

Sujet n°1 François

Question de cours : Premier principe

- 1 - Énoncer le premier principe pour une transformation quelconque d'un système fermé.
- 2 - Comment s'écrit-il pour un système macroscopiquement au repos ?
- 3 - Comment peut-on déterminer un transfert thermique ?
- 4 - Déterminer le transfert thermique reçus par deux moles d'un gaz parfait subissant une compression isotherme, son volume passant de V_0 à $V_0/2$. Commenter.

Exercice n°1 Équilibre

Dans une enceinte totalement isolée de l'extérieur, initialement vide et de volume $V = 1.0$ L, on introduit une goutte d'eau de $m = 1.0$ g de température $T = 300$ K.

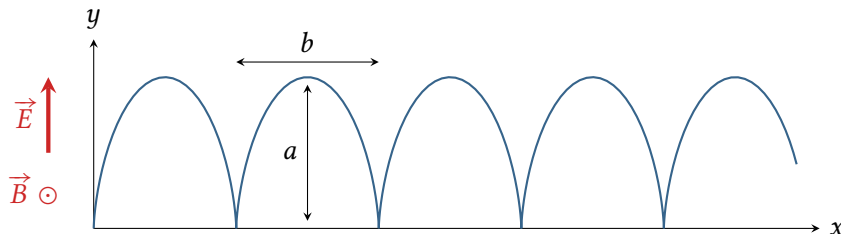
Dans cet exercice, tous les gaz sont considérés parfaits. À la température T , la pression d'équilibre liquide-vapeur (appelée pression de vapeur saturante) est $P_{\text{sat}} = 4240$ Pa

- 1 - Déterminer la valeur de la pression obtenue dans l'enceinte en supposant que l'ensemble de l'eau est à l'état vapeur. Commenter.
- 2 - Déterminer l'état final du système.
 - Masse molaire de l'eau $M = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 - Constante des gaz parfait $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Exercice n°2 Mouvement dans les champs E et B croisés

Considérons une particule de masse m et charge $q > 0$, se trouvant initialement sans vitesse au point origine du repère. Cette particule est soumise aux champs $\vec{E} = E\vec{e}_y$ et $\vec{B} = B\vec{e}_z$. On pose $\omega = \frac{qB}{m}$.

- 1 - Appliquer le principe fondamental de la dynamique à la particule et montrer que son mouvement est plan.
- 2 - Établir une équation différentielle portant sur la composante v_y de la vitesse de la particule. La résoudre en faisant apparaître une constante λ .
- 3 - En déduire l'expression de la composante v_x et déterminer λ .
- 4 - Déterminer la vitesse de dérive $\vec{v}_D = \langle \vec{v} \rangle$ définie comme la vitesse moyenne de la particule. En quoi ce résultat est-il paradoxal ?
- 5 - Exprimer les coordonnées $x(t)$ et $y(t)$ de la particule.
- 6 - La trajectoire de la particule est une cycloïde, représentée ci-dessous. Déterminer ses paramètres géométriques a et b .



- 7 - Étudier les instants auxquels y est extrême, et expliquer la différence d'allure en ces points.

Sujet n°2 Nathan

Question de cours : Travail des forces de pression

- 1 - Donner l'expression du travail des forces de pression au cours d'une transformation quelconque.
- 2 - Donner l'expression du travail des forces de pression au cours d'une transformation mécaniquement réversible.
- 3 - Calculer le travail des forces de pression au cours d'une transformation isochore, ou monobare, ou isotherme d'un gaz parfait. Le vocabulaire des transformations doit être défini.

Exercice n°1 Équilibre liquide-gaz

On considère une enceinte cylindrique et diathermane de volume initial V . Le volume de cette enceinte peut être modifié en déplaçant sans frottement un piston. L'ensemble est maintenu dans l'atmosphère à la température $T_0 = 373$ K. La vapeur sèche et saturante sera considérée comme un gaz parfait. On considère que le volume occupé par la phase liquide est négligeable devant le volume occupé par la phase vapeur. Soit la pression de vapeur saturante de l'eau à la température $T_0 = 373$ K : $P_S = 1\text{bar}$. Soit M_{eau} la masse molaire de l'eau.

