

Sujet n°1

Question de cours

Force centrale :

- 1 - Définir ce qu'est une force centrale.
- 2 - Donner les exemples des forces newtonienne (expressions précises, schéma, ATTENTION aux signe/sens ...)
- 3 - Établir la conservation du moment cinétique par rapport au centre de force.
- 4 - Établir les deux conséquences :
 - Justifier que le mouvement est plan. **À faire en premier !**
 - Justifier que $r^2\dot{\theta}$ se conserve. *Pour cela, utiliser le système de coordonnées polaires pour calculer le moment cinétique par rapport au centre de orce.*
 - Faire le lien avec la loi des aires (2^e loi de Kepler).

Exercice n°1 Sorbet

Une sorbetière est une machine permettant de fabriquer des glaces faites maison. La préparation (basiquement fruits, eau et sucre), sortie du réfrigérateur, est versée dans un bol sorti du congélateur. Ce bol contient une solution saline dont la fusion progressive permet de récupérer une grande quantité d'énergie à basse température, et donc de refroidir efficacement la préparation. Un petit moteur fait tourner une pale qui agite le mélange, jusqu'à la prise en glace. On modélise l'ensemble de la façon suivante :

- la préparation de masse m est initialement liquide à 0 °C , elle commence à solidifier dès qu'elle est versée ;
- le bol de la sorbetière demeure à température constante $T_0 = -15\text{ °C}$;
- la température T du mélange est uniforme ;
- la puissance thermique échangée entre le mélange et le bol de la sorbetière s'écrit $\mathcal{P} = \alpha (T - T_0)$;
- les échanges thermiques avec l'air sont négligés pour simplifier.

On note c la capacité thermique massique de la glace, et $\Delta_{\text{fus}} h$ son enthalpie de fusion.

- 1 - Quelle est la durée nécessaire à ce que le mélange solidifie complètement ?
- 2 - La glace est meilleure à déguster à $T^* = -8\text{ °C}$. Combien de temps supplémentaire faudra-t-il patienter une fois la glace totalement solidifiée avant de se régaler ?

Exercice n°2 Chauffage d'une enceinte

Un récipient de volume total fixe $2V_0$ ($V_0 = 10\text{ L}$) est divisé en deux compartiments par un piston mobile (de surface S) sans frottement et sans masse. Les parois du compartiment de droite permettent les transferts thermiques, alors que celles du compartiment de gauche ainsi que le piston sont calorifugées.

Initialement, l'air (gaz parfait de rapport $\gamma = 1,4$) contenu dans chacun des deux compartiments est à la température $T_0 = 300\text{ K}$ et à la pression $P_0 = 10^5\text{ Pa}$, l'air extérieur au récipient étant à T_0 . À l'intérieur du compartiment de gauche se trouve une résistance $R = 10\Omega$. Cette résistance est parcourue par un courant continu $I = 1\text{ A}$. On arrête le courant après une durée τ dès que la pression dans le compartiment de gauche vaut $P_1 = 2P_0$. Les transformations sont supposées quasi-statiques.

- 1 - Déterminer les valeurs (P_2, T_2, V_2) dans le compartiment de droite à la fin de l'expérience.
- 2 - Quelle est la température finale T_1 dans le compartiment de gauche ?
- 3 - Quelle hypothèse peut-on faire sur la transformation subie par le gaz du compartiment de droite ?
- 4 - Quel travail des forces de pression W_2 a été reçu par le compartiment de droite ? Et celui W_1 reçu par le compartiment de gauche ?
- 5 - Que vaut le transfert thermique Q_2 échangé entre le compartiment de droite et le thermostat extérieur ?
- 6 - Quel est le travail électrique W_{elec} fourni par la résistance ? En déduire la durée τ du chauffage ?

Sujet n°2 Charline

Question de cours

On étudie le mouvement de $M(m)$ en interaction gravitationnelle avec $O(m_0)$.

- 1 - Donner les énergies potentielles gravitationnelle (resp. coulombienne).
- 2 - Montrer que l'énergie mécanique se conserve.
- 3 - Exprimer l'énergie mécanique du point matériel soumis à la force gravitationnelle (resp. coulombienne) et établir l'expression de l'énergie potentielle effective.

Pour cela, utiliser les coordonnées polaire pour exprimer le vecteur vitesse et en déduire l'énergie cinétique. Introduire la constante des aires, et identifier l'énergie potentielle effective (partie de \mathcal{E}_m qui ne dépend que de r).

