République Islamique de Mauritanie

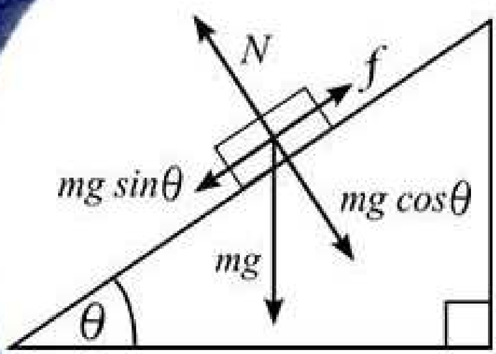
Honneur – Fraternité – Justice

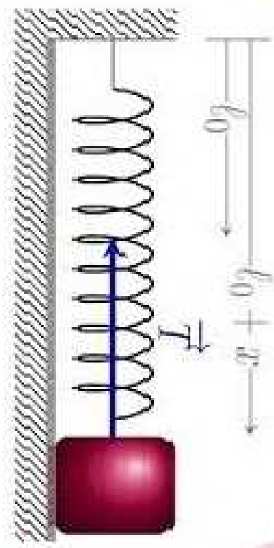
Ministre de l' éducation National

D.R.E.N de l'Inchiri

Collections des exercices Physique

7éme D





Réalisé par le professeur :

Mohamed Saleck O/ Sghally

2015-2016

Préambule

Chers élèves
J'ai l'honneur de mettre à votre disposition cet ouvrage dans le but d'apporter ma contribution pour faciliter l'accession à l'information permettant d'atteindre les objectifs définis en Classes Terminale. compte- tenu de l'excès d'informations lacunaires en circulation provenant de sources Qui ignorent le niveau réel des apprenants, Cette collection sera un outil d'appui approprie pour une meilleure acquisition des connaissances ciblées.

Dans cet ouvrage
Je précède chaque chapitre par un résumé essentiel du cours permettant à l'élève à traiter l'exercice de façon claire.
Je propose des exercices et des épreuves du baccalauréat de difficulté progressive
Je corrige en détail les exercices avec des schémas clairs.
J'organise la solution de chaque exercice selon les questions posées.

Chers élèves :
Pour résoudre les exercices Je vous conseille de :

- ***Revoir les essentiels du cours.***
- ***Bien lire l'exercice***
- ***Transformer l'énoncé sous forme de schéma***
- ***Mettre en évidence la réponse demandée***
- ***Raisonner en utilisant le calcul littéral***
- ***Lire la solution avec parcimonie si l'on ((sèche)) devant une question.***
- ***Vérifier la solution trouvée avec la correction***
- ***Comparer sa solution avec celle du livre peut-être votre solution est –elle plus simple.***

Chapitre n° 1 : Cinématique

L'essentiel :

Le mouvement	*Equation horaire*	*Vitesse*	*accélération*	*Relation caractérise le mouvement*
M.R.U	$X = Vt + x_0$	*Vitesse constante*	$a=0$	
M.R.U.V	$\frac{1}{2}at^2 + V_0 t + x_0$ $V = at + V_0$	*V : variable*	$a = Cte$ $av<0$ *mouvement R.U.V.décélérée* $av>0$ *mouvement R.U.V.accélérée*	** Relation Independent du temps :* $V^2 - V_0^2 = 2a(x - x_0)$ **En un point M_i d'un enregistrement* $\vec{V_i} = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2\tau}$ $a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$
M.C.U	$\theta = \omega t + \theta_0$	$V = \omega r$	$a = a_n$	$a_n = \frac{V^2}{r} = \omega^2 r$

Exercice 1

On étudie le mouvement d'un mobile ponctuel sur un axe (O ; i). Ses caractéristiques sont:

Accélération constante : 4 ms^{-2}; abscisse initiale: 1 m; vitesse initiale : -3 ms^{-1}.

1 ***Quelle est la nature de ce mouvement? Ecrire l'équation de la vitesse Vx(t) et l'équation horaire x (t)***

2 ***Déterminer les dates auxquelles le mobile passe à l'origine 0. Quelle est alors la vitesse? Que peut-on déduire sur le mouvement du mobile?***

3 ***Au cours de son évolution, le mobile change-t-il de sens de parcours? Si oui, donner la date et la position correspondant à ce changement?***

Exercice 2

Un voyageur en retard court le long du quai à la vitesse constante V= 6 $m.s^{-1}$. Quand il est à 20m du dernier wagon du train qui démarre avec une accélération constante a= +1 $m.s^{-2}$

(Le train et le voyageur ont des trajectoires rectilignes parallèles.)