- 1 - Le cylindre est initialement vide. Le piston étant bloqué, on introduit dans le cylindre une masse m d'eau. Déterminer la masse maximale m_{max} d'eau que l'on peut introduire dans le cylindre pour que l'eau soit entièrement sous forme de vapeur. On exprimera m_{max} en fonction de R, T_0, V, P_S et M_{eau} .
- 2 - On considère que la masse m_i d'eau introduite dans le cylindre est inférieure à m_{max} ($m < m_{\text{max}}$). Sous quel état se trouve l'eau introduite ?
- 3 - On modifie le volume du cylindre en déplaçant le piston. Faut-il augmenter ou diminuer le volume V du cylindre pour que l'eau puisse être simultanément sous forme liquide et vapeur ?
- 4 - Déterminer le volume V_{lim} à partir duquel l'eau contenue dans le cylindre se trouve simultanément sous forme liquide et vapeur. On exprimera V_{lim} en fonction de R, T_0, m, P_S et M_{eau} .
- 5 - On a introduit dans le cylindre de volume V une masse d'eau m_i telle que l'on a simultanément de l'eau sous forme liquide et sous forme vapeur. Déterminer en fonction de R, T_0, V, m, P_S et M_{eau} la fraction massique x_{vap} de l'eau à l'état vapeur.

Exercice n°2 Chambre à bulles

La chambre à bulles est un dispositif mis au point en 1952 par D.A Glaser, pour laquelle il obtint le prix Nobel en 1960. Elle fonctionne sur le même principe qu'une chambre à brouillard (dispositif datant de la fin du XIXème siècle) et est destinée à visualiser des trajectoires de particules subatomiques (très difficiles à observer sans les arrêter, et à différencier).

Il s'agit d'une enceinte remplie d'un liquide à une température légèrement supérieure à celle de vaporisation. Le passage d'une particule chargée déclenche la vaporisation et les petites bulles formées matérialisent la trajectoire de la particule. Le liquide exerce sur les particules une force de frottement fluide linéaire proportionnelle à leurs vitesses et de coefficient α .

D'autre part l'ensemble est plongé dans un champ magnétique uniforme et stationnaire, qui courbe les trajectoires et permet ainsi d'identifier les particules (à partir de leur masse et de leur charge). Le mouvement d'une particule de charge $q > 0$ et de masse m est étudié dans un repère cartésien dont l'origine O coïncide avec la position initiale de la particule. Le champ magnétostatique et vecteur vitesse initiale sont dirigés comme suit : $\vec{v}_0 = v_{0,x}\vec{e}_x + v_{0,z}\vec{e}_z$ et $\vec{B}_0 = B_0\vec{e}_z$

- 1 - Établir les équations différentielles couplées du mouvement de la charge.
- 2 - Donner l'expression de $z(t)$. On posera $\tau = \frac{m}{\alpha}$.
- 3 - En manipulant ces deux équations, déterminer les équations différentielles d'ordre deux sur $v_x(t)$ d'une part, et sur $v_y(t)$ d'autre part.
- 4 - Pour les vitesses v_x et v_y , vers quelle valeur tend la vitesse aux temps long ?
- 5 - Résoudre ces équations à l'aide des conditions initiales. On posera $\Omega = \frac{qB}{m}$. À quoi va ressembler la trajectoire ?
- 6 - Que se passe-t-il si $\alpha = 0$?

Sujet n°3 Lylian

Question de cours : Diagramme (P, v) pour l'équilibre liquide-vapeur

- 1 - Tracer le diagramme (P, v) : isothermes (décrire leur allure), courbes de rosée et d'ébullition, positionner les phases.
- 2 - Tracer une isotherme en faisant le lien avec le diagramme (P, T) .
- 3 - Expliquer comment déterminer la composition d'un mélange diphasé en un point d'un diagramme (P, v) : donner le théorème des moments permettant de déterminer les titres massiques en vapeur/en liquide.

Exercice n°1 Compression isotherme de l'air humide

Un récipient de volume $V_0 = 2,0$ L contient de l'air sec à la température $T_0 = 303$ K et sous la pression $P_0 = 1,013$ bar. On introduit dans l'enceinte, à volume constant, une quantité de vapeur d'eau à la même température jusqu'à ce que la pression atteigne $P_1 = 1,040$ bar. On effectue alors une compression isotherme qui ramène le volume du mélange à $V_2 = 1,0$ L. L'air et la vapeur d'eau sont assimilés à des gaz parfaits.

- 1 - Déterminer dans l'état initial la pression partielle de l'air et de l'eau. En déduire la masse d'eau vapeur qui a été introduite.
- 2 - Déterminer la pression totale et la masse d'eau liquide dans l'état final.

