

EXERCICE RÉSOLU 2

Détermination expérimentale de la valeur énergétique d'un fruit sec

Énoncé

Voici un protocole expérimental permettant de déterminer la valeur énergétique d'un fruit sec, l'amande.

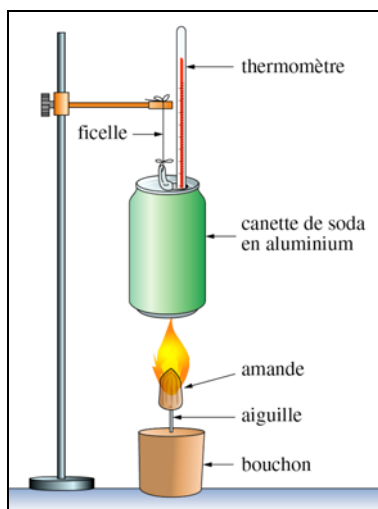


Schéma de l'expérience.

Protocole expérimental

- Peser exactement une amande.
- Peser exactement une canette de soda sèche.
- Remplir d'eau à moitié la canette de soda et la peser de nouveau.
- Suspender la canette à un fil par la languette d'ouverture.
- Réaliser le montage ci-contre, sachant que l'espace entre l'amande et la canette est de 3-4 cm (l'amande doit être décortiquée).
- Prendre la température initiale θ_i de l'eau (attendre que cette température soit stable).
- Enflammer le fruit sec à l'aide d'une allumette.
- Attendre que le fruit sec soit totalement brûlé en agitant l'eau de temps en temps avec le thermomètre.
- Prendre la température finale θ_f de l'eau.
- Répéter plusieurs fois cette expérience.

Résultats

Après plusieurs mesures, on obtient les valeurs utiles suivantes :

- masse de l'amande : $m_{\text{amande}} = 1,18 \text{ g}$;
- masse de la canette vide : $m_{\text{canette}} = 36,0 \text{ g}$;
- masse de l'ensemble canette + eau : $m_{\text{canette+eau}} = 285 \text{ g}$;
- température initiale de l'eau : $\theta_i = 18,5 \text{ }^\circ\text{C}$;
- température finale de l'eau : $\theta_f = 33,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Données

$$C_{\text{eau}} = 4,18 \times 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}.$$

1. Questions expérimentales.

- a. Comment détermine-t-on la masse d'eau utile à l'expérience ?
- b. Pourquoi faut-il réduire la distance au minimum entre la canette et la flamme.
- c. Quel est l'intérêt de faire plusieurs mesures ?

2. Questions théoriques.

- a. Sous quelle forme est utilisée la valeur énergétique de l'amande ? Quels sont les types de transfert thermique mis en jeu lors de cette expérience ?
- b. Comment peut-on estimer l'énergie dégagée par l'amande lors de sa combustion ? Calculer cette énergie.
- c. On peut lire que la valeur énergétique de l'amande est 2 379 J pour 100 g d'amandes. Est-ce le cas ? Sinon, justifier l'écart calculé et proposer des améliorations au protocole.

Une solution

1. a. La masse d'eau utile se calcule de la manière suivante :

$$m_{\text{eau}} = m_{\text{canette+eau}} - m_{\text{canette}} = \mathbf{249 \text{ g}}.$$

b. La combustion de l'amande doit chauffer la canette et l'eau. Les pertes thermiques doivent être minimales.

c. La répétition des mesures permet de réduire l'incertitude.

2. a. La valeur énergétique de l'amande est utilisée lors de la combustion sous forme de carburant pour la flamme. Il y a alors transfert thermique par rayonnement entre l'amande en combustion et la canette. Il y a également transfert thermique par conduction entre la canette et l'eau qui s'y trouve.

b. Pour estimer l'énergie dégagée par la combustion de l'amande, on suppose que le système {canette+eau} est thermiquement isolé et que son énergie mécanique est constante. Il n'existe pas de transfert par travail vers l'extérieur ($W = 0 \text{ J}$) et le transfert thermique avec l'extérieur provient de la combustion de l'amande (énergie notée Q_{amande}).

Méthode

Faire un bilan d'énergie nécessite en premier lieu de choisir le système à étudier.

Connaissances

Écrire le bilan d'énergie sous la forme :

$$\Delta E = \Delta U + \Delta E_m = Q_{\text{amande}} + W.$$

→ Le bilan d'énergie du système permet d'écrire :

$$\Delta E = \Delta U + 0 = Q_{\text{amande}} + 0,$$

$$m_{\text{eau}} \times c_{\text{eau}} \times (\theta_f - \theta_i) = Q_{\text{amande}}.$$

A.N : $Q_{\text{amande}} = 249 \times 10^{-3} \times 4,18 \times 10^3 \times (33 - 18,5) = \mathbf{15,1 \times 10^3 \text{ J}}$.

c. Cherchons l'énergie associée à 100 g d'amandes, notée $Q_{100\text{g}}$:

$$m_{\text{amande}} = 1,18 \text{ g} \rightarrow Q_{\text{amande}} = 15,1 \text{ kJ}$$

$$m = 100 \text{ g} \rightarrow Q_{100\text{g}}$$

A.N : $\frac{Q_{100\text{g}}}{15,1} = \frac{100}{1,18} \rightarrow Q_{100\text{g}} = \frac{100 \times 15,1}{1,18} = \mathbf{1,3 \times 10^3 \text{ kJ}}$.

Application numérique

Il faut choisir le nombre de chiffres significatifs du résultat en fonction du nombre de chiffres significatifs des données, mais aussi selon la comparaison à une valeur connue.

→ On calcule un écart relatif de $\frac{1,3 \times 10^3}{2379} \approx 0,45$, soit 45 %. C'est beaucoup !

Pourquoi un tel écart ? Une partie du transfert thermique sert aussi à chauffer l'air et le métal de la canette. Une autre cause d'erreur vient de l'absence d'isolant thermique autour de notre système, l'aluminium étant un très bon conducteur thermique et qu'il transfère une partie de l'énergie reçue à l'air extérieur. Pour améliorer le protocole, il faut donc isoler le système efficacement.