1 ***Définir le repère dans lequel le mouvement est étudié. Préciser sur le schéma les positions, les dates et les vitesses connues.***

2 ***Ecrire dans un même repère les équations horaires du voyageur et du dernier wagon considérés comme des points matériels.***
3 ***Montrer que le voyager ne peut pas rattraper le train.***
4 ***Quelle sera la distance minimale entre le voyageur et le dernier wagon?***

Exercice 3

$$\overrightarrow{OM}\begin{cases} x = 2t + 3 \\ y = \frac{3}{2}t^2 - 2t \end{cases}$$

1°) Donner les coordonnées du mobile à l'instant t= 3s

2°) Donner les composantes du vecteur vitesse et calcule sa valeur à t =3s

3°) Donner les composantes du vecteur accélération.

4°) donner l'équation de la trajectoire.et préciser sa nature.

Exercice 4

Un automobiliste se déplace sur une route horizontale à la vitesse constante de valeur $\|\overrightarrow{V_0}\| = 16\ m.s^{-1}$. Lorsqu'il est à une distance D = 200 m du feu, le feu vert s'allume et reste vert pendant 11 s.

Dans tout l'exercice, on prendra comme origine des temps (t = 0 s), l'instant où le feu vert s'allume et l'origine des espaces (x0 = 0 m), la position de la voiture à cet instant. Le sens positif est le sens du mouvement.

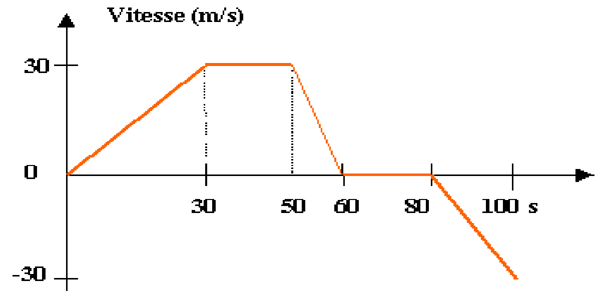
1) ***A partir de l'instant de date t = 0 s, l'automobiliste accélère et impose à sa voiture une accélération constante. A l'instant t_1, sa vitesse prend la valeur $V_1 = 21\ m.s^{-1}$. Entre $t_0 = 0s$ et t_1, l'automobiliste parcourt 100 m.***
a. Déterminer l'accélération a_1.
b. Déterminer la date t_1.
c. Ecrire la loi horaire du mouvement de la voiture pour $t \in [0, t_1]$.
2) A partir de l'instant t_1, l'automobiliste maintient sa vitesse constante.
a. Ecrire la loi horaire du mouvement de la voiture pour $t \geq t_1$.
b. La voiture passe-t-elle devant le feu lorsqu'il est vert ? Justifier la réponse.
3) à l'instant t_1, l'automobiliste freine et impose à sa voiture un mouvement uniformément retardé d'accélération $a_2 = -2\ m.s^{-2}$.
a. Calculer la distance parcourue par la voiture du début du freinage jusqu'à son arrêt.
b. Déterminer la vitesse V_2 de la voiture en passant devant le feu et la date t_2

Exercice 5

I- Sur un axe, un point mobile M est repéré par son abscisse $x = -4t^2 + 6,4t$
1-Quelles sont les coordonnées du vecteur vitesse, du vecteur accélération ?

Quelle est la vitesse initiale ?

2. ***Déterminer les intervalles de temps durant lesquels le mouvement est accéléré ou retardé.***
3. ***Déterminer la position du point de rebroussement.***

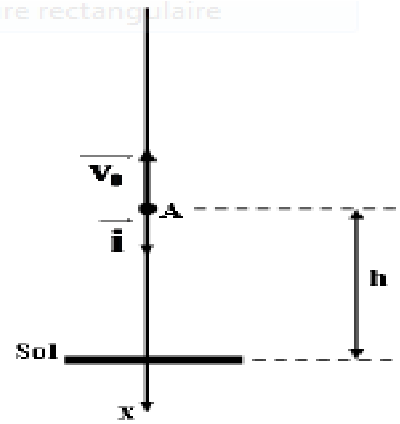


II - Un véhicule se déplace sur un trajet rectiligne. Sa vitesse est caractérisée par le diagramme ci dessus. Indiquer sur les 5 intervalles de temps :

1. ***la valeur algébrique de l'accélération a.***
2. ***l'expression V= f(t) on utilisera au début de chaque phase un nouveau repère de temps.***
3. ***la nature du mouvement.***

Exercice 6

Une bille est lancée verticalement vers le haut, à un instant pris comme origine des dates, à partir d'un point A situé à la distance h du sol, avec une vitesse initiale de valeur
V_0= 20 m.s^{-1}. La résistance de l'air est négligeable et la bille n'est soumise qu'à son poids.
1) Etablir l'équation horaire x = f(t) du mouvement de la bille dans le repère $(A\,;\ \vec{i}\,)$ ***où i est un vecteur unitaire dirigé vers le bas.***
2) Montrer que le mouvement comporte deux phases et préciser à quel instant commence la deuxième phase.
3) Sachant que la bille atteint le sol à l'instant de date t = 5 s, Déterminer h.
4) Déterminer la hauteur maximale (par rapport au sol) atteinte par la bille.
5) Déterminer la valeur algébrique de la vitesse de la bille quand elle arrive au sol.



