

BCPST 1 : Devoir Surveillé n°6 - PHYSIQUE

Mercredi 12 Mars 2025 – 1h30

Usage de la calculatrice : autorisé

Toute réponse doit être justifiée.

On attend un résultat littéral préalablement à toute application numérique.

Tout résultat final doit être mis en valeur.

EXERCICE 1 : CALORIMETRIE

(~ 45 MIN)

Données : $T(K) = \theta(^{\circ}C) + 273$

Enthalpie massique de fusion de l'eau ou chaleur latente : $l_{\text{fus}} = 334 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ à $0^{\circ}C$

Capacité thermique massique : de l'eau liquide : $c_e = 4,18 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;

de l'eau glace : $c_g = 2,06 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

PREMIERE EXPERIENCE :

Dans un calorimètre idéal dont on néglige la capacité thermique, on verse une masse $m_0 = 200 \text{ g}$ d'eau liquide à la température $\theta_0 = 15,0^{\circ}C$. On introduit une masse $m_1 = 100 \text{ g}$ de glace pilée à la température $\theta_1 = -10,0^{\circ}C$. Un thermomètre est introduit dans le calorimètre et on plonge un agitateur en verre afin d'homogénéiser le contenu du calorimètre à chaque instant.

Les capacités thermiques du thermomètre et de l'agitateur sont supposées négligeables.

1. Enoncer le premier principe de la thermodynamique pour un système fermé subissant une transformation finie monobare entre deux états d'équilibre mécanique avec l'extérieur (définition précise de chaque terme attendue)
2. Calculer l'énergie thermique **libérée** par l'eau liquide, notée Q_0 , quand elle refroidit de $\theta_0 = 15,0^{\circ}C$ à $\theta_2 = 0,00^{\circ}C$.
3. Calculer l'énergie thermique **à fournir** à la glace pilée, notée Q_1 , pour la chauffer de $\theta_1 = -10,0^{\circ}C$ à $\theta_2 = 0,00^{\circ}C$ ainsi que celle, notée Q_2 , pour la faire fondre entièrement à $0,00^{\circ}C$.
4. En déduire l'état final du système {eau liquide + glace pilée} dans le calorimètre : température finale à l'équilibre, masse de glace et masse d'eau liquide.

DEUXIEME EXPERIENCE :

Pour une deuxième expérience avec le calorimètre (vidé et séché !), on introduit une masse $m_2 = 500 \text{ g}$ de glace pilée à la température $\theta_1 = -10,0^{\circ}C$. On plonge, à l'instant $t = 0$, dans la glace pilée une résistance chauffante alimentée par un générateur basse tension de puissance électrique $P_{\text{elec}} = 200 \text{ W}$. Un thermomètre est introduit dans le calorimètre et on plonge un agitateur en verre afin d'homogénéiser le contenu du calorimètre à chaque instant.

Les capacités thermiques de la résistance électrique, du thermomètre et de l'agitateur sont supposées négligeables.

5. Donner la durée théorique Δt_1 au bout de laquelle la première goutte d'eau liquide apparaît si la capacité thermique du calorimètre est négligeable. Faire l'A.N.
6. La durée relevée expérimentalement est $\Delta t'_1 = 60,0 \text{ s}$. En déduire la capacité thermique totale du calorimètre en le supposant toujours idéal. Faire l'A.N.

On remet le chronomètre à zéro à l'instant où la première goutte d'eau liquide apparaît.

7. Indiquer la durée théorique Δt_2 au bout de laquelle le dernier cristal de glace disparaît. Faire l'A.N.
8. La durée relevée expérimentalement est $\Delta t'_2 = 800 \text{ s}$. Sachant que l'atmosphère est à la température $\theta_{ext} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$, comment expliquer cette différence ?
9. En déduire la puissance des échanges thermiques entre le calorimètre et l'atmosphère au cours de cette phase. Faire l'A.N.
10. En déduire la résistance thermique des parois du calorimètre en prenant $\theta_1 = -10,0 \text{ }^\circ\text{C}$ comme température intérieure. Faire l'A.N.

EXERCICE 2 : BILAN THERMIQUE D'UN SPORTIF

(~ 45 MIN)

La thermorégulation d'un athlète est étudiée sur un vélo d'appartement ce qui permet d'éviter de devoir prendre en compte l'étude de l'influence de la vitesse.

On note P la puissance thermique dégagée par les muscles et reçue par le cycliste.

On modélise le corps du cycliste par un solide homogène de surface de contact avec l'air notée S , de capacité thermique C , de température T , en contact avec l'atmosphère de température constante $T_0 \leq T$. On ne prendra pas en compte la transpiration mais uniquement les transferts thermiques conducto-convectifs entre le cycliste et l'atmosphère au niveau de la peau.

Données : Capacité thermique totale du cycliste :

$$C = 300 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1}$$

Coefficient de transfert thermique conducto-convectif :

$$h = 11 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$S = 0,70 \text{ m}^2 \text{ (1,80 m pour 80 kg)}$$

$$P = 300 \text{ W}$$

$$T_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad ; \quad \text{au repos, la température du cycliste est } T_c = 37 \text{ }^\circ\text{C}.$$

1. Citer la loi phénoménologique modélisant ces transferts et donner son expression en fonction de h , S , T et T_0 . Commenter le signe de la grandeur ainsi définie.
2. En déduire l'expression de l'énergie thermique élémentaire δQ_c algébriquement reçue par le cycliste du fait des transferts conducto-convectifs pendant la durée dt .
3. Donner l'expression de l'énergie thermique élémentaire δQ_m algébriquement reçue par le cycliste de la part des muscles pendant la durée dt en fonction de la puissance P dégagée par les muscles,
4. Appliquer le premier principe de la thermodynamique au cycliste afin d'établir l'équation différentielle vérifiée par la température T du solide modélisant le cycliste.
5. À partir de cette équation différentielle, justifier qu'il est possible de déterminer un temps caractéristique de l'évolution de la température du cycliste. Donner son expression, sa valeur numérique et son interprétation physique.
6. Résoudre l'équation pour déterminer l'évolution de la température du cycliste au cours du temps.
7. Déterminer la température finale du cycliste.
8. Tracer précisément l'évolution de $T = f(t)$ en faisant apparaître les grandeurs caractéristiques du système.
9. Conclure sur la validité du modèle.