Corrigé des exercices de Physique, chapitre 17 – TS2 2013
Transferts thermiques

Exercice n°8 p. 364 – Prendre conscience de la valeur de N_A

1. Nombre N de grains de sable : il faut convertir les mm^3 en m^3, ce qui nécessite un facteur 10^{-9} :

$$N = \frac{60 \times 10^6}{0,05 \times 10^{-9}} = 1 \times 10^{18} \text{ grains}$$

2. Quantité de matière correspondante :

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{1 \times 10^{18}}{6 \times 10^{23}} = 2 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

3. Pour avoir une mole, il faut :

$$\frac{1}{2 \times 10^{-6}} = 5 \times 10^5 \text{ dunes}$$

Tout cela pour prendre conscience du fait que le nombre d'Avogadro N_A est très grand.

Exercice n°12 p. 364 – Calculer la variation d'énergie interne d'un système

La variation d'énergie interne ΔU est proportionnelle à la capacité thermique massique c_{eau}, à la masse m et à la variation de température ΔT :

$$\Delta U = m \cdot c_{eau} \cdot \Delta T = m \cdot c_{eau} \cdot (T_2 - T_1)$$

La seule difficulté consiste à savoir s'il faut utiliser cette formule ou plutôt $\Delta U = C \cdot \Delta T$ avec C la capacité thermique du corps. On trouve la réponse à cette question en examinant les données et en particulier l'unité de c_{eau}, qui montre bien qu'il s'agit d'une capacité thermique *massique*.

La masse d'eau m est donnée par :

$$\rho_{eau} = \frac{m}{V} \quad \Leftrightarrow \quad m = \rho_{eau} \cdot V$$

$$m = 1,00 \times 1,7 = 1,7 \text{ kg}$$

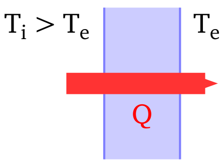
Application numérique :

$$\Delta U = 1,7 \times 4,18 \times 10^3 \times (64 - 20) = 3,1 \times 10^5 \text{ J}$$

Ainsi, l'énergie interne de ce volume d'eau a augmenté de $3,1 \times 10^5$ J.

Exercice n°18 p. 365 – Calculer une énergie thermique transférée

1. Le transfert thermique a toujours lieu du corps chaud, qui perd de l'énergie interne, vers le corps froid.



2. Flux thermique φ à travers la vitre :

$$\varphi = \frac{|T_i - T_e|}{R_{th}}$$

$$\varphi = \frac{|19 - (-1)|}{5,0 \times 10^{-3}} = 4 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{ou} \quad \text{W}$$

3. L'énergie thermique transférée ou quantité de chaleur transférée, notée Q, pendant la durée $\Delta t = 1,25$ h, est :

$$\varphi = \frac{Q}{\Delta t} \quad \Leftrightarrow \quad Q = \varphi \cdot \Delta t$$

$$Q = 4 \times 10^3 \times 1,25 \times 3\,600$$

$$Q = 2 \times 10^7 \text{ J}$$

Exercice n°23 p. 366 – Une ou plusieurs couches ?

1. Le feutre est le matériau le mieux adapté pour un vêtement d'hiver, car sa résistance thermique est la plus élevée des trois.

2. Les résistances thermiques s'additionnent quand les matériaux sont placés en couches (comme les résistances électriques en série, l'équivalent du montage en parallèle correspond au cas ou les matériaux sont placés côte à côte, comme plusieurs vitres sur une fenêtre). La résistance thermique totale est donc :

$$R_{th} = 0,80 + 1,1 + 5,5 = 7,4 \text{ cK} \cdot \text{W}^{-1}$$

3.a. Entre deux vêtements superposés est emprisonnée une fine couche d'air.

3.b. Plusieurs vêtements fins permettent d'une part de combiner plusieurs types de matériaux, chacun ayant des propriétés intéressantes (isolant, coupe-vent, respirant...). De plus, l'air emprisonné a une résistance thermique élevée, qui s'additionne aux résistances thermiques des matériaux utilisés. L'air est un bon isolant thermique dès lors que le transfert thermique par convection est stoppé, c'est la raison pour laquelle les matériaux remplis d'air (couette en plume d'oie...) sont de bons isolants, tout comme les matériaux formés de plusieurs couches.