Exercice 1

1°) Nature du mouvement : a = 4m/s² = cte ⟹ M.R.U.V

Les équations horaires sont :

$v = at + v_0 = 4t - 3$

$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0 = 2t^2 - 3t + 1$

2°) Si le mobile passe par l'origine $x = 0 \iff 2t^2 - 3t + 1 = 0$;

$\Delta = b^2 - 4ac = (-3)^2 - 4.2.1 = 1 > 0$ $t_1 = \frac{-(-3)-\sqrt{1}}{2.2} = 0{,}5\text{s}$; $t_2 = \frac{-(-3)+\sqrt{1}}{2.2} = 1\text{s}$

$v_1 = \mathrm{a}t_1 + v_0 = 4.0,5 - 3 = -1\frac{m}{s}$ *et* $v_2 = \mathrm{a}t_2 + v_0 = 4.1 - 3 = 1\frac{m}{s}$

On peut déduire que le mouvement se fait en deux phases : décélération puis accélération.

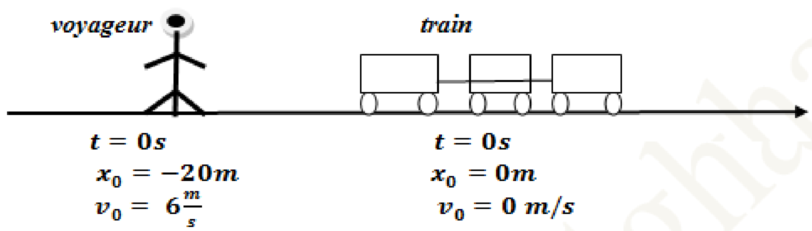
3°) oui il-y-a changement de sens $v_1 = -1\ m/s$ *dans le sens opposé et* $v_2 = 1\ m/s$ *dans le sens positif.*

Au point de changement la vitesse est nulle $\iff v = 4t - 3 = 0 \Rightarrow t = \frac{3}{4} = 0,75s$

$x = 2t^2 - 3t + 1 = 2(0,75)^2 - 3(0,75) + 1 = -0,125m$.

Exercice 2

1°) Le repère



2°) Pour le train $\begin{cases} a = 1\frac{m}{s^2} \Rightarrow M.R.U.V \\ v_0 = 0 \\ x_0 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_T = 0,5t^2 \\ v_T = t \end{cases}$

Pour le voyageur $\begin{cases} x_0 = -20m \\ vitesse\ constante\ v_0 = 6\frac{m}{s} \Rightarrow \quad x_V = v_0 t + x_0 = 6t - 20 \\ a = 0\frac{m}{s^2} \Rightarrow M.R.U \end{cases}$

3°) Si le voyageur rattrape le train $x_T = x_V \iff 0,5t^2 = 6t - 20 \Rightarrow 0,5t^2 - 6t + 20 = 0$

$\Delta = b^2 - 4ac = (-6)^2 - 4.0,5.20 = -4$

< 0 $\boldsymbol{pas\ de\ solution\ \ donc\ le\ voyageur\ ne\ peut\ pas\ rattraper\ le\ train}$

4°) la distance minimale entre le voyageur et le train est d

$x_T = 0,5t^2$ *et* $x_V = 6t + d \Rightarrow 0,5t^2 - 6t + d = 0$;

$\Delta = b^2 - 4ac = (-6)^2 - 4.0,5.d = 36 - 2d$ *Pour que le voyageur rattrape le train il faut que*

$\Delta \geq 0$ $\boldsymbol{alors\ la\ distance\ minimale}$ $36 - 2d = 0 \Rightarrow d = \frac{36}{2} = 18m$

Exercice 3

1°) Les coordonnées du mobile : $\begin{cases} x = 2t + 3 \\ y = \frac{3}{2}t^2 - 2t \end{cases}$ $\begin{cases} x = 2(3) + 3 = 9m \\ y = \frac{3}{2}(3)^2 - 2(3) = 7,5m \end{cases}$

2°) Les composantes du vecteur vitesse $\vec{V} \begin{cases} V_x = \frac{dx}{dt} = 2 \\ V_y = \frac{dy}{dt} = 3t - 2 \end{cases}$ à $t = 3s$ $\begin{cases} V_x = 2m/s \\ V_y = 3(3) - 2 = 7m/s \end{cases}$

$$V_M = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 +} = \sqrt{(2)^2 + (7)^2} = 7,28 m/s$$