Exercice n°1 Échauffement isochore d'un mélange diphasé

Une enceinte de volume $V = 1,00 \text{ L}$ contient à l'équilibre $m_g = 0,600 \text{ g}$ de vapeur d'eau et $m_l = 0,400 \text{ g}$ d'eau liquide à la température $T = 373 \text{ K}$ pour laquelle la pression de vapeur saturante est $P_{\text{sat}} = 1,01 \text{ bar}$. On chauffe réversiblement ce mélange à volume constant jusqu'à la température $T' = 383 \text{ K}$ pour laquelle la pression de vapeur saturante est $P'_{\text{sat}} = 1,32 \text{ bar}$. Le système est alors toujours à l'équilibre liquide-vapeur.

- 1 - Représenter le diagramme de Clapeyron et la transformation.
- 2 - Déterminer la nouvelle composition du système à l'équilibre.
- 3 - Exprimer puis calculer le transfert thermique Q qu'il a fallu fournir pour réaliser cette transformation.

Données : $R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$; $\Delta_{\text{vap}} h = 2,26 \times 10^3 \text{ kJ.kg}^{-1}$ et $\Delta_{\text{vap}} h' = 2,23 \times 10^3 \text{ kJ.kg}^{-1}$ les enthalpies massiques de vaporisation de l'eau respectivement à 100°C et à 110°C ; $c = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ la capacité thermique massique de l'eau et $\rho = 1,00 \text{ kg.L}^{-1}$ la masse volumique de l'eau. On considère c et ρ constantes sur la domaine de températures considérées.

Exercice n°2 Neige artificielle

La neige artificielle est obtenue en pulvérisant de fines gouttes d'eau liquide à $T_0 = 10^\circ\text{C}$ dans l'air ambiant à $T_a = -15^\circ\text{C}$. Ces gouttelettes sont supposées sphériques de rayon $R = 0,2 \text{ mm}$. Le déplacement dans l'air soumet chaque goutte à une perte thermique modélisée par la loi de Newton,

$$\phi = h(T - T_a)S,$$

où ϕ est le flux thermique cédé par la goutte d'eau, T sa température, h un coefficient constant et S l'aire de la surface au travers de laquelle a lieu l'échange.

- 1 - Établir l'équation différentielle régissant l'évolution temporelle de la température de la goutte $T(t)$.
- 2 - En déduire l'instant t_1 au bout duquel la goutte d'eau atteint une température $T_1 = -5,0^\circ\text{C}$.

À cet instant, la goutte est toujours liquide alors même qu'elle devrait être solide compte tenu de sa température, phénomène appelé surfusion. On suppose qu'à l'instant t_1 une petite perturbation fait cesser la surfusion : la température remonte brutalement à 0°C , et la goutte solidifie partiellement de manière instantanée.

- 3 - Calculer la fraction massique α de liquide restant à solidifier après rupture de la surfusion.
- 4 - À quel instant t_2 la goutte est-elle totalement solidifiée ?

Données :

- coefficient conducto-convectif $h = 65 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$;
- capacité thermique massique de l'eau liquide $c = 4,2 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$;
- capacité thermique massique de l'eau solide $c' = 2,1 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$;
- enthalpie massique de fusion de la glace $\ell_{\text{fus}} = 333 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; » masse volumique de l'eau liquide $\mu = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Sujet n°3 Anaïs

Question de cours

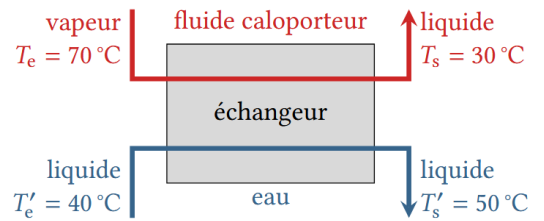
On étudie le pendule simple : un point matériel M est accroché à l'extrémité d'un fil inextensible de longueur ℓ . On note O le point d'attache du fil.

On note (Oz) l'axe perpendiculaire au plan du mouvement.

- 1 - Exprimer le moment cinétique de M par rapport à l'axe Oz .
- 2 - Exprimer le moment du poids par rapport à l'axe Oz en utilisant le bras de levier.
- 3 - Établir l'équation différentielle du mouvement vérifiée par θ en utilisant le théorème du moment cinétique par rapport à O ou par rapport à l'axe Oz .

