Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

Bac 2024 Septembre Métropole Jour 1 Exercice 3 - Étude d'une bouteille isotherme (6 points)
Correction réalisée avec l'aide de Maxime CHEVANCHE © https://labolycee.org

1. Constitution de la bouteille isotherme et échanges thermiques

Q1. Identifier le mode de transfert thermique entre le vase interne et l'extérieur que l'usage des ressorts centraux et du support en caoutchouc vise à minimiser.

Le joint en caoutchouc et les ressorts limitent les transferts thermiques par conduction : ce sont de mauvais conducteurs thermiques.

Q2. Expliquer l'intérêt de rendre réfléchissantes les surfaces intérieure et extérieure du vase interne.

Les surfaces intérieure et extérieure sont réfléchissantes : cela limite les transferts par rayonnement.

Q3. L'espace situé entre la surface intérieure et la surface extérieure du vase interne contient un gaz à très basse pression. Expliquer l'intérêt de ce choix.

L'espace entre les deux parois contient un gaz à très faible pression : cela réduit fortement les transferts par convection.

2. Expérience visant à déterminer la capacité thermique du vase interne de la bouteille isotherme

On verse une masse d'eau froide m_{EF} = 300 g dans la bouteille isotherme. Le vase interne et l'eau froide sont à la température initiale θ_{EF} = 15°C. On complète le contenu de la bouteille avec une masse d'eau chaude m_{EC} = 100 g à la température θ_{EC} = 60 °C. La bouteille isotherme pleine est rapidement fermée puis agitée légèrement. Après trois minutes, la température d'équilibre thermique est atteinte et vaut $\theta_{éq}$ = 26 °C.

Données :

- capacités thermiques massiques de plusieurs métaux à la pression atmosphérique et à la température de 25°C :

Matériau	Capacité thermique massique ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)
Argent	235
Acier inoxydable	450
Titane	520
Aluminium	900

- on néglige l'influence de l'air piégé après fermeture de la bouteille isotherme ;
- la température de l'air extérieur et la pression atmosphérique sont constantes pendant la durée des expériences ;
- la température de l'air extérieur vaut : θ_{ext} = 19 °C ;
- la capacité thermique du vase interne de la bouteille isotherme est notée C_{Vase} ;
- la capacité thermique massique de l'eau est constante et vaut : $c_E = 4{,}18 \times 10^3$ $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$;
- la durée de l'expérience est : Δt = 180 s.

On modélise la bouteille isotherme par un système {S} constitué des trois sous-systèmes :

- {Vase interne} ;
- {Eau froide introduite dans le vase} ;
- {Eau chaude introduite dans le vase}.

Les variations d'énergie interne de chacun des sous-systèmes s'écrivent :

- $\Delta U_{Vase} = C_{Vase} \cdot (\theta_{éq} - \theta_{EF})$ pour le sous-système {vase interne} ;
- $\Delta U_{Eau\ froide} = m_{EF} \cdot c_E \cdot (\theta_{éq} - \theta_{EF})$ pour le sous-système {eau froide} ;
- $\Delta U_{Eau\ chaude} = m_{EC} \cdot c_E \cdot (\theta_{éq} - \theta_{EC})$ pour le sous-système {eau chaude}.

Pendant l'expérience, on considère que le système {S} vérifie les hypothèses suivantes :

- hypothèse 1 : les transferts thermiques avec le milieu extérieur sont négligés ;
- hypothèse 2 : les transferts d'énergie sous forme de travail sont également négligés.

Au regard du modèle retenu, la variation d'énergie interne du système {S} s'écrit :

$$\Delta U_S = \Delta U_{Vase} + \Delta U_{Eau\ froide} + \Delta U_{Eau\ chaude}$$

Q4. Indiquer en quoi les deux hypothèses faites permettent d'écrire que le premier principe de la thermodynamique appliqué au système {S} donne : $\Delta U_S = 0$.

Le premier principe indique $\Delta U_S = W + Q$

Hypothèse 1 : les transferts thermiques avec le milieu extérieur sont négligés donc $Q = 0$.

Hypothèse 2 : les transferts d'énergie sous forme de travail sont également négligés $W = 0$.