Donnée : Pression de vapeur saturante de l'eau à 303 K : $P_{\text{sat, eau}}(303 \text{ K}) = 4,2 \times 10^3$ Pa et masse molaire de l'eau : $M(H_2O) = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Exercice n°2 Gonflage d'un pneu

Un pneu de volume V_p est gonflé avec une pression de 2,1 bar. Après avoir roulé un moment, on mesure une pression de 2,3 bar.

- 1 - Déterminer le paramètre intensif manquant pour déterminer le système. Estimez sa valeur initiale et en déduire sa valeur finale.

Une bouteille d'acier contient un volume $V_b = 70$ L de gaz à la pression $p_b = 15$ bar. En ouvrant le détendeur, on peut libérer le gaz de manière isotherme.

- 2 - Quel volume V_{air} de gaz peut-on extraire en ouvrant le détendeur dans l'atmosphère à la pression $p_{\text{atm}} = 1.0$ bar et à température $T = 20^\circ\text{C}$?

On souhaite gonfler un pneu de volume $V_p = 50$ L au moyen de la précédente bouteille d'air comprimé. Le pneu est initialement à pression atmosphérique p_{atm} et on lui veut une pression finale $p_p = 2.4$ bar.

- 3 - Quelle est la pression p_1 dans la bouteille après le gonflage du pneu ?
- 4 - Combien de pneus identiques peut-on gonfler avec une seule bouteille ?

Exercice n°3 Mouvement cyclotron hélicoïdal

On s'intéresse au mouvement d'une particule de charge $q > 0$ dans un champ magnétique \vec{B} uniforme lorsque la vitesse initiale \vec{v}_0 de la particule forme un angle α avec la direction de \vec{B} . Le mouvement de la particule est alors hélicoïdal. L'étude est menée dans un référentiel R supposé galiléen. On définit l'axe (Oz) dans la direction et le sens de \vec{B} , et l'axe (Ox) dans la direction et le sens de la projection de \vec{v}_0 dans le plan orthogonal à \vec{B} . La particule se trouve initialement en un point de l'axe (Oy) . On travaille par la suite avec un système de coordonnées cylindriques d'axe (Oz) , dans lequel la nature hélicoïdale du mouvement se traduit par $r = R = \text{constante}$.

- 1 - Exprimer les vecteurs position, vitesse et accélération de la particule dans la base cylindrique.
- 2 - Établir les équations du mouvement.
- 3 - Montrer que le mouvement de la particule se fait à vitesse angulaire constante. Exprimer la pulsation cyclotron.
- 4 - Déterminer le rayon R de la trajectoire, en fonction notamment de v_0 et α .
- 5 - Exprimer en fonction de R et α le pas δ de l'hélice, c'est-à-dire la distance dont la particule se déplace le long de l'axe (Oz) lorsqu'elle parcourt un cercle complet en projection dans le plan (Oxy) .

Sujet n°4 Pierre

Question de cours : Premier principe

- 1 - Énoncer le premier principe pour une transformation quelconque d'un système fermé.
- 2 - Comment s'écrit-il pour un système macroscopiquement au repos ?
- 3 - Comment peut-on déterminer un transfert thermique ?
- 4 - Déterminer le transfert thermique reçus par deux moles d'un gaz parfait subissant une compression isotherme, son volume passant de V_0 à $V_0/2$. Commenter.

Exercice n°1 Équilibre

Dans une enceinte totalement isolée de l'extérieur, initialement vide et de volume $V = 1.0$ L, on introduit une goutte d'eau de $m = 1.0$ g de température $T = 300$ K.

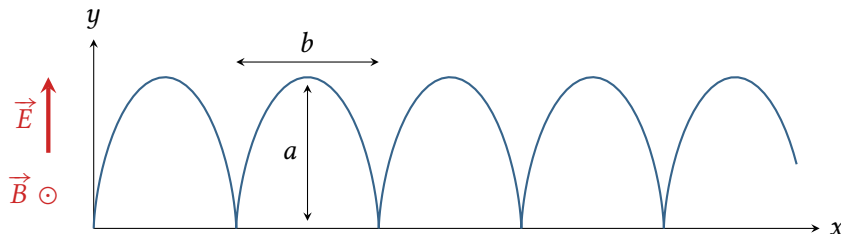
Dans cet exercice, tous les gaz sont considérés parfaits. À la température T , la pression d'équilibre liquide-vapeur (appelée pression de vapeur saturante) est $P_{\text{sat}} = 4240$ Pa

- 1 - Déterminer la valeur de la pression obtenue dans l'enceinte en supposant que l'ensemble de l'eau est à l'état vapeur. Commenter.
- 2 - Déterminer l'état final du système.
 - Masse molaire de l'eau $M = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 - Constante des gaz parfait $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Exercice n°2 Mouvement dans les champs E et B croisés

Considérons une particule de masse m et charge $q > 0$, se trouvant initialement sans vitesse au point origine du repère. Cette particule est soumise aux champs $\vec{E} = E\vec{e}_y$ et $\vec{B} = B\vec{e}_z$. On pose $\omega = \frac{qB}{m}$.