3°) Les composantes du vecteur accélération : $\vec{a}\begin{cases} a_x = \frac{dV_x}{dt} = 0 \\ a_y = \frac{dV_y}{dt} = 3ms^{-2} \end{cases}$

4°) L'équation de la trajectoire $\begin{cases} x = 2t + 3 \Rightarrow t = \frac{x-3}{2} \\ y = \frac{3}{2}\left(\frac{x-3}{2}\right)^2 - 2\left(\frac{x-3}{2}\right) = 0,37x^2 - 3,25x + 6,37 \\ \text{nature de latrajectoire : est un parabole} \end{cases}$

Exercice 4

1°) a°)

De la relation indépendante du temps $v_1^2 - v_0^2 = 2a_1(x_1 - x_0) \Leftrightarrow v_1^2 - v_0^2 = 2a_1 x_1 \Rightarrow$

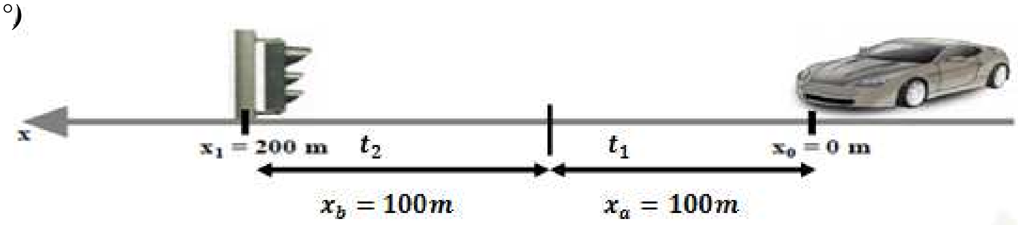
$$a_1 = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2x_1} = \frac{(21)^2 - (16)^2}{2.100} = 0,92 m/s^2$$

b°) $v_1 = a_1 t_1 + v_0 \Rightarrow t_1 = \frac{v_1 - v_0}{a_1} = \frac{21-16}{0,92} = 5,43s$

c°) La loi horaire du mouvement $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0 = 0,46t^2 + 16t$

2°) a°) Vitesse constante $\Leftrightarrow M.R.U \quad \Rightarrow \quad x = v_1 t + x_a = 21t + 100$

b°)



$x_b = v_1 t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{x_b}{v_1} = \frac{100}{21} = 4,7s \quad alors \quad t_{Total} = t_1 + t_2 = 5,43 + 4,7 = 10,13s < 11s$

Le feu vert s'allume et reste vert pendant 11 s. donc La voiture passe devant le feu lorsqu'il est vert.

3°)

a°) $v_2^2 - v_1^2 = 2a_2(x - x_1)$ *à son arrêt la vitesse de voiture s'annule* $v_2 = 0$

$$x = \frac{-v_1^2}{2a_2} + x_1 = \frac{-(21)^2}{2.(-2)} + 100 = 210,25m$$

donc la distance parcourue à partir du débit du freinage $210,25 - 100 = 110,25m$

b°) °) $v_2^2 - v_1^2 = 2a_2(x_1 - x_a) \Rightarrow v_2^2 = 2a_2(x_1 - x_a) + v_1^2 \Rightarrow v_2 = \sqrt{2a_2(x_1 - x_a) + v_1^2}$

$$v_2 = \sqrt{2(-2)(200 - 100) + (21)^2} = \sqrt{41} = 6,40 \text{ m/s}$$

$$v_2 = a_2 t'_2 + v_1 \Rightarrow \quad t'_2 = \frac{v_2 - v_1}{a_2} = \frac{6,40 - 21}{-2} = 7,29s$$

Exercice 5

I°) 1°) $x = -4t^2 + 6,4t$ *Les coordonnées sont :* $\begin{pmatrix} v = \frac{dx}{dt} = -8t + 6,4 \\ a = \frac{dv}{dt} = -8m/s^2 \end{pmatrix}$

$v = -8t + 6,4$ à $t = 0 \quad v = 6,4ms^{-1} \Rightarrow v_0 = 6,4ms^{-1}$

2°) Pour déterminer les intervalles au le mouvement accéléré au retardé on détermine le signe de a.v $\Leftrightarrow \quad a.v = -8(-8t + 6,4) = 64t - 51,2$

$$64t - 51,2 = 0 \Rightarrow t = \frac{51,2}{64} = 0,8s$$

t	0	0,8	$+\infty$
Signe de a.v	−	0	+
Nature du mouvement	*Retardé*		*Accéléré*

3°) Au point de rebroussement la vitesse est nulle : $-8t + 6,4 = 0 \Rightarrow t = \frac{6,4}{8} = 0,8s$
$x = -4t^2 + 6,4t = -4(0,8)^2 + 6,4(0,8) = 2,56m.$

II.

