$$\Phi = -\lambda_{th} \cdot \frac{\Delta\theta}{e} \times S = -\frac{\Delta\theta}{\frac{e}{\lambda_{th} S}}$$

$$\underset{\text{thermo}}{\Delta\theta} \equiv \underset{\text{électro}}{U}$$

$$\Phi \equiv \dot{I}$$

$$R_{th} = \frac{\Delta\theta}{|\Phi|} = \frac{e}{\lambda_{th} S}$$

Serie 9: Thermodynamique
Flux thermique

Exercice n°1:

1)a) $\Phi = -\lambda \frac{\Delta\theta}{e} \cdot S$

A.N = $\Phi_v = -\frac{0,7 \times 5 \times 1}{3,5 \times 10^{-3}} = -\frac{3,5}{3,5} \cdot 10^3 = -10^3$ Watts

b) $R_{Th} = \frac{e_v}{\lambda_v S} = \frac{\Delta\theta}{-\Phi} = \frac{5}{10^3} = 5 \times 10^{-3}\ KW^{-1}$

2)a) $\Phi = -\lambda_b \frac{\Delta\theta}{e_b} \cdot S$

$$\Phi = \frac{-0,52}{2,6 \times 10^{-2}} \times 5 \times 1$$

$$= \frac{-2 \times 26 \times 10^{-2}}{26 \times 10^{-2}} \cdot 5$$

$$\Phi_b = -10\ W.$$

2)b) $(R_{Th}) = \frac{e_b}{\lambda_b S} = -\frac{\Delta\theta}{\Phi} = \frac{5}{10} = 0,5\ KW^{-1}$

Concl: Avec de la brique on a 100x − de perte de flux de chaleur et une resistance 100x + importante.

Physique

28/01

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

A.N

$$2\pi\sqrt{\frac{200\times10^{-3}}{10}} = 2\pi\sqrt{2}\sqrt{10^{-2}} = 2\pi\sqrt{2}\,10^{-1} = 0{,}28\pi \text{ sec.}$$

4) pas de frottement $\Rightarrow E_m = \text{constante} \Rightarrow \frac{dE_m}{dt} = 0$

$$E_m(t) = E_c(t) + E_{pe}$$
$$= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$$
$$= \frac{1}{2}m(\dot{x}(t))^2 + \frac{1}{2}k(x(t))^2$$

$$\frac{dE_m}{dt} = \frac{1}{2}m\frac{d}{d\dot{x}}(\dot{x}^2)\times\underbrace{\frac{d\dot{x}}{dt}} + \frac{1}{2}k\frac{d}{dx}(x^2)\times\frac{dx}{dt} = 0$$

$$= \frac{1}{2}m(2\dot{x})\times\ddot{x} + \frac{1}{2}k(2x)\times\dot{x} = 0$$

$$\frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow m\dot{x}\ddot{x} + kx\dot{x} = 0$$

$$\dot{x}\,[\underbrace{m\ddot{x} + kx}_{=0}] = 0 \quad \forall t$$

$$\Rightarrow m\ddot{x} + kx = 0$$

$$\boxed{\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0}$$ même eqt diff que dans la question 2°

Exercice n°2 :

Vitesse en base de Frenet $= R\dot{\theta}$

1) $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ avec $v = L\dot{\theta}$ (base de Frenet)

$E_c = \frac{1}{2}mL^2\dot{\theta}^2$

2) $E_p = mgz$ avec $z = L(1-\cos(\theta))$

$E_p = mgL(1-\cos(\theta))$

3) $\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_{pp}$

$$= \frac{1}{2} mL^2 (\dot{\theta}(t))^2 + mgL\,(1-\cos(\theta(t)))$$

4) $\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_{pp}$

$$\mathcal{E}_m = \frac{1}{2} m\ell^2 (\dot{\theta}(t))^2 + mg\ell\,(1-\cos(\theta(t)))$$

$$\frac{d\mathcal{E}_m}{dt} = \frac{1}{2} m\ell^2 \left[\frac{d\dot{\theta}^2}{d\dot{\theta}} \times \frac{d\dot{\theta}}{dt}\right] - mg\ell \frac{d}{d\theta}(\cos(\theta)) \times \frac{d\theta}{dt}$$

$$= \frac{1}{\cancel{2}} m\ell^2 (\cancel{2}\dot{\theta}) \times \ddot{\theta} - mg\,\ell(-\sin(\theta)) \times \dot{\theta}$$

$$= m\dot{\theta}\ell\,[\ell\ddot{\theta} + g\sin(\theta)] = 0 \quad \forall t$$

$$= \ell\ddot{\theta} + g\sin(\theta) = 0$$

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{\ell}\sin(\theta) = 0$$

petites oscillations $\sin\theta \simeq \theta$ (rad)

$$\ddot{\theta} + \underbrace{\frac{g}{\ell}}_{\omega_0^2}\theta = 0$$

- On identifie $\omega_0^2 = \frac{g}{\ell} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$

- Période : $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{\ell}}} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$.

