

Sujet n°1 Adèle

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

- Tracer le diagramme (P, v) : isothermes (décrire leur allure), courbes de rosée et d'ébullition, positionner les phases.
- Tracer une isotherme en faisant le lien avec le diagramme (P, T) .

Exercice n°1 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) .

Exercice n°2 Freinage

Une voiture de masse $m = 1300$ kg, roule sur une route nationale à la vitesse $v_0 = 90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Le conducteur, qui téléphone au volant au mépris des règles de sécurité, se fait surprendre par un obstacle situé à une distance $d = 30$ m devant lui.

Il freine soudainement. On assimile le freinage à une force de frottements solides \vec{T} de coefficient μ qui vérifie la loi de Coulomb $T = \mu N$, où N est la norme de la réaction normale.

La route est rectiligne et on suppose que la voiture ne dévie pas de sa trajectoire lors du freinage.

- 1 - Exprimer le travail des forces de frottements sur la distance d . S'agit-il d'un travail résistant ou moteur ? Calculer ce travail.
- 2 - À l'aide du théorème de l'énergie cinétique, exprimer le module de la vitesse v_1 de la voiture quand elle arrive sur l'obstacle. Calculer la vitesse v_1 . L'exprimer en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Données : $\mu = 0,8$ et $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Sujet n°2 Chiara

Question de cours : Corps pur diphasé en équilibre

- Donner le diagramme (P, T) d'un corps pur et le décrire (zones d'équilibre, courbes d'équilibre diphasées, les deux points particuliers : point triple et point critique).
- Donner celui de l'eau. Quelle est sa différence ?
- Définir la pression de vapeur saturante. Comment dépend-elle de la température ? Donner des exemples (température d'ébullition à la montagne, but d'un auto-cuiseur)

Exercice n°1 Dérive

- 1 - Justifier que le mouvement d'une particule chargée plongée dans un champ magnétique seul est uniforme.
- 2 - En admettant que le mouvement dans un tel champ est plan (si $\vec{v}_0 \perp \vec{B}$), établir le rayon de courbure de la trajectoire. Conclure sur sa nature. La tracer pour $q > 0$.

Dans le demi-espace $x > 0$, règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}_1 = B_0 \vec{u}_z$, et dans le demi-espace $x < 0$, règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}_2 = \frac{B_0}{2} \vec{u}_z$. Une particule de masse m et $q > 0$ est placée au point d'origine O , à $t = 0$, avec une vitesse $\vec{v} = v_0 \vec{u}_x$, $v_0 > 0$.

- 3 - Décrire et dessiner la trajectoire de la particule.
- 4 - Définir et calculer la vitesse de « dérive » dans la direction Oy .

Exercice n°2 Skieuse

Une skieuse pesant 60 kg s'élance sans vitesse sur une piste rectiligne longue de 50 m et inclinée d'un angle $\alpha = 25^\circ$ par rapport à l'horizontale. Les normes de deux composantes de la réaction du support sont liées entre elles par la loi de Coulomb du glissement, $T = \mu N$, avec $\mu = 0,1$. Déterminer la vitesse du skieur en bas de la piste.

Sujet n°3 Tristan

Question de cours : Phase condensée

- Donner le modèle des phases condensées peu dilatables et peu compressibles. Comparer au cas des gaz.
- Donner et/ou établir des ordres de grandeur de volume molaire et massique.
- Définir l'énergie interne et la capacité thermique à volume constant.
- Donner la propriété de l'énergie interne molaire d'une phase condensée.
- Exprimer la variation de l'énergie interne d'une phase condensée en fonction de m , c_V , et les températures initiale T_I et finale T_F .