Exercice n°29 p. 368 – Un isolant, la laine de verre

1. Lien entre la résistance thermique R_{th} en kelvin par watt ($K \cdot W^{-1}$), le flux thermique φ en watt (W) et la différence de température ΔT en kelvin (K) est :

$$R_{th} = \frac{|\Delta T|}{\varphi}$$

La valeur absolue assure un signe positif à la résistance thermique, quelque soit le signe de la différence de température. Pour le panneau de laine de verre n°1 :

$$R_{th1} = \frac{15}{10} = 1,5\ K \cdot W^{-1}$$

2. Lien entre le flux ou puissance thermique φ en watt (W), la quantité de chaleur échangée Q en joule (J) et la durée Δt des échanges en seconde (s) :

$$\varphi = \frac{Q}{\Delta t}$$

Lien entre la résistance thermique R_{th} en kelvin par watt ($K \cdot W^{-1}$), le flux thermique φ en watt (W) et la différence de température ΔT en kelvin (K) est :

$$R_{th} = \frac{|\Delta T|}{\varphi}$$

On remplace l'expression du flux dans cette dernière formule :

$$R_{th} = \frac{|\Delta T|\, \Delta t}{Q}$$

Pour le panneau de laine de verre n°2 :

$$R_{th2} = \frac{(T_B - T_A)\Delta t}{Q}$$

$$R_{th2} = \frac{(30 - 10) \times 2,0 \times 3\,600}{36 \times 10^3}$$

$$R_{th2} = 4,0\ K \cdot W^{-1}$$

La résistance thermique du panneau n°2 est plus élevée que celle du panneau n°1.

3.a. Analyse dimensionnelle pour la conductivité thermique λ :

$$[\lambda] = \left[\frac{e}{S \cdot R_{th}}\right] = \frac{m}{m^2 \cdot K \cdot W^{-1}} = W \cdot K^{-1} \cdot m^{-1}$$

3.b. Conductivité thermique du panneau n°1 :

$$\lambda_1 = \frac{60 \times 10^{-3}}{1,0 \times 1,5} = 40\ mW \cdot K^{-1} \cdot m^{-1}$$

Conductivité thermique du panneau n°2 :

$$\lambda_2 = \frac{240 \times 10^{-3}}{1,5 \times 4,0} = 40\ mW \cdot K^{-1} \cdot m^{-1}$$

Les deux conductivités thermiques des deux panneaux sont égales, car ils sont formés du même matériau (laine de verre).

4. La conductivité thermique est une donnée intrinsèque à un matériau, indépendamment de son épaisseur ou de sa surface. Cette conductivité caractérise la faculté du matériau à transmettre le flux thermique.

5. Dans l'expression de la conductivité thermique λ, on remplace la résistance thermique R_{th} par son expression en fonction du flux :

$$\lambda = \frac{e}{S \cdot R_{th}} \quad \text{et} \quad R_{th} = \frac{|\Delta T|}{\varphi} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{e \cdot \varphi}{S \cdot |\Delta T|}$$

$$\Leftrightarrow \quad \varphi = \frac{S \cdot |\Delta T| \cdot \lambda}{e}$$

6. Le flux thermique φ est proportionnel à la surface S en contact. Par conséquent, si l'on double la surface S, le flux thermique φ est doublé.

7. Le flux thermique φ est inversement proportionnel à l'épaisseur e du matériau. Par conséquent, si l'on double l'épaisseur e, le flux thermique φ est divisé par deux.

8. Pour diminuer les pertes d'énergie dans la maison, il faut utiliser une bonne épaisseur de laine de verre (il ne sert à rien de faire noter au propriétaire qu'il doit diminuer la surface de sa toiture ou de ses murs, à moins qu'il en soit encore à l'ébauche des plans de sa maison).

⋆⋆
⋆