

CLASSE : Terminale

VOIE : ☒ Générale

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 0h53

EXERCICE 3 : 5 points

ENSEIGNEMENT : physique-chimie

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui sans mémoire, « type collègue »

Exercice 3

Au bonheur des hippocampes (5 points)

Q1-

Les trois modes de transfert thermique pouvant contribuer au refroidissement de l'eau de l'aquarium sont :

- La conduction
- La convection
- Le rayonnement

Q2-

Un transfert thermique se fait du corps chaud vers le corps froid jusqu'à atteindre un équilibre (une température finale commune). L'eau étant à une température de 26°C et l'air à une température de 20°C supposée constante.

Ainsi, la température de l'eau va diminuer jusqu'à atteindre 20°C.

Q3-

$$R_{th} = \frac{e}{S_T \times \lambda}$$

Or on considère que la conduction thermique se fait exclusivement par les parois latérales et le couvercle (la surface en contact avec la table ne contribue pas).

Ainsi,

$$S_T = S_{\text{cotés}} + S_{\text{avant et arriere}} + S_{\text{dessus}}$$

$$S_T = 2 \times P \times H + 2 \times L \times H + L \times P$$

D'où

$$R_{th} = \frac{e}{(2 \times P \times H + 2 \times L \times H + L \times P) \times \lambda}$$

$$R_{th} = \frac{8,0 \times 10^{-3}}{(2 \times 0,40 \times 0,40 + 2 \times 0,60 \times 0,40 + 0,60 \times 0,40) \times 0,17}$$

$$R_{th} = 4,5 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$$

Ainsi, la résistance thermique totale de l'aquarium, notée R_{th} , a une valeur proche de $4,6 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$.

Q4-

$$\Phi = \frac{\Delta\theta}{R_{th}}$$

$$\Phi = \frac{20 - 26}{4,6 \times 10^{-2}}$$

$$\Phi = -130 \text{ W}$$

Le flux thermique est de -130 W : l'aquarium perd une puissance de 130 W.

Ainsi, pour maintenir la température (compenser les pertes), la puissance thermique P que le système de chauffage doit apporter à l'eau de l'aquarium a pour valeur $P = 130 \text{ W}$.

Q5-

La puissance thermique d'origine solaire absorbée par l'eau de l'aquarium à environ $P = 30 \text{ W}$ est insuffisante pour compenser les pertes : la température de l'eau va diminuer.

Q6-

Les puissances thermiques échangées par le système avec son environnement à l'instant t sont :

- La puissance perdue par conduction avec l'air ambiant
- La puissance reçue par rayonnement du soleil

Q7-

$$\tau = m \times c \times R_{th}$$

$$\tau = 100 \times 3930 \times 0,046$$

$$\tau = 1,8 \times 10^4 \text{ s}$$

Q8-

$$\theta(t) = \theta_0 e^{-\frac{t}{\tau}} + (\theta_{air} + R_{th} \times P_S) \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

« Si on attend suffisamment longtemps » : lorsque le temps tend vers l'infini :

$$\theta(t \rightarrow \infty) = \theta_0 e^{-\frac{\infty}{\tau}} + (\theta_{air} + R_{th} \times P_S) \times \left(1 - e^{-\frac{\infty}{\tau}}\right)$$

$$\theta(t \rightarrow \infty) = \theta_0 \times 0 + (\theta_{air} + R_{th} \times P_S) \times (1 - 0)$$

$$\theta(t \rightarrow \infty) = \theta_{air} + R_{th} \times P_S$$

$$\theta(t \rightarrow \infty) = 20 + 4,6 \times 10^{-2} \times 30$$

$$\theta(t \rightarrow \infty) = 21^\circ\text{C}$$

Q9-

Déterminons la durée nécessaire pour que l'aquarium atteigne sa valeur limite 24°C :

$$\theta(t) = \theta_0 e^{-\frac{t}{\tau}} + (\theta_{air} + R_{th} \times P_S) \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$\theta_0 e^{-\frac{t}{\tau}} + (\theta_{air} + R_{th} \times P_S) \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = \theta(t)$$

$$\theta_0 e^{-\frac{t}{\tau}} + (\theta_{air} + R_{th} \times P_S) \times 1 + (\theta_{air} + R_{th} \times P_S) \times -e^{-\frac{t}{\tau}} = \theta(t)$$

$$\theta_0 e^{-\frac{t}{\tau}} + (\theta_{air} + R_{th} \times P_S) - (\theta_{air} + R_{th} \times P_S) \times e^{-\frac{t}{\tau}} = \theta(t)$$

$$\theta_0 e^{-\frac{t}{\tau}} - (\theta_{air} + R_{th} \times P_S) \times e^{-\frac{t}{\tau}} = \theta(t) - (\theta_{air} + R_{th} \times P_S)$$

$$e^{-\frac{t}{\tau}} \times (\theta_0 - (\theta_{air} + R_{th} \times P_S)) = \theta(t) - (\theta_{air} + R_{th} \times P_S)$$

$$e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{\theta(t) - (\theta_{air} + R_{th} \times P_S)}{(\theta_0 - (\theta_{air} + R_{th} \times P_S))}$$

$$\ln\left(e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = \ln\left(\frac{\theta(t) - (\theta_{air} + R_{th} \times P_S)}{\theta_0 - (\theta_{air} + R_{th} \times P_S)}\right)$$

$$-\frac{t}{\tau} = \ln\left(\frac{\theta(t) - (\theta_{air} + R_{th} \times P_S)}{\theta_0 - (\theta_{air} + R_{th} \times P_S)}\right)$$

$$t = -\tau \times \ln\left(\frac{\theta(t) - (\theta_{air} + R_{th} \times P_S)}{\theta_0 - (\theta_{air} + R_{th} \times P_S)}\right)$$

$$t = -1,8 \times 10^4 \times \ln\left(\frac{24 - (20 + 4,6 \times 10^{-2} \times 30)}{26 - (20 + 4,6 \times 10^{-2} \times 30)}\right)$$

$$t = 1,0 \times 10^4 \text{ s}$$

$$t = 2\text{h } 51 \text{ min (sans arrondir le résultat précédent)}$$

Au bout d'un peu moins de 3h, la température devient inférieure à la température minimale pour les hippocampes.

Ainsi, il n'est pas possible d'utiliser uniquement le Soleil pour maintenir la température de l'aquarium entre 24 et 28 °C dans la journée.