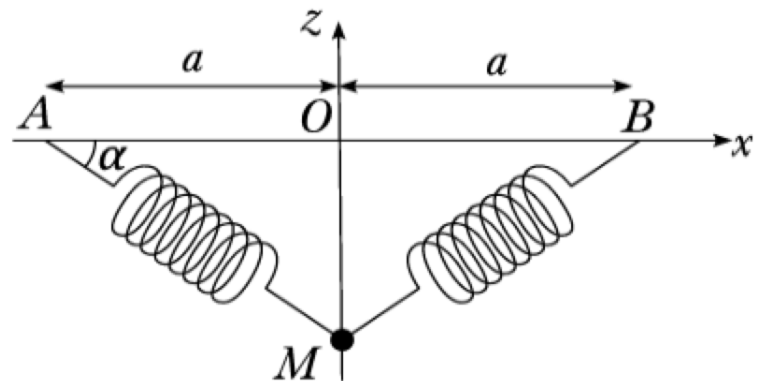
Exercice n°1 Dérive

Dans le demi-espace $x > 0$, règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}_1 = B_0 \vec{u}_z$, et dans le demi-espace $x < 0$, règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}_2 = \frac{B_0}{2} \vec{u}_z$. Une particule de masse m et $q > 0$ est placée au point d'origine O , à $t = 0$, avec une vitesse $\vec{v} = v_0 \vec{u}_x$, $v_0 > 0$.

- 1 - Décrire et dessiner la trajectoire de la particule.
- 2 - Définir et calculer la vitesse de « dérive » dans la direction Oy .

Exercice n°2 Saut à ski à l'élastique

Une nouvelle discipline est apparue récemment : le saut à ski à l'élastique. On s'intéresse à un skieur attaché à deux élastiques réalisant un saut dans le vide. Les élastiques seront modélisés par des ressorts identiques de raideur k et de longueur à vide négligeable dont les points d'attache A et B sont distants de $2a$ et le skieur sera modélisé par un point matériel de masse m .



Déterminer la (les) position(s) d'équilibre z_{eq} du skieur et étudier sa (leur) stabilité.

Sujet n°4 Nathan

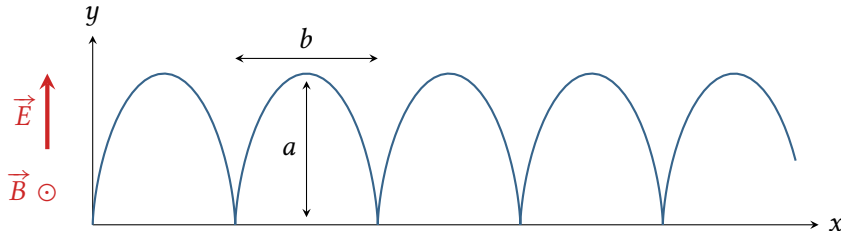
Question de cours : Gaz parfaits

- Énoncer la loi des gaz parfaits.
- Établir des ordres de grandeur de volume molaire et massique.
- Définir l'énergie interne et la capacité thermique à volume constant.
- Établir l'expression de l'énergie interne d'un gaz parfait monoatomique.
- Donner la propriété de l'énergie interne molaire d'un gaz parfait.
- Exprimer la variation de l'énergie interne d'un gaz parfait en fonction de n , $C_{V,m}$, et les températures initiale T_I et finale T_F .

Exercice n°1 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.

Exercice n°2 Saut à l'élastique

Alice pèse 60 kg . Elle saute à l'élastique depuis le pont de Ponsonnas (103 m) avec un élastique de 30 m . Lors de son saut, l'élastique atteint une extension maximale de 80 m . Bob pèse quant à lui 80 kg et saute après Alice.

Bob peut-il sauter avec le même élastique qu'Alice ?

Sujet n°5 Manon

Question de cours : Équilibre thermodynamique

1 - Définir l'équilibre thermodynamique macroscopique.

2 - Donner les conditions d'équilibre thermique et mécanique.

Une enceinte cylindrique diatherme de section S est fermée par un piston de masse m pouvant coulisser sans frottement. Cette enceinte contient n mol de gaz parfait, quantité constante au cours de l'expérience (pas de fuite). L'ensemble se trouve dans l'air à température T_0 et pression P_0 . Le piston se trouve initialement à une hauteur H du fond de l'enceinte.

3 -

Le système est initialement à l'équilibre mécanique et thermique.

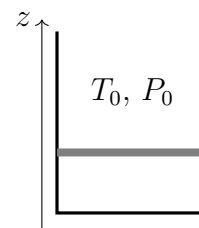
a) Déterminer T_1 et P_1 dans l'enceinte à l'état initial (1).

b) Une masse M est brusquement lâchée sur le piston. Celui-ci s'immobilise rapidement à une hauteur $h_2 = \frac{2}{3}H$, définissant l'état (2). Les transferts thermiques n'ont pas le temps de se faire avec le milieu extérieur durant cette transformation.