Q5. En déduire que la capacité thermique C_{Vase} est donnée par la relation :

$$C_{Vase} = \frac{m_{EC}.c_E.\left(\theta_{EC} - \theta_{éq}\right)}{\left(\theta_{éq} - \theta_{EF}\right)} - m_{EF}.c_E \text{ .}$$

On nous indique que $\Delta U_S = \Delta U_{Vase} + \Delta U_{Eau\ froide} + \Delta U_{Eau\ chaude}$ et on a vu que $\Delta U_S = 0$

$\Delta U_{Vase} + \Delta U_{Eau\ froide} + \Delta U_{Eau\ chaude} = 0$

$C_{Vase} \cdot (\theta_{éq} - \theta_{EF}) + m_{EF} \cdot c_E \cdot (\theta_{éq} - \theta_{EF}) + m_{EC} \cdot c_E \cdot (\theta_{éq} - \theta_{EC}) = 0$

$$C_{Vase} = \frac{-m_{EC}.c_E.\left(\theta_{éq} - \theta_{EC}\right) - m_{EF}.c_E.\left(\theta_{éq} - \theta_{EF}\right)}{\left(\theta_{éq} - \theta_{EF}\right)}$$

$$C_{Vase} = \frac{m_{EC}.c_E.\left(\theta_{EC} - \theta_{éq}\right) - m_{EF}.c_E.\left(\theta_{éq} - \theta_{EF}\right)}{\left(\theta_{éq} - \theta_{EF}\right)}$$

$$C_{Vase} = \frac{m_{EC}.c_E.\left(\theta_{EC} - \theta_{éq}\right)}{\left(\theta_{éq} - \theta_{EF}\right)} - m_{EF}.c_E$$

Q6. Calculer la valeur de la capacité thermique C_{Vase}.

$$C_{Vase} = \frac{0{,}100 \times 4{,}18 \times 10^3 \times \left(60 - 26\right)}{\left(26 - 15\right)} - 0{,}300 \times 4{,}18 \times 10^3$$

$C_{Vase} = 38$ J.°C^{-1} (ou J.K^{-1})

Q7. Sachant que le vase interne a une masse m_1 = 100 g, déterminer sa capacité thermique massique. Commenter le résultat au regard des données fournies.

Capacité thermique massique $C_{mVase} = \frac{C_{Vase}}{m_1}$

$C_{mVase} = \frac{38}{0{,}100} = 3{,}8\times10^{2}$ J.K^{-1}.kg^{-1}

Cette valeur étant assez proche de celle de l'acier inoxydable fournie dans le tableau de données, on peut considérer qu'elle est acceptable.
L'écart pourrait s'expliquer car on a considéré qu'il n'y avait aucun transfert thermique entre le système et le milieu extérieur, ce qui est en réalité impossible.

Q8. En considérant que le système {S} est à la température de 26 °C et que l'air extérieur est à la température 19 °C, montrer que le flux thermique, noté Φ_{ext}, du système {S} vers l'extérieur vaut environ 0,3 W.

$\Delta T = R.\ \Phi_{ext}$

$\Phi_{ext} = \frac{\Delta T}{R}$

$\Phi_{ext} = \frac{26-19}{23} = 0{,}30$ W

Remarque : le flux thermique devrait être compté négativement car il est cédé par le système.

Q9. En déduire l'ordre de grandeur de l'énergie Q_{ext} échangée par le système {S} avec le milieu extérieur pendant la durée Δt de l'expérience.

$\Phi_{ext} = \frac{Q_{ext}}{\Delta t}$

$Q_{ext} = \Phi_{ext}\ .\ \Delta t$

$Q_{ext} = 0{,}3 \times 180 = 54$ J $= 5\times10^{1}$ J avec deux chiffres significatifs.

Soit un ordre de grandeur de 10^2 J.

Remarque : Q_{ext} devrait être comptée négativement car elle est cédée par le système.

Q10. Comparer Q_{ext} à la variation d'énergie interne $\Delta U_{Eau\ chaude}$ de l'eau chaude introduite dans le vase au cours de l'expérience. Commenter en indiquant si l'hypothèse 1 est justifiée.

$\Delta U_{Eau\ chaude} = m_{EC} \cdot c_E \cdot (\theta_{éq} - \theta_{EC})$

$\Delta U_{Eau\ chaude} = 0{,}100\times4{,}18\times10^{3}\times(26 - 60)$

$\Delta U_{Eau\ chaude} = -1{,}4\times10^{4}$ J $= -14$ kJ

```
0.1*4180*(26-60)
                -1.4212E4
```

L'eau chaude a cédé 14 kJ au vase et à l'eau froide.
Et seulement 54 J ont été cédés au milieu extérieur.
Ces 54 J sont négligeables face à 14 kJ, l'hypothèse 1 est bien justifiée.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.