1°) à $[0\,;30]$ $\quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{30-0}{30-0} = 1ms^{-2}$ *2°)* $v = at + v_0 = t$ *3°)* ***M.R.U.V.A***

à $[30\,;50]$ $\quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{30-30}{50-30} = 0\ ms^{-2}$ $\quad v = 30m/s$ ***M.R.U***

à $[50\,;60]$ $\quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{0-30}{60-50} = -3\ ms^{-2}$ $\quad v = at + v_0 = -3t$ ***M.R.U.V.R***

à $[60\,;80]$ $\quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{0-0}{80-60} = 0\ ms^{-2}$ $\quad v = 0m/s$ ***M.R.U***

à $[80\,;100]$ $\quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{-30-0}{100-80} = -1,5\ ms^{-2}$ $\quad v = at + v_0 = -1,5t$ ***M.R.U.V.R***

Exercice 6

1°) Si le mobile lancer verticalement son accélération a = g= 9,8ms^{-2}.
v_0 **est orientée vers le haut** $\quad x = \frac{1}{2}gt^2 + v_0 t = 4,9t^2 - 20t$
2°) Lorsque le mobile déplace vers le haut le produit a.v < 0
$\Rightarrow$ **M.R.U.V.retardé et lorsqu'il retoune au sol le produit** $a.v > 0 \Rightarrow M.R.U.V.accéléré.$
Au point de retour $v = 0$; $v = \frac{dx}{dt} = 9,8t - 20 = 0 \Rightarrow t = \frac{20}{9,8} = 2,04s$

3°) Pour t =5s $x = h = 4,9(5)^2 - 20(5) = 22,5m$
4°) à la hauteur maximale $v = 0$ *le temps nécessaire pour atteint cette hauteur est 2,04s donc*

$$h_{max} = 4,9(2,04)^2 - 20(2,04) = -20,4m$$

La hauteur maximale par rapport au sol $h'_{max} = h_{max} + h = 20,4 + 22,5 = 42,9m$
5°) $v^2_{au\ sol} - v^2_{h'_{max}} = 2gh'_{max}$; $v_{h'_{max}} = 0$

$v_{au\ sol} = \sqrt{2gh'_{max}} = \sqrt{2.9,8.42,9} \approx 29\ \text{m/s}$

Chapitre 2 : La R.F.D
L'essentiel

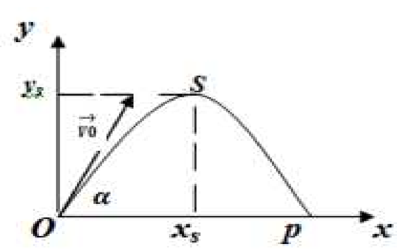
La relation fondamentale de la dynamique $\Sigma \vec{F}_{exe} = m\vec{a}$

- *mouvement sur une piste horizontale avec les frottements.*
  $*$ $a = -\frac{f}{m}$ *= Cte M.R.U.V*
  $*$ $R = \sqrt{f^2 + R_n^2}$ *(Avec les frottements)* $*$ $R = mg$*(Sans frottement)*
- *mouvement d'un objet glisse sur un plan incliné faisant un angle α avec l'horizontale sans frottement.* $*$ $a = gsin\alpha$
- *mouvement d'un objet monte sur un plan incliné faisant un angle α avec l'horizontale sans frottement* $*$ $a = -gsin\alpha$
- *mouvement d'un objet glisse sur un plan incliné faisant un angle α avec l'horizontale avec frottement*
  .$*$ $a = gsin\alpha - \frac{f}{m}$
- *mouvement d'un objet monte sur un plan incliné faisant un angle α avec l'horizontale avec frottement* $*$ $a = -gsin\alpha - \frac{f}{m}$
- *Réaction du plan incliné*
  $*$ $R = mg\cos(\alpha)$ *(sans frottement)*
  $*$ $R = \sqrt{(mg\ cos\alpha)^2 + f^2}$ *(avec les frottements)*

N.B :Si le plan faisant un angle avec le verticale on replace $\sin(\alpha)$ *par* $\cos(\alpha)$ *et* $\cos(\alpha)$ *par* $\sin(\alpha)$

Mouvement d'un projectile

Le corps soumis à son poids seulement :
$\vec{P} = m\vec{g} = m\vec{a}$
$\vec{a} = \vec{g}$



- ***Condition initiale***

$\vec{OG}\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases}$ $\vec{V}\begin{cases} V_{ox} = V_0\cos(\alpha) \\ V_{oy} = V_0\sin(\alpha) \end{cases}$ $\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$

- ***Les équations horaires***

$$Sur\ Ox : a_x = 0 \Rightarrow V = Cte \ \Rightarrow M.R.U \Rightarrow x = V_0 cos(\alpha)t$$

$$Sur\ Oy : a_y = -g = Cte \Rightarrow V \neq cte \Rightarrow M.R.U.V \ \begin{cases} a = -g \\ v = -gt + V_0 sin(\alpha) \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0 sin(\alpha)t \end{cases}$$

- **Equation de trajectoire :**

$$\begin{cases} t = \frac{x}{V_0 cos(\alpha)} \\ y = -\frac{gx^2}{2V_0^2 cos^2(\alpha)} + xtg(\alpha) \end{cases}$$

La trajectoire est sous forme une parabole.

