EPITA / S2 Mars 2018

NOM : .... PRENOM :..GROUPE :........

Contrôle 2 de Physique

Les calculatrices et les documents ne sont pas autorisés.

Réponses exclusivement sur le sujet

QCM (4 points, pas de points négatifs)

Entourer la bonne réponse

1- L'énergie mécanique de la masse m d'un pendule simple est d'expression :

$E_m = \frac{1}{2} mL^2.(\dot{\theta})^2 + mgL(1-\cos(\theta))$; Où m, L et g sont des constantes.

La dérivée de cette énergie par rapport au temps est

a) $\frac{dE_m}{dt} = mL^2 \ddot{\theta}\, \dot{\theta} - mgLsin(\theta).\dot{\theta}$

b) $\frac{dE_m}{dt} = mL^2 \ddot{\theta} + mgLsin(\theta)$

c) $\frac{dE_m}{dt} = mL^2 \ddot{\theta}\, \dot{\theta} + mgLsin(\theta).\dot{\theta}$

0,5

2- L'équation différentielle du mouvement de la masse du pendule simple, obtenue en écrivant $\frac{dE_m}{dt} = 0$, est

a) $\ddot{\theta} + \frac{g}{L}\cos(\theta) = 0$ b) $\ddot{\theta} + \frac{g}{L}\sin(\theta) = 0$ c) $\ddot{\theta} - \frac{g}{L}\sin(\theta) = 0$

0,5

3- La résolution de l'équation différentielle $\ddot{x} + \frac{\alpha}{m}\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$ nécessite de distinguer trois régimes. Le régime critique correspond à une valeur particulière de α (α étant le coefficient de frottement).

a) $\alpha_{crit} = 0$ b) $\alpha_{crit} > 2m\omega_0$ c) $\alpha_{crit} = 2m\omega_0$ d) $\alpha_{crit} < 2m\omega_0$

0,5

4- Un système qui n'échange ni matière, ni énergie avec le milieu extérieur est appelé :

a) un système isolé b) un système exclusif c) un système fermé

0,5

5- Quelle est l'expression de la résistance thermique ?

a) $R_{th} = -\frac{\Phi}{\Delta\theta}$ b) $R_{th} = \frac{e}{\lambda_{th}.S}$ c) $R_{th} = \frac{\lambda_{th}.S}{e}$

0,5

6- Un double vitrage est constitué de deux vitres en verre, chacune de résistance R_{verre}, séparées par un espace rempli d'air de résistance R_{air}. Que vaut la résistance totale du double vitrage ?

a) $R_{verre} + R_{air}$ b) $\frac{2}{R_{verre}} + \frac{1}{R_{air}}$ c) $2R_{verre} + R_{air}$

0,5

A. Zellagui

7- La température d'équilibre atteinte lorsque l'on mélange dans un calorimètre (de capacité calorifique négligeable) un volume V_1 d'eau à la température θ_1 et un volume V_2 d'eau à la température θ_2 est

a) $\theta_e = \frac{V_1\theta_1+V_2\theta_2}{V_1+V_2}$ b) $\theta_e = \frac{\theta_1+\theta_2}{2}$ c) $\theta_e = V_1\theta_1 + V_2\theta_2$ 0,5

8- Laquelle des grandeurs ci-dessous n'est pas extensive ?
- a) la température
- b) la masse
- d) le nombre de moles

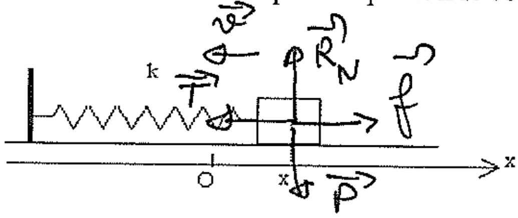
0,5

Exercice 1 (5 points)

On considère un système (ressort, masse m) représenté sur la figure ci-dessous. On écarte la masse de sa position d'équilibre x = 0 d'une distance x_0, ($x_0 > 0$), et on la lâche sans vitesse initiale.

La masse est soumise à une force de frottement d'expression : $\vec{f} = -\alpha.\vec{V}$, α est un coefficient de frottement positif.

On pose x(t) la position de la masse à un instant t quelconque et k le coefficient de raideur du ressort.



1

1- Représenter sur le schéma les forces appliquées sur la masse m. On suppose la masse se déplaçant de x_0 vers x = 0.

2- a) Utiliser la deuxième loi de Newton pour retrouver l'équation différentielle du mouvement donnée par $\ddot{x}+\frac{\alpha}{m}\dot{x}+\frac{k}{m}x = 0$.