Déterminer T_2 et P_2 .

c) Le piston continue ensuite à descendre lentement : quel phénomène permet de l'expliquer ?

Déterminer T_3 , P_3 et h_3 dans l'état final (3).



Exercice n°1 Cyclotron

Le premier cyclotron fut construit en 1932 par Lawrence à Berkeley (Californie). L'appareil avait un rayon de 14 cm et communiquait à des protons une énergie cinétique de 1,2 MeV. La différence de potentiel était de 4000 V au moment du passage du faisceau entre les dees (parties circulaires dans lesquelles existe un champ magnétique uniforme, indépendant du temps et transversal).

1 - Quelle était la vitesse maximale des protons ?

2 - Quelle tension accélératrice aurait-il fallu utiliser pour communiquer la même énergie dans un accélérateur linéaire ?

3 - Déterminer la fréquence du champ accélérateur.

4 - Déterminer le champ magnétique.

Exercice n°2 Déformation d'une voiture

Lors d'un accident de voiture, l'avant du véhicule se déforme lors du choc. Dans un premier temps, on considère la déformation élastique, la voiture est modélisée par une masse m associée à un ressort de masse négligeable, de constante de raideur k et de longueur à vide $\ell_0 = 2,0$ m. Au cours de cette déformation, l'avant de la voiture se comprime de $\ell_0/2$.

On négligera les frottements.

1 - Le système (voiture) est-il conservatif lors de la déformation élastique ?

2 - Sachant que la vitesse juste avant l'impact est de $v_1 = 35 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, à l'aide d'un théorème énergétique, exprimer la vitesse de la voiture à la fin de la déformation. La calculer.

3 - À la fin de la déformation élastique, la vitesse de la voiture est donc diminuée mais non nulle, une partie de son énergie cinétique ayant été absorbée par la déformation du capot que nous venons de décrire. La fin du choc se traduit par l'arrêt brutal de la voiture. Cela signifie que l'énergie cinétique restante de la voiture est convertie à la fin du choc. Que devient-elle ?

Données : $m = 1300 \text{ kg}$, $k = 8,50 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$.

Sujet n°6 Julia

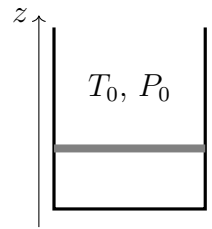
Question de cours : Équilibre thermodynamique

- 1 - Définir l'équilibre thermodynamique macroscopique.
- 2 - Donner les conditions d'équilibre thermique et mécanique.

Une enceinte cylindrique diatherme de section S est fermée par un piston de masse m pouvant coulisser sans frottement. Cette enceinte contient n mol de gaz parfait, quantité constante au cours de l'expérience (pas de fuite). L'ensemble se trouve dans l'air à température T_0 et pression P_0 . Le piston se trouve initialement à une hauteur H du fond de l'enceinte.

3 -

Le système est initialement à l'équilibre mécanique et thermique.



- a) Déterminer T_1 et P_1 dans l'enceinte à l'état initial (1).
- b) Une masse M est brusquement lâchée sur le piston. Celui-ci s'immobilise rapidement à une hauteur $h_2 = \frac{2}{3}H$, définissant l'état (2). Les transferts thermiques n'ont pas le temps de se faire avec le milieu extérieur durant cette transformation.
Déterminer T_2 et P_2 .
- c) Le piston continue ensuite à descendre lentement : quel phénomène permet de l'expliquer ?
Déterminer T_3 , P_3 et h_3 dans l'état final (3).

Exercice n°1 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. 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 référentiel est galiléen. Le liquide exerce sur les particules une force de frottement fluide linéaire proportionnelle à leurs vitesses et de coefficient α . 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 :

$$\vec{v}_0 = v_{0,x}\vec{e}_x + v_{0,z}\vec{e}_z \quad \text{et} \quad \vec{B}_0 = B_0\vec{e}_z$$

- 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 $\alpha = 0$?