- ***La portée x_p :***
C'est la distance entre le point de tir (l'origine) du projectile et son point de chute p sur le plan horizontal.

$$\boxed{x_P = \frac{V_0^2 sin(2\alpha)}{g}}$$

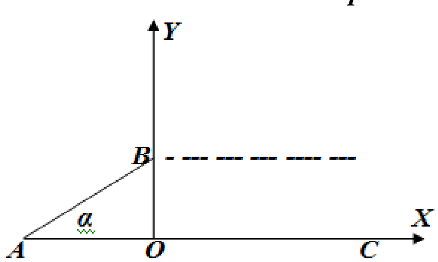
- ***Coordonnées point du sommet S***

Ou sommet la vitesse V_y s'annule $\Rightarrow \frac{dy}{dx} = 0$ $\boxed{x_S = \frac{V_0^2 sin(2\alpha)}{2g}}$ $\boxed{y_S = \frac{V_0^2 sin^2(2\alpha)}{2g}}$

y_S *Est la flèche correspond à la hauteur maximal.*

Exercice 1

On lance un solide S de masse m=400g à partir d'un point A avec la vitesse
V_A = 4m/s sur un plan AB incliné d'un angle α = 30° .On prendra g=10m/s² ; AB=0,7m
1-On néglige les frottements sur AB.
1.1-Donner l'expression de l'accélération du solide S et calculer sa valeur.
1.2-calculer la vitesse au point B.
1.3-calculer le temps mis entre A et B
2-On considère que les frottements sur AB équivalent à une force f tangent à la trajectoire et de sens opposé au mouvement. Le solide S arrive au point B avec la vitesse V_B=2m/s .
2.1-Déterminer la valeur de force de frottement.
2.2-déterminer la valeur de la réaction R exercée par le plan AB sur le solide.
3-Le solide quitte le plan incliné AB au point B avec la vitesse V_B= 2m/s et effectue un mouvement aérien pour tomber au point C.
3.1-Ecrire dans le repère (O,x,y) l'équation de la trajectoire du saut entre B et C.
3.2-Déterminer les coordonnées du sommet de la trajectoire du saut.
3.3Déterminer les coordonnées du point C et en déduire la valeur de la distance BC.



Exercice 2

Un solide S de masse m=200g se déplace sur une piste ABC, constituée d'une partie rectiligne et horizontale AB=1,6m et d'une partie curviligne BC de centre O et de rayon r=0,7m. (fig1)

1) Le solide quitte le point A sans vitesse initiale sous l'action d'une force constante F qui ne s'exerce qu'entre A et B. On enregistre à des intervalles de temps réguliers = 20ms les positions occupées par le solide et on obtient l'enregistrement de la figure 2 ci-contre.

1.1) Déterminer la nature du mouvement et calculer la valeur expérimentale de son accélération

1.2) Sachant que la valeur de la force est F = 2N dire est ce que le mouvement se fait sans frottement ou avec frottement. Déterminer la valeur de la réaction exercée par la piste sur le solide ainsi que l'angle α qu'elle fait avec la verticale.

1.3) Calculer la valeur de la vitesse au point B.

2) Le solide continue son mouvement sans frottement sur la partie curviligne BC.

2.1) Déterminer les caractéristiques de la vitesse au point C.

2.2) Calculer la valeur de la réaction R_c qu'exerce la piste sur le solide au point C

3) Le solide quitte la piste au point C avec la vitesse Vc et effectue un mouvement aérien avant d'atterrir au point D.

3.1) Déterminer l'équation de la trajectoire dans le repère (C.i.j).

3.2) Déterminer les coordonnées des points le plus haut et le plus bas de la trajectoire.

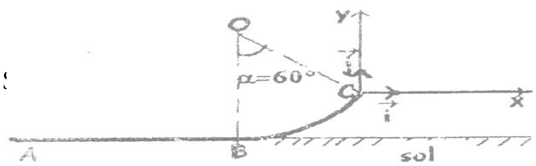


Fig1

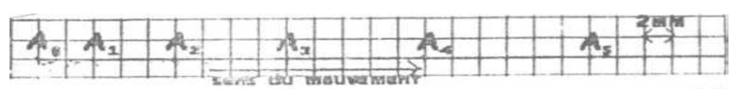


Fig2

Exercice 3

Un solide S ponctuel de masse m peut se déplacer suivant la piste ABCD (Voir figure 1): AB: un quart de cercle de centre O et de rayon R BC: un segment de droite CD : un quart de cercle de centre O' et de rayon R

On néglige les frottements sur les parties AB et CD. Le solide quitte A sans vitesse initiale.

