

Sujet n°1 Corentin

Question de cours

Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme et permanent. La particule chargée est injectée avec un vecteur vitesse initial $\vec{v}_0 = v_0 \vec{u}_x$ perpendiculaire au champ magnétique $\vec{B} = B \vec{u}_z$.

- 1 - Justifier que le mouvement est nécessairement uniforme.
- 2 - Justifier que le mouvement est plan.
- 3 - Faire un schéma, avec le champ magnétique et la base de Frenet dans le plan du mouvement.
- 4 - Exprimer le vecteur vitesse et le vecteur accélération dans la base de Frenet.
Simplifier le vecteur accélération compte tenu de la nature du mouvement.
- 5 - En exploitant le PFD, déterminer le rayon de courbure de la trajectoire. Que peut-on en dire ?
- 6 - Discuter du sens de parcours de la trajectoire selon le signe de la charge.

Exercice n°1 Freinage

Une voiture de masse $m = 1300 \text{ kg}$, 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 $d = 30 \text{ m}$ 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 Jeanne

Question de cours

Accélération d'une particule chargée par une différence de potentiels U_{AB} . La particule est injectée en A avec v_A , et récupérée en B.

- 1 - Donner l'énergie potentielle électrostatique en fonction du potentiel électrostatique. Préciser les unités.
- 2 - À l'aide d'un théorème énergétique, exprimer la variation de l'énergie cinétique par la tension U_{AB} . Discuter selon le signe de la charge.
- 3 - En déduire la vitesse en B.

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 Aubin

Question de cours

Accélération d'une particule chargée par une différence de potentiels U_{AB} . La particule est injectée en A avec v_A , et récupérée en B .

1 - Donner l'énergie potentielle électrostatique en fonction du potentiel électrostatique.

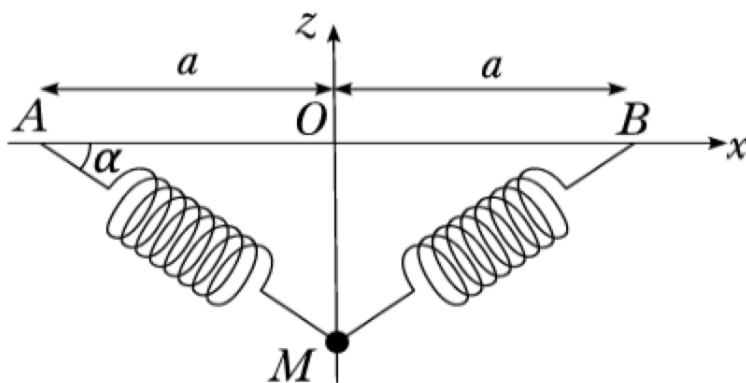
Préciser les unités.

2 - À l'aide d'un théorème énergétique, exprimer la variation de l'énergie cinétique par la tension U_{AB} . Discuter selon le signe de la charge.

3 - En déduire la vitesse en B .

Exercice n°1 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.

Exercice n°2 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 $\vec{v} = v_0 \vec{u}_x$, $v_0 > 0$.

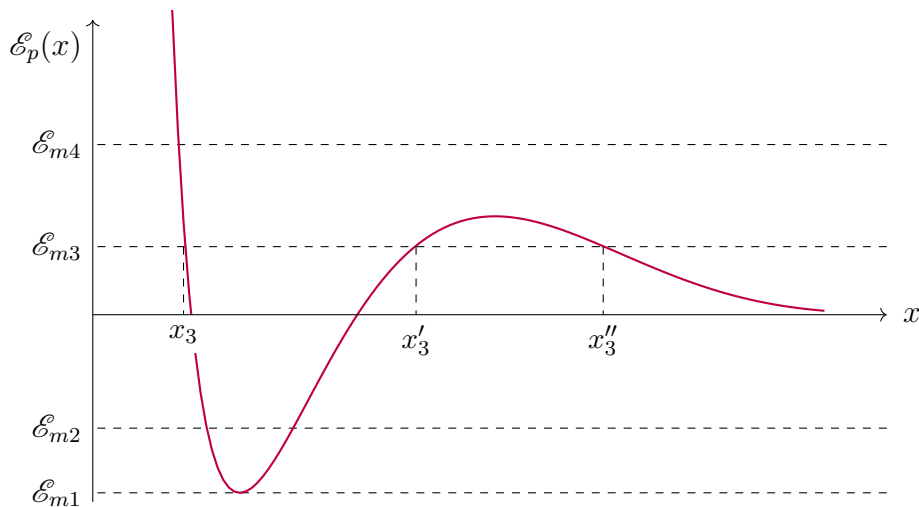
1 - Décrire et dessiner la trajectoire de la particule.

2 - Définir et calculer la vitesse de « dérive » dans la direction Oy .

Sujet n°4 Arthur

Question de cours

Mouvement conservatif à une dimension.



