = 20,0^\circ\text{C}$                        $\theta_f = 30,2^\circ\text{C}$   
 $m_i = 10,48 \text{ g}$                        $m_f = 10,28 \text{ g}$

### PC:

Energie thermique absorbée par l'eau :  $Q_1 = m_{eau} \times C_{eau} \times (\theta_f - \theta_i)$

Energie thermique absorbée par la canette :  $Q_2 = m_{Al} \times C_{Al} \times (\theta_f - \theta_i)$

Energie cédée par la bougie :  $Q = -(Q_1 + Q_2)$

Pouvoir calorifique de la bougie :

$$PC = -\frac{Q}{m_0}$$

$$PC = \frac{Q_1 + Q_2}{m_i - m_f}$$

$$PC = \frac{m_{eau} \times C_{eau} \times (\theta_f - \theta_i) + m_{Al} \times C_{Al} \times (\theta_f - \theta_i)}{m_i - m_f}$$

$$PC = \frac{(m_{eau} \times C_{eau} + m_{Al} \times C_{Al}) \times (\theta_f - \theta_i)}{m_i - m_f}$$

$$PC = \frac{(145,96 \times 4,18 + 14,62 \times 0,92) \times (30,2 - 20,0)}{(10,48 - 10,28) \times 10^{-3}} \Rightarrow PC = 31,8 \cdot 10^7 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} = 31,8 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

### Incertitude :

Ecart-type :  $\sigma_{n-1} = 6,3488\dots$       Nombre de mesures  $N = 8$       Valeur moyenne :  $\overline{PC} = 34,2 \dots \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

$\Rightarrow u(PC) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{N}} = \frac{6,3488\dots}{\sqrt{8}} = 2,24 \dots = 3 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ , arrondi par excès à 1 chiffre significatif

$\Rightarrow PC = \overline{PC} \pm u(PC) \Rightarrow PC = 34 \pm 3 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1} \Leftrightarrow 31 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1} \leq PC \leq 37 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

### Vérification :

La valeur de référence,  $36,9 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ , est comprise dans l'intervalle expérimental ( $31 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1} \leq 36,9 \leq 37 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ).

Il y a donc compatibilité entre la valeur de référence et la mesure expérimentale.

### Pertes :

Pertes d'énergie: une partie de l'énergie dégagée par la combustion de la bougie est absorbée par l'air, une autre partie est absorbée par la bougie qui passe à l'état liquide

Erreur de mesure de la masse : canette pesée avec son fil d'attache

Combustion incomplète : traces noires sur le fond de la canette.