1 Donner l'expression de la vitesse du solide S en fonction de g, R et θ au point M et calculer sa valeur au point B.

2 Le solide arrive au point C avec une vitesse nulle et continue son mouvement sur CD

2.1 Donner l'expression de la réaction de la piste au point N en fonction de m,g et α.

Si on considère que les frottements sur la partie BC sont assimilables à une force unique, constante f . Calculer son intensité,

3 Le solide quitte la piste pour une certaine valeur de α.

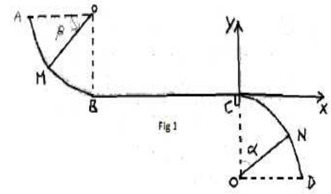
3.1 Calculer cette valeur.

3.2 Donner les caractéristiques du vecteur vitesse au point où le solide quitte la piste.

4.1 Donner les équations paramétriques du mouvement de S dans le repère CXY. Trouver les cordonnées du point de contact du solide S avec le sol et la durée de la chute.

4.2 En utilisant la conservation de l'énergie mécanique. Calculer la vitesse du solide à son arrivée

au sol. On donne m=100g ; R=1,5m BC=2m ; g=10ms^{-2}



Exercice 4

Les forces de frottements ne s'exercent qu'entre B et D .On prendra g= 10m/s^2
Un mobile de masse m = 500g se déplace sur le trajet ayant la forme donnée par la fig1.Le mobile commence sa course au sommet A de la partie rectiligne AC qui fait un angle $\alpha = 60°$ avec la verticale et arrive au point B avec la vitesse V_B=10m/s.
1- Entre les points B et C s'exerce une force de frottement f_1 qui ralentit le mouvement. Déterminer l'intensité de cette force f_1 pour que le mobile arrive en C avec une vitesse de valeur double de V_B.
2- Déterminer la valeur de la vitesse au point D si la force de frottement s'exerçant sur la partie horizontale CD représente le sixième du poids du mobile.
3- Le mobile aborde alors la partie DE qui fait un angle $\beta = 10°$ avec l'horizontale. Déterminer la longueur L de cette partie pour que le mobile arrive en E avec une vitesse pratiquement nulle.
4- Arrivé au point E le mobile glisse sans frottement sur le quart du cercle EF de rayon r et de centre O situé sur la même horizontale CDF.
4.1 La position du mobile est repérée par l'angle $\theta = (\overrightarrow{OF} ; \overrightarrow{OM})$. Exprimer la vitesse au point M en fonction de θ, L, β et g.
4.2 Exprimer en fonction de θ, m et g la valeur de la réaction de la piste sur le mobile.

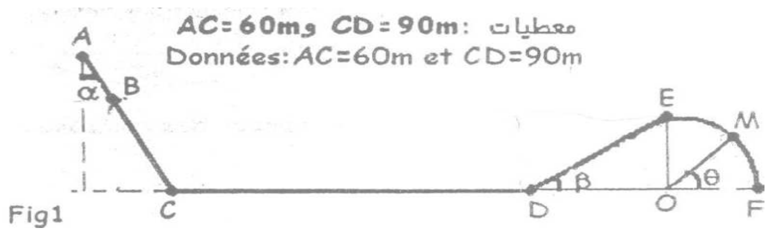
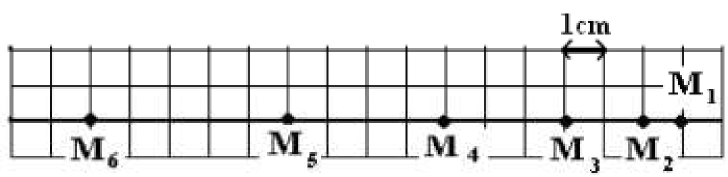


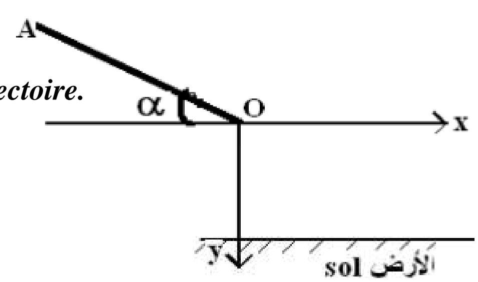
Fig1

Exercice 5

Un solide ponctuel de masse m=500g glisse sur un plan AO incliné d'un angle $\alpha = 30°$ par rapport à l'horizontale. On enregistre le mouvement de ce solide pendant des intervalles de temps successifs et égaux θ=50ms. Le document de la fig1 représente cet enregistrement.

