

Exercices

Energie – transfert thermique – etc.

I Le contenu d'un tube à essai à la mer (ou de l'immensité du nombre d'Avogadro)

Un savant fou jette le contenu d'un tube à essai de volume $V = 10 \text{ mL}$ d'eau lourde à la mer : l'eau lourde a la même structure que l'eau sauf que les atomes d'hydrogène sont constitués d'un isotope particulier de l'hydrogène comportant une proton et un neutron (${}^2_1\text{H}$ au lieu de ${}^1_1\text{H}$)

- 1) quelle est la masse molaire moléculaire de l'eau normale et de l'eau lourde
- 2) Plusieurs jours après, le savant reprend 10 mL d'eau de mer avec son tube à essai : en admettant que le volume de la mer n'a pas été modifié (évaporation et apport des eaux fluviales négligés) et en admettant que l'eau lourde initialement jetée a parfaitement été diluée dans l'eau de mer, combien de molécules N_{recup} d'eau lourde le savant va-t-il récupérer dans son tube à essai de $V_{\text{recup}} = 10 \text{ mL}$?

Données diverses : La surface d'une sphère = $S = 4\pi R^2$ (R : rayon de la sphère)

La terre (rayon moyen $R = 6400 \text{ km}$) est recouverte au 3/4 par les océans dont la profondeur moyenne est $h = 5 \text{ km}$.
Masse volumique de l'eau lourde $\rho = 1110 \text{ kg.m}^{-3}$

Réponse : environ 2 molécules dans les 10 mL récupérés (exact : 1,73)

II Le chauffe-eau

Doc 1. : Agence Reuters le 19 juillet 2012

La hausse limitée à 2 % des tarifs du gaz en France a été officialisée jeudi malgré un avis défavorable de la Commission de régulation de l'énergie (C.R.E.), selon laquelle la législation en vigueur aurait dû entraîner une augmentation de 7,3 % pour couvrir les coûts de G.D.F Suez.

Doc 2. : Le chauffe-eau

Un chauffe-eau à gaz est utilisé pour chauffer l'eau au moyen d'une combustion du méthane. L'appareil brûle un volume de 268 L de gaz pour faire passer la température d'une masse de 20 kg d'eau de $\theta_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ à $\theta_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$.

Doc 3. : Données

- Énergie thermique Q échangée par une masse m d'un composé de chaleur massique C passant d'une température T_i à T_f : $Q = m \times C \times (T_f - T_i)$,
- Capacité thermique massique (anciennement chaleur massique) de l'eau : $C_e = 4,19 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$,
- Pouvoir calorifique du méthane ou quantité d'énergie produite par combustion d'1 m^3 : $PC = 2,5 \times 10^7 \text{ J.m}^{-3}$.

1. Calculer la quantité d'énergie Q_1 transférée à l'eau. Sous quelle forme retrouve-t-on cette énergie ?
2. Calculer la quantité de chaleur Q_2 libérée par la combustion du gaz. De quelle forme d'énergie provient-elle ?
3. Pendant combien de temps devrait fonctionner un four à micro ondes de puissance 750 W pour fournir la même énergie ?
4. Comparer Q_1 et Q_2 puis représenter les transferts énergétiques sous forme d'une chaîne d'énergie.
5. Donner la valeur algébrique des transferts par rapport au système {chauffe-eau}, faire le bilan énergétique et conclure.
6. Définir et calculer le rendement η du chauffe-eau.

Réponses :

1. $Q_1 = 5,0 \times 10^6 \text{ J}$

2. $Q_2 = 6,7 \times 10^6 \text{ J}$

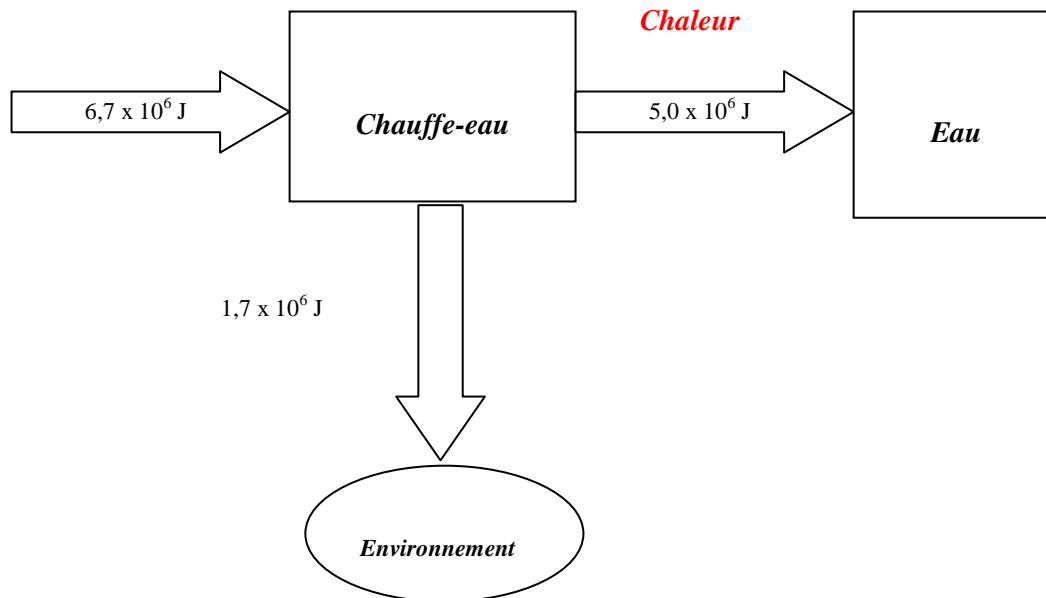
3. $E = P \times t$ soit $t = Q_2/P = 6,7 \times 10^6/750 =$