Exercice n°1 Condenseur

Cet exercice s'intéresse à l'un des composants d'une pompe à chaleur, le condenseur, dont le principe est schématisé ci-contre. Un fluide caloporteur à l'état gazeux, préalablement porté à la température T_e par compression, y est mis en contact avec l'eau liquide à réchauffer, initialement à la température T'_e . Le fluide caloporteur se refroidit et se liquéfie au sein de l'échangeur, tandis que l'eau se réchauffe. L'évolution de chaque fluide est isobare. L'ensemble est thermiquement isolé de l'environnement. Question : Le volume d'eau à réchauffer de la sorte est de $1,5 \text{ m}^3$ par heure de fonctionnement de la PAC. Déterminer la masse de fluide caloporteur qu'il faut refroidir pendant cette durée.



Données : en considérant le R410a sous 22 bar comme fluide caloporteur,

- température de vaporisation : $T_{\text{vap}} = 35^\circ\text{C}$;
- enthalpie de vaporisation : $\Delta_{\text{vap}} h = 170 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$;
- capacités thermiques du R410a : $c_{\text{vap}} = 0,8 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ et $c_{\text{liq}} = 1,7 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$;
- capacité thermique de l'eau liquide : $c' = 4,2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Exercice n°2 Sorbet

Une sorbetière est une machine permettant de fabriquer des glaces faites maison. La préparation (basiquement fruits, eau et sucre), sortie du réfrigérateur, est versée dans un bol sorti du congélateur. Ce bol contient une solution saline dont la fusion progressive permet de récupérer une grande quantité d'énergie à basse température, et donc de refroidir efficacement la préparation. Un petit moteur fait tourner une pale qui agite le mélange, jusqu'à la prise en glace. On modélise l'ensemble de la façon suivante :

- la préparation de masse m est initialement liquide à 0°C , elle commence à solidifier dès qu'elle est versée ;
- le bol de la sorbetière demeure à température constante $T_0 = -15^\circ\text{C}$;
- la température T du mélange est uniforme ;
- la puissance thermique échangée entre le mélange et le bol de la sorbetière s'écrit $\mathcal{P} = \alpha (T - T_0)$;
- les échanges thermiques avec l'air sont négligés pour simplifier.

On note c la capacité thermique massique de la glace, et $\Delta_{\text{fus}} h$ son enthalpie de fusion.

- 1 - Quelle est la durée nécessaire à ce que le mélange solidifie complètement ?
- 2 - La glace est meilleure à déguster à $T^* = -8^\circ\text{C}$. Combien de temps supplémentaire faudra-t-il patienter une fois la glace totalement solidifiée avant de se régaler ?

Sujet n°4 Léandre

Question de cours

Force centrale :

- 1 - Définir ce qu'est une force centrale.
- 2 - Donner les exemples des forces newtonienne (expressions précises, schéma, ATTENTION aux signe/sens ...)
- 3 - Établir la conservation du moment cinétique par rapport au centre de force.
- 4 - Établir les deux conséquences :
 - Justifier que le mouvement est plan. **À faire en premier !**
 - Justifier que $r^2\dot{\theta}$ se conserve. *Pour cela, utiliser le système de coordonnées polaires pour calculer le moment cinétique par rapport au centre de orce.*
 - Faire le lien avec la loi des aires (2^e loi de Kepler).

Exercice n°1

On comprime une mole de dioxygène, assimilé à un gaz parfait diatomique de température $T_i = 300$ K et de pression $p_i = 1,0$ bar, jusqu'à une température $T_f = T_i$ et une pression $p_f = 5,0$ bar. La compression peut se produire de deux façons différentes : la première AIB est isotherme et la seconde suit le chemin AEB (isochore suivi d'une isobare). Toutes les transformations sont supposées réversibles.

- 1 - Exprimer le travail reçu par le gaz au cours de l'évolution AIB . En déduire le transfert thermique reçu.
- 2 - Même question au cours de l'évolution AEB .

Exercice n°2 Échauffement isochore d'un mélange diphasé

Une enceinte de volume $V = 1,00$ L contient à l'équilibre $m_g = 0,600$ g de vapeur d'eau et $m_l = 0,400$ g d'eau liquide à la température $T = 373$ K pour laquelle la pression de vapeur saturante est $P_{\text{sat}} = 1,01$ bar. On chauffe réversiblement ce mélange à volume constant jusqu'à la température $T' = 383$ K pour laquelle la pression de vapeur saturante est $P'_{\text{sat}} = 1,32$ bar. Le système est alors toujours à l'équilibre liquide-vapeur.