$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$

$\vec{P} + \vec{R}_N + \vec{T} + \vec{f} = m\vec{a}$ 0,5

1,5

sur l'axe $\vec{ox}$: axe du mouvement

$0.\vec{u}_x + 0\vec{u}_x - kx\vec{u}_x - \alpha v\vec{u}_x = m\ddot{x}\vec{u}_x$

d'où $m\ddot{x} + \alpha v + kx = 0$; $v = \dot{x}$ 1

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

b) Donner l'équation caractéristique de l'équation différentielle, préciser les trois régimes d'oscillations selon les conditions sur le coefficient de frottement α. Donner l'allure de la courbe $x(t)$ pour chacun des régimes.

L'éq^t diff : $\ddot{x} + \frac{\alpha}{m}\dot{x} + \frac{k}{m}x = 0$

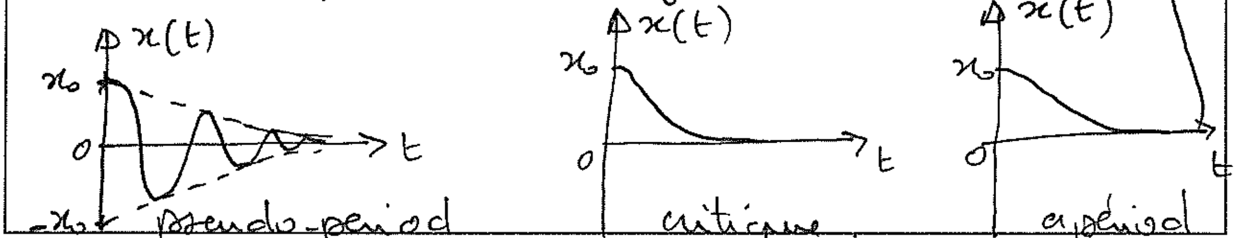
$\omega_0^2 = \frac{k}{m}$ (ω_0 = pulsation propre, en l'absence des frotts)

l'éq^t caractéristique : $r^2 + \frac{\alpha}{m}r + \omega_0^2 = 0$ (1)

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

(2,5)

- $\Delta < 0$ $\quad \frac{\alpha}{m} < 2\omega_0 \Rightarrow \alpha < 2m\omega_0$ (2 solutions complexes conjuguées) régime pseudo-périodique. (1,5)
- $\Delta = 0$ $\quad \alpha = 2m\omega_0$ régime critique.
- $\Delta > 0$ $\quad \alpha > 2m\omega_0$ régime apériodique.



Exercice 2 (5 points)

1- Rappeler l'expression du flux thermique Φ traversant un milieu, en fonction de l'écart de température $\Delta\theta$ et de la résistance thermique R_{th}. On suppose une propagation de chaleur à une dimension et en régime stationnaire. Retrouver les unités de Φ, R_{th} et de la conductivité thermique λ_{th}

(0,5) $\Phi = -\lambda_{th} \cdot \frac{\Delta\theta}{e} \cdot S = -\frac{\Delta\theta}{R_{th}}$ avec $R_{th} = \frac{e}{\lambda_{th} \cdot S}$

- Φ est une énergie thermique par unité de temps

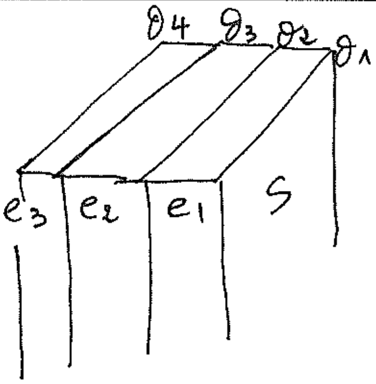
(0,5) $[\Phi] = J s^{-1} = $ Watts.

(0,5) $R_{th} = -\frac{\Delta\theta}{\Phi} \Rightarrow [R_{th}] = K W^{-1}$

- $\lambda_{th} = \frac{e}{R_{th} \cdot S} \Rightarrow [\lambda_{th}] = K^{-1} . W . m^{-1}$ (0,5)

2- Montrer que la résistance thermique R_{th} d'un système formé de trois milieux, de conductivités respectives λ_1, λ_2 et λ_3, de même surface S et d'épaisseurs respectives e_1, e_2 et e_3, s'écrit :

$R_{th} = R_{th1} + R_{th2} + R_{th3}$. Les trois milieux sont traversés par le même flux thermique Φ.