- 1 - Appliquer le principe fondamental de la dynamique à la particule et montrer que son mouvement est plan.
- 2 - Établir une équation différentielle portant sur la composante v_y de la vitesse de la particule. La résoudre en faisant apparaître une constante λ .
- 3 - En déduire l'expression de la composante v_x et déterminer λ .
- 4 - Déterminer la vitesse de dérive $\vec{v}_D = \langle \vec{v} \rangle$ définie comme la vitesse moyenne de la particule. En quoi ce résultat est-il paradoxal ?
- 5 - Exprimer les coordonnées $x(t)$ et $y(t)$ de la particule.
- 6 - La trajectoire de la particule est une cycloïde, représentée ci-dessous. Déterminer ses paramètres géométriques a et b .



- 7 - Étudier les instants auxquels y est extrême, et expliquer la différence d'allure en ces points.

Sujet n°5 Tom

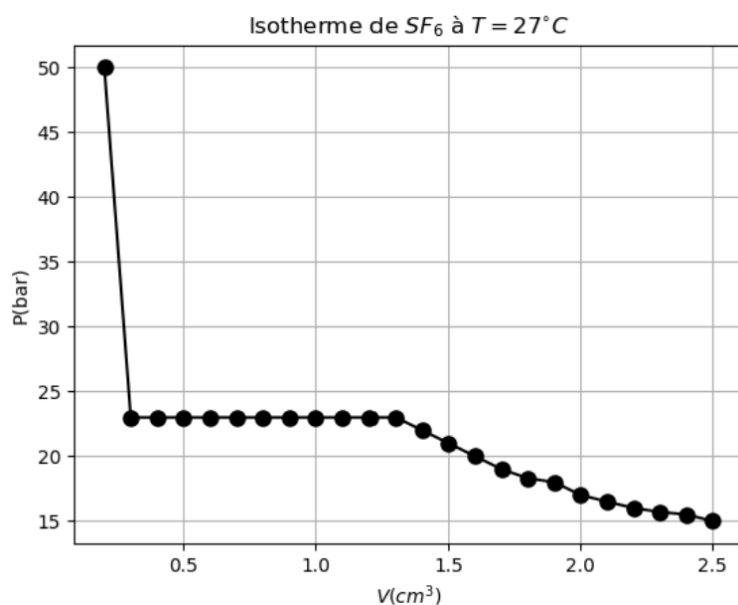
Question de cours : Travail des forces de pression

- 1 - Donner l'expression du travail des forces de pression au cours d'une transformation quelconque.
- 2 - Donner l'expression du travail des forces de pression au cours d'une transformation mécaniquement réversible.
- 3 - Exprimer le travail des forces de pression au cours d'une transformation isochore.
- 4 - Exprimer le travail des forces de pression au cours d'une transformation monobare.
- 5 - Exprimer le travail des forces de pression au cours d'une transformation isotherme d'un gaz parfait (le volume passant de V_1 à V_2). Commenter le signe.

Exercice n°1 Isotherme du SF6

Le graphe ci-contre correspond à l'isotherme de l'équilibre liquide-vapeur de SF_6 pour la température de $27^\circ C$.

La pression est en bar et le volume en cm^3 .



- 1 - En supposant que la vapeur sèche se comporte comme un gaz parfait, évaluer la quantité de matière de SF_6 étudiée. En déduire la masse correspondante.
- 2 - A partir du graphe, déterminer le volume massique de la vapeur saturante puis retrouver ce résultat en supposant le gaz comme parfait.
- 3 - A partir du graphe, déterminer le volume massique du liquide saturant. En déduire la masse volumique du SF_6 liquide.
- 4 - Déterminer le titre massique de vapeur si le volume vaut 1 cm^3 .
- 5 - Inversement, quel est le volume V si le titre massique du liquide vaut 0,4?

Donnée : masse molaire SF_6 : $M(SF_6) = 146\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.