$\cancel{\frac{dE_m}{dt}}$

Exercice n°3 : $-kx - \alpha\dot{x} = m\ddot{x}$

$m\ddot{x} + \alpha\dot{x} + kx = 0$

$\ddot{x} + \frac{\alpha}{m}\dot{x} + \underbrace{\frac{k}{m}}_{\omega_0^2}x = 0$

$\ddot{x} + \frac{\alpha}{m}\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$

equation differentiel du mouv en presence des frottements

Si $\alpha = 0$, pas de frottem—

On retrouve $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$, equat° differentielle d'un oscillateur harmonique.

3) Regimes d'oscillation :

$\ddot{x} + \frac{\alpha}{m}\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$

l'equation caracteristiques : $r^2 + \frac{\alpha}{m}r + \omega_0^2 = 0$

$\Delta = \left(\frac{\alpha}{m}\right)^2 - 4\omega_0^2$

Signe de Δ :

Condition sur le coef de frottements α

- $\Delta < 0$ (2 solution complexes conjuguées)

$\left(\frac{\alpha}{m}\right)^2 < 4\omega_0^2$ | $\alpha < 2\omega_0 m$ | $2.7.200.10^{-3}$

$2,8$ W. $m^{-1}s$

$\frac{\alpha}{m} < 2\omega_0$ | $\alpha < 2,8$

Pseudo periodique : $\frac{\alpha}{m} < 2\omega_0$

Critique : $\alpha = 2m\omega_0$

Apériodique : $\alpha > 2m\omega_0$

4) $\frac{dE_m}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}m\dot{x}^2 + \frac{1}{2}kx^2\right)$

$$\frac{dE_m}{dt} = m\dot{x}\ddot{x} + kx\dot{x}$$

$$= \underbrace{\dot{x}}_{v_x}\underbrace{(m\ddot{x} + kx)}_{f_x}$$ or l'équat° diff : $m\ddot{x} + \alpha\dot{x} + kx = 0$

$m\ddot{x} + kx = -\alpha\dot{x}$

$$= \dot{x}(-\alpha\dot{x})$$

$$= \underbrace{-\alpha}_{>0}\underbrace{\dot{x}^2}_{>0}$$

$\frac{dE_m}{dt} < 0$ (Logique E_m dimunie à cause des frottements.

$$\frac{dE_m}{dt} = v_x \cdot f_x$$

$\frac{dE_m}{dt} = \vec{f}\cdot\vec{v}$ = Puissance de la force de frottement

d

Notion de l'opérateur gradient.

exemples : méca : $\vec{F}_{cons} = -\vec{grad}(E_p)$

thermo : $\vec{J} = -\lambda\,\vec{grad}(T)$

électrostatique : $\vec{E} = -\vec{grad}(V)$

Le gradient permet la mesure de la variation d'une f° (physique), selon les 3 directions de l'espace.

$$\vec{grad}(E_p) = \begin{pmatrix} \frac{\partial E_p}{\partial x} \\ \frac{\partial E_p}{\partial y} \\ \frac{\partial E_p}{\partial z} \end{pmatrix}$$

$f'(x) = \frac{df}{dx} = \frac{\partial f}{\partial x}$ car 1 seul variable

$\begin{cases} d : \text{dérivée totale} \\ \partial : \text{dérivé partielle} \end{cases}$

Physique

12/2

①

Exercice n°2 1) a)

$$\Phi = -\frac{\frac{\Delta\theta}{e}}{\lambda S} = \frac{\Delta\theta}{R_{Th}}$$

$$\Delta\theta = -\Phi \times \frac{e}{\lambda S}$$

$$\theta_1 - \theta_2 = -\Phi \cdot \frac{e_v}{\lambda_v S} \quad (1)$$

$$\theta_2 - \theta_3 = -\Phi \cdot \frac{e_a}{\lambda_a S} \quad (2)$$

$$\theta_3 - \theta_4 = -\Phi \times \frac{e_v}{\lambda_v S} \quad (3)$$

b) Φ ? $\Delta\theta = \theta_{int} - \theta_{ext}$
$= \theta_1 - \theta_4 = 5°C$