- 1 - Donner la relation entre \vec{F} , $\frac{d\mathcal{E}_p}{dx}$ et \vec{u}_x .
- 2 - Faire le lien entre la force \vec{F} et les variations de l'énergie potentielle. Indiquer le sens de la force sur le graphe.
- 3 - Définir position d'équilibre, position d'équilibre stable et position d'équilibre instable.
- 4 - Caractériser les positions d'équilibre en terme d'énergie potentielle.
- 5 - Dédire d'un graphe d'énergie potentielle l'existence de positions d'équilibre, et la nature stable ou instable de ces positions.
- 6 - En rappelant la définition de l'énergie mécanique, quelle inégalité lie \mathcal{E}_m et \mathcal{E}_p ?
- 7 - Dédire d'un graphe d'énergie potentielle le comportement qualitatif : trajectoire bornée ou non, mouvement périodique, positions de vitesse nulle.

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 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 Romane

Question de cours

Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme et permanent. La particule chargée est injectée avec un vecteur vitesse initial $\vec{v}_0 = v_0 \vec{u}_x$ perpendiculaire au champ magnétique $\vec{B} = B \vec{u}_z$.

1 - Justifier que le mouvement est nécessairement uniforme.

Pour cela : exprimer la puissance de la force de Lorentz magnétique, utiliser un théorème énergétique approprié et conclure.

2 - Justifier que le mouvement est plan.

Pour cela : écrire le PFD, le projeter sur la direction de \vec{B} . Par intégration, justifier la planéité du mouvement.

3 - Faire un schéma, avec le champ magnétique et la base de Frenet dans le plan du mouvement.

4 - Exprimer le vecteur vitesse et le vecteur accélération dans la base de Frenet.

Simplifier le vecteur accélération compte tenu de la nature du mouvement.

5 - En exploitant le PFD, déterminer le rayon de courbure de la trajectoire. Que peut-on en dire ?

6 - Discuter du sens de parcours de la trajectoire selon le signe de la charge.

Exercice n°1 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 Mia

Question de cours

Établir l'équation du mouvement des petits mouvements au voisinage d'une position d'équilibre stable, en utilisant l'approximation locale par un puits de potentiel harmonique. L'identifier à une situation bien connue.

- 1 - Exprimer l'énergie potentielle au voisinage de la position d'équilibre x_e en utilisant le développement de Taylor au deuxième ordre.
- 2 - En déduire l'expression de l'énergie mécanique au voisinage de la position d'équilibre.
- 3 - Que peut-on dire de l'énergie mécanique dans le cadre de l'étude ?
- 4 - Exprimer la dérivée de l'énergie mécanique par rapport au temps. Et en déduire l'équation différentielle du mouvement ?
- 5 - Quelle est la nature de l'équation différentielle ? En identifier sa caractéristique.

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 $\alpha = 0$?

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°7 Looping

Une petite bille est posée à une hauteur h du sol sur une rampe de lancement inclinée qui débouche sur un looping (guide circulaire dans le plan vertical).

Déterminer la hauteur minimale à laquelle il faut placer la petite bille pour qu'elle puisse effectuer un tour complet de looping sans décoller du guide circulaire.

Sujet n°8 Freinage d'urgence

Les causes d'accidents sont nombreuses et variées. Afin d'incriminer ou non un éventuel excès de vitesse lors de la sortie de route liée à un dépassement incontrôlé et décrite sur la photographie (figure 1), déterminer l'expression littérale, puis numérique de la vitesse du véhicule en début de la phase de freinage ?



FIGURE 1 – Sortie de route

Les éléments légaux de marquage au sol sont représentés sur la figure 2.

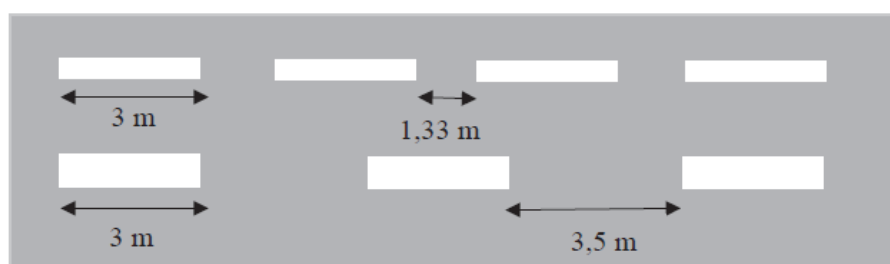


FIGURE 2 – Législation de marquage au sol

Par temps sec, le coefficient de frottement solide est $f = 0,8$, tel que la force de frottement exercée par la route est liée à la réaction normale N du support par : $T = fN$

Sujet n°9 Bobby

Bobby s'est fabriqué une fronde en accrochant un caillou au bout d'une ficelle. Le bras tendu au dessus de sa tête, il fait tourner la fronde (dans un plan horizontal) à la vitesse angulaire $\omega = 120$ tours/minute) puis la lâche (soit une vitesse initiale $v_0 = \ell\omega$, où ℓ est la longueur de la ficelle).

À quelle distance de Bobby le caillou va-t-il atterrir ?