(3)

$\theta_1 = \theta_{int}$; $\theta_4 = \theta_{ext}$

$\Phi = -\dfrac{\Delta\theta}{\dfrac{e}{\lambda_{th} S}}$ $\quad \Delta\theta = \theta_{int} - \theta_{ext}$

milieu (1) : $\Phi = -\dfrac{(\theta_1 - \theta_2)}{\dfrac{e_1}{\lambda_1 S}}$ (1)

milieu (2) : (2) $\Phi = -\dfrac{(\theta_2 - \theta_3)}{\dfrac{e_2}{\lambda_2 S}}$; milieu (3) : $\Phi = -\dfrac{(\theta_3 - \theta_4)}{\dfrac{e_3}{\lambda_3 S}}$ (3)

$(1) + (2) + (3) \Rightarrow \theta_1 - \theta_4 = -\Phi \left(\dfrac{e_1}{\lambda_1 S} + \dfrac{e_2}{\lambda_2 S} + \dfrac{e_3}{\lambda_3 S} \right)$.

or $\Delta\theta = -\Phi \cdot R_{th}$.

d'où $R_{th} = \dfrac{e_1}{\lambda_1 S} + \dfrac{e_2}{\lambda_2 S} + \dfrac{e_3}{\lambda_3 S} = R_{th_1} + R_{th_2} + R_{th_3}$

Exercice 3 (6 points) **Les questions 1, 2 et 3 sont indépendantes.**

1- Dans un calorimètre de capacité thermique 100 $J.K^{-1}$, on introduit 100 g d'eau, l'ensemble est à 20°C. On y ajoute 100 g d'huile à 100°C (température inférieure à sa température d'ébullition). La température finale est de 40°C.

Calculer la capacité massique de l'huile. On donne : $c_{eau} = 4.10^3\ J.kg^{-1}.K^{-1}$

$\sum Q_i = 0$ (calorimètre : enceinte adiabatique).

$Q_e + Q_h + Q_{cal} = 0$

(2)

$m_e C_e (\theta_{éq} - \theta_1) + m_h \times C_h (\theta_{éq} - \theta_2) + C_{cal} (\theta_{éq} - \theta_1) = 0$.

$C_h = -\dfrac{(\theta_{éq} - \theta_1)(m_e . C_e + C_{cal})}{m_h (\theta_{éq} - \theta_2)} = -\dfrac{(40 - 20)(4.10^2 + 100)}{10^{-1} (40 - 100)}$

$C_{huile} = -\dfrac{20 \times 500}{-6} = \dfrac{10000}{6} = 1,67 . 10^3\ J K^{-1} kg^{-1}$

Calorimétrie { (1,5) expression littérale
(0,5) Application numérique

2- Quelle est la quantité de chaleur nécessaire pour convertir 10 g de glace à -20°C en vapeur à 100°C ?

Capacité massique de l'eau : Ce = $4.10^3 J.kg^{-1}.K^{-1}$
Chaleur latente de fusion de la glace $L_f = 335.10^3 J.kg^{-1}$
Capacité massique de la glace $Cg = 2.10^3 J.kg^{-1}.K^{-1}$
Chaleur latente de vaporisation $Lv = 225.10^4 J.kg^{-1}$

$$-20°C \xrightarrow[Cg]{} 0°C \xrightarrow[Lf]{} 0°C \xrightarrow{Ce} 100°C \xrightarrow[Lv]{} 100°C$$

2

$$Q_{total} = mg\, Cg\,(0-(-20)) + mg\,Lf + mg\,Ce\,(100-0) + mg.Lv$$ (La masse est conservée).

$$Q_{tot} = mg\,[20\,Cg + Lf + 100.Ce + Lv]$$

$$Q_{total} = 10.10^{-3}\,[20.2.10^3 + 335.10^3 + 100.4.10^3 + 225.10^4]$$
$$= 30{,}25.10^3\,J = 30{,}25\,kJ$$

3- Un calorimètre contient une masse m_1 = 150g d'eau. La température initiale de l'ensemble est θ_1=20°C. On ajoute une masse m_2= 250g d'eau à la température θ_2=70°C.
Calculer la capacité thermique C_{cal} du calorimètre sachant que la température d'équilibre est θ_e=50°C.
On donne la capacité massique de l'eau : $C_e = 4.10^3 JK^{-1}kg^{-1}$.

$\sum Q_i = 0$ (calorimètre : enceinte adiabatique)

$$Q_{cal} + Q_{e_1} + Q_{e_2} = 0$$

2

$$C_{cal}(\theta_{éq}-\theta_1) + m_1 Ce(\theta_{éq}-\theta_1) + m_2 Ce(\theta_{éq}-\theta_2) = 0$$

$$C_{cal} = -\frac{Ce\,(m_1(\theta_{éq}-\theta_1) + m_2(\theta_{éq}-\theta_2))}{\theta_{éq}-\theta_1}$$

$$= -\frac{\cancel{4.10^3}.\cancel{10^{-3}}\,(150(50-20) + 250(50-70))}{50-20}$$

$$C_{cal} = -\frac{4}{30}(4500 - 5000) = \frac{2000}{30}$$

$$\simeq 66{,}7\,JK^{-1}$$