(1)+(2)+(3)

$$\Rightarrow \theta_1 - \theta_4 = -\Phi \left(\frac{2e_v}{\lambda_v S} + \frac{e_a}{\lambda_a S}\right)$$

$$\Phi = \frac{-(\theta_1 - \theta_4)}{\frac{2e_v}{\lambda_v S} + \frac{e_a}{\lambda_a S}}$$

A.N: $\Phi = -\frac{5}{\frac{2\times 3{,}5\cdot 10^{-3}}{0{,}7} + \frac{12\cdot 10^{-3}}{24\cdot 10^{-3}}}$

$= \frac{-5}{10^{-2} + 0{,}5} \simeq \frac{-5}{0{,}5} = -10\,W$

2) $\Phi = -10^3\,W$ (pour une vitre de verre (3,5 mm) voir Ex 1)

$\Phi_{\text{simple vitrage}} = -10^3\,W$;

$\Phi_{\text{double vitrage}} = -10\,W$.

c) On trouve

$$\begin{cases} \theta_1 - \theta_4 = \Phi\left(\frac{2e_v}{\lambda_v S} + \frac{e_a}{\lambda_a S}\right) \\ \Delta\theta = -\Phi \cdot R_{Th} \end{cases}$$

On identifie $(R_{Th})_{\text{double vitrage}} = 2R_{Th_v} + R_{Th_a}$

Ex 1 :

Calorimètre : enceinte adiabatique

$\sum Q_i = 0$

$Q_{bille} + Q_{eau} = 0$ $[C_p] = J.K^{-1}.kg^{-1}$

$m_1 c_{p_1}(\theta_{eq} - \theta_1) + m_2 c_{p_2}(\theta_{eq} - \theta_2) = 0$

$m_2 = \rho_e \times V_2$

$$\theta_{eq}\left[m_1 C_{p1} + \rho_e V_2 C_{pe}\right] = m_1 C_{p1}\theta_1 + \rho_e V_2 C_{pe}\theta_2$$

$$\boxed{\theta_{eq} = \frac{m_1 C_{p1}\theta_1 + \overbrace{\rho_e V_2}^{m_e} \times \theta_2 C_{pe}}{m_1 C_{p1} + \rho_e V_2 C_{pe}}}$$

A.N. : $\theta_1 = 200°C$, $V_2 = 0{,}25\,L$.

$\theta_2 = (290 - 273) = 17°C$

$\rho_e = 1\,g.cm^{-3} = 10\,g.L^{-1}$

$$\cancel{\theta_{eq} = \frac{80 \times 450 \times 200 + 10^3 \times 0{,}25 \times 17 \times 4180}{80 \times 450 + 10^3 \times 0{,}25 \times 4180}}$$

$\simeq 23°C$

Exo 2 :

$Q_{eau} = m_e C_e \Delta\theta$

$Q_{cal} = C_{cal}(\theta_f - \theta_i)$

capacité thermique $(J.K^{-1})$

$$\cancel{\theta_{eq}\left[m_1 C_{p1} + \rho_e V_2 C_{pe}\right] = m_1 C_{p1}\theta_1 + \rho_e V_2 C_{pe}\theta_2}$$

$$\cancel{\theta_{eq} = \frac{m_1 C_{p1}\theta_1 + \rho_e V_2 \times \theta_2 C_{pe}}{m_1 C_{p1} + \underbrace{\rho_e V_2}_{m} C_{pe}}}$$

$$\underbrace{Q_1}_{\text{eau à } 20°C} + \underbrace{Q_2}_{\text{eau à } 50°C} = 0$$

$$m_e c_e(\theta_{eq} - \theta_1) + m_e c_e(\theta_{eq} - \theta_2) = 0$$

$$\underbrace{m_e c_e}_{\neq 0}\underbrace{\left[2\theta_{eq} - \theta_1 - \theta_2\right]}_{=0} = 0$$

$$2\theta_{eq} - \theta_1 - \theta_2 = 0$$

$$\theta_{eq} = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} = \frac{50 + 20}{2} = 35°C$$