- 1 - Représenter le diagramme de Clapeyron et la transformation.
- 2 - Déterminer la nouvelle composition du système à l'équilibre.
- 3 - Exprimer puis calculer le transfert thermique Q qu'il a fallu fournir pour réaliser cette transformation.

Données : $R = 8,31$ J.K⁻¹.mol⁻¹; $\Delta_{\text{vap}} h = 2,26 \times 10^3$ kJ.kg⁻¹ et $\Delta_{\text{vap}} h' = 2,23 \times 10^3$ kJ.kg⁻¹ les enthalpies massiques de vaporisation de l'eau respectivement à 100°C et à 110°C; $c = 4,18$ kJ · K⁻¹ · kg⁻¹ la capacité thermique massique de l'eau liquide et $\rho = 1,00$ kg.L⁻¹ la masse volumique de l'eau liquide. On considère c et ρ constantes sur la domaine de températures considérées.

Sujet n°5 Pierre

Question de cours

On étudie le mouvement de $M(m)$ en interaction gravitationnelle avec $O(m_0)$.

- 1 - Donner les énergies potentielles gravitationnelle (resp. coulombienne).
- 2 - Montrer que l'énergie mécanique se conserve.
- 3 - Exprimer l'énergie mécanique du point matériel soumis à la force gravitationnelle (resp. coulombienne) et établir l'expression de l'énergie potentielle effective.

Exercice n°1 Chauffage d'une enceinte

Un récipient de volume total fixe $2V_0$ ($V_0 = 10$ L) est divisé en deux compartiments par un piston mobile (de surface S) sans frottement et sans masse. Les parois du compartiment de droite permettent les transferts thermiques, alors que celles du compartiment de gauche ainsi que le piston sont calorifugées.

Initialement, l'air (gaz parfait de rapport $\gamma = 1,4$) contenu dans chacun des deux compartiments est à la température $T_0 = 300$ K et à la pression $P_0 = 10^5$ Pa, l'air extérieur au récipient étant à T_0 . À l'intérieur du compartiment de gauche se trouve une résistance $R = 10\Omega$. Cette résistance est parcourue par un courant continu $I = 1$ A. On arrête le courant après une durée τ dès que la pression dans le compartiment de gauche vaut $P_1 = 2P_0$. Les transformations sont supposées quasi-statiques.

- 1 - Déterminer les valeurs (P_2, T_2, V_2) dans le compartiment de droite à la fin de l'expérience.
- 2 - Quelle est la température finale T_1 dans le compartiment de gauche?
- 3 - Quelle hypothèse peut-on faire sur la transformation subie par le gaz du compartiment de droite?
- 4 - Quel travail des forces de pression W_2 a été reçu par le compartiment de droite? Et celui W_1 reçu par le compartiment de gauche?
- 5 - Que vaut le transfert thermique Q_2 échangé entre le compartiment de droite et le thermostat extérieur?
- 6 - Quel est le travail électrique W_{elec} fourni par la résistance? En déduire la durée τ du chauffage?

Exercice n°2 Combien de glaçons?

Déterminer la masse de glaçon à -18 °C qu'il faut ajouter à un verre de jus de fruits à 25 °C pour qu'il soit à -5 °C.

Sujet n°6 Tom

Question de cours

On étudie le pendule simple : un point matériel M est accroché à l'extrémité d'un fil inextensible de longueur ℓ . On note O le point d'attache du fil. On note (Oz) l'axe perpendiculaire perpendiculaire au plan du mouvement.

- 1 - Exprimer le moment cinétique de M par rapport à l'axe Oz .
- 2 - Exprimer le moment du poids par rapport à l'axe Oz en utilisant le bras de levier.
- 3 - Établir l'équation différentielle du mouvement vérifiée par θ en utilisant le théorème du moment cinétique par rapport à O ou par rapport à l'axe Oz .

Exercice n°1 Formation d'un glaçon

On place une masse $m = 1$ kg d'eau liquide à la température ambiante $T_1 = 20$ °C est placée dans un congélateur de température $T_2 = -18$ °C et on attend suffisamment longtemps pour que l'équilibre soit atteint. La transformation a lieu à pression constante.

- 1 - Définir le système et la transformation subie.
- 2 - Proposer un chemin fictif permettant d'exprimer la variation d'enthalpie.
- 3 - Exprimer la variation de l'enthalpie de l'eau au cours de cette transformation.
- 4 - Exprimer le transfert thermique reçu par l'eau.

On donne la capacité thermique massique de l'eau solide c_s , de l'eau liquide c_ℓ et l'enthalpie de fusion de l'eau $\Delta_{\text{fus}}h$.