4. $Q_2 > Q_1$. $Q_2 - Q_1 = 1,7 \times 10^6 \text{ J}$

5. Transferts d'énergie $\Delta E = 0 = Q_1 + Q' + Q_p$

Avec le gaz $Q_1 = + 6,7 \times 10^6 \text{ J}$ l'eau $Q' = - Q_2 = - 5,0 \times 10^6 \text{ J}$ l'environnement $Q_p = - 1,7 \times 10^6 \text{ J}$

6. $\eta = Q_1/Q_2 = 0,75$



III Résistances thermiques (INSPIRÉ DU SITE SUIVANT : <http://www.incertitudes.fr/proba-stat-acp/livre.pdf>)

Un mur d'une maison de surface $S = 72,0 \text{ m}^2$ sépare l'extérieur à $T_{\text{ext}} = 6,0 \text{ °C}$ de l'intérieur maintenu à $T_{\text{int}} = 18,0 \text{ °C}$. On suppose l'épaisseur totale du mur $e = 50 \text{ cm}$. Il est constitué :

- d'une épaisseur $e_p = 40 \text{ cm}$ de paille compressée de conductivité thermique $\lambda_p = 45 \text{ mW/K/m}$,
- d'une épaisseur $e_e = 10 \text{ cm}$ d'enduit de conductivité thermique $\lambda_e = 200 \text{ mW/K/m}$.

On donne la relation entre l'épaisseur, la résistance thermique, la conductivité thermique et la surface : $\lambda \times S \times R_{\text{th}} = e$.

On suppose que les épaisseurs sont données au cm près, les températures au $\frac{1}{2} \text{ °C}$ près et les conductivités thermiques à 10 % près. On en déduit les incertitudes absolues U :

- sur les épaisseurs : $U_{\text{épaisseur}} = 2 \times \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ cm}$
- sur les températures : $U_{\text{température}} = 2 \times \frac{0,5}{\sqrt{3}} \text{ °C}$
- sur les conductivités thermiques : $U_{\lambda} = 2 \times \frac{0,01}{\sqrt{3}} \times \lambda$

La propagation des incertitudes respectivement sur la résistance thermique et le flux thermique Φ est donnée par :

$$\frac{U_{R_{\text{th}}}}{R_{\text{th}}} = \sqrt{\left(\frac{U_{\lambda}}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{U_S}{S}\right)^2 + \left(\frac{U_{\text{épaisseur}}}{e}\right)^2} \quad \frac{U_{\Phi}}{\Phi} = \sqrt{\left(\frac{U_{\Delta T}}{\Delta T}\right)^2 + \left(\frac{U_{R_{\text{th}}}}{R_{\text{th}}}\right)^2}$$

1. Déterminer la résistance thermique $R_{\text{th}1}$ de la paille pour ce mur et son incertitude.
2. Même chose pour l'enduit $R_{\text{th}2}$.
3. En déduire celle du mur sachant que les résistances thermiques s'ajoutent comme les résistances électriques.
4. On donne $\Delta T = R \times \Phi$; par une analyse dimensionnelle, retrouver l'unité de Φ .
5. Calculer Φ et l'incertitude sur cette valeur
6. Quelle est la puissance minimale du chauffage de la maison afin de compenser les pertes énergétiques par les murs ?

Réponses

1. $R_{\text{th}1} = (0,123 \pm 0,013) \text{ K.W}^{-1}$
2. $R_{\text{th}2} = (0,0069 \pm 0,0010) \text{ K.W}^{-1}$
3. $R_{\text{th}} = R_{\text{th}1} + R_{\text{th}2}$ et $u^2(R_{\text{th}}) = u^2(R_{\text{th}1}) + u^2(R_{\text{th}2}) \Rightarrow R_{\text{th}} = (0,130 \pm 0,015) \text{ K.W}^{-1}$
4. Cours !
5. $\Phi = 92,3 \text{ W}$ $\left(\frac{u(\Phi)}{\Phi}\right)^2 = \left(\frac{u(R_{\text{th}})}{R_{\text{th}}}\right)^2 + \left(\frac{u(T)}{T}\right)^2 \Rightarrow \frac{u(\Phi)}{\Phi} = 12,9\% \Rightarrow P_{\text{min chauffage}} = 105 \text{ W}$