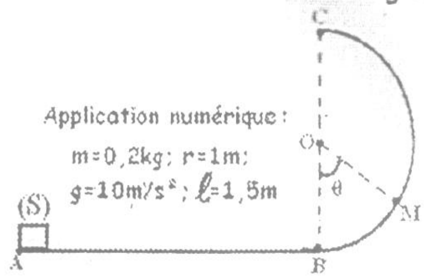


1 Calculer les vitesses aux points ; M_2; M_3; M_4 et M_5 .
2 Calculer les accélérations aux points M_3 et M_4 en déduire la nature de son mouvement.
3 Le mouvement se fait-il avec frottement ? Si la réponse est positive déterminer la valeur de cette force de frottement f.
4 Le solide quitte le plan incliné au point O avec la vitesse $V_0 = 2ms^{-1}$ et continue son mouvement dans le vide. (voir fig 2)
4.1 Préciser la direction et le sens du vecteur $\overrightarrow{V_0}$.
4.2 Etudier le mouvement du solide S et calculer l'équation de sa trajectoire.
4.3 Déterminer les coordonnées du point de chute du solide s'il a mis 0,5s pour effectuer son mouvement dans le vide.
4.4 En utilisant la conservation de l'énergie mécanique, trouver la vitesse au point de chute.



Exercice 6

fig 1

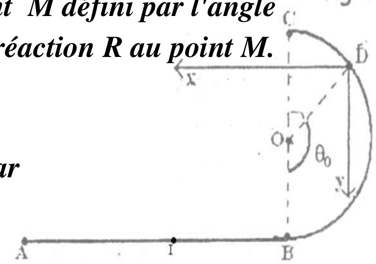


Les frottements sont négligeables.
On étudie le mouvement d'un solide S sur une piste, constituée d'une partie rectiligne AB= l et d'une partie BC représentant la moitié d'un cercle de centre O et de rayon r (fig1).On exerce entre A et B sur le solide S, qui était au repos en A, une force F horizontale constante.

1 Déterminer la nature du mouvement entre A et B et exprimer en fonction de F, l et m la vitesse V_B du solide au point B.

2 Déterminer en fonction de F, l ,m, r, g et θ l'expression de la vitesse au point M défini par l'angle $\theta = (\overrightarrow{OB};\overrightarrow{OM})$ 3 Déterminer en fonction de F,l, m, r, g et θ l'expression de la réaction R au point M. Calculer la valeur minimale Fm de F qui permet que S atteigne le point C.

fig 2

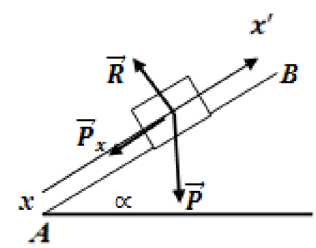


4 On donne à F la valeur $F_0 = \frac{7}{3}N$.
Le solide S perd contact avec la piste au point D dont la position est définie par l'angle $\theta_0 = (\overrightarrow{OB};\overrightarrow{OD})$.
4.1Déterminer l'angle θ_0 et calculer la vitesse V_D en ce point D.
4.2 Etablir dans le repère (D;x;y) de la fig. 2 l'équation de la trajectoire du solide S.
4.3 Calculer l'abscisse du point I d'impact du solide S sur le plan horizontal AB.

Les Solutions

Exercice 1

1.1°) Expression et la valeur de l'accélération



$$\sum \overrightarrow{F_{exc}} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$$

Par la projection suivant l'axe $\overrightarrow{xx'}$ on trouve proj $(\vec{R})$ est nulle

Proj $(\vec{P})$ est $P_x = -Psin\alpha$

Proj $(\vec{a})$ est a (sur l'axe de mouvement)

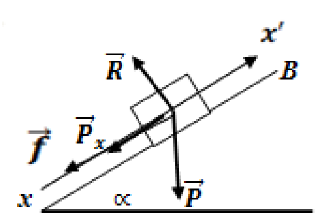
$-Psin\alpha = ma \Rightarrow -mgsin\alpha = ma \Rightarrow$ $\boxed{a = -gsin\alpha}$

AN: $a = -10sin30 = -10.0,5 = -5ms^{-2}$ $\boxed{a = -5ms^{-2}}$

1.2°) Calcule la vitesse au point B

$$v_B^2 - v_A^2 = 2a\overline{AB} \Rightarrow v_B^2 = v_A^2 + 2a\overline{AB} \Rightarrow v_B = \sqrt{v_A^2 + 2a\overline{AB}} = \sqrt{(4)^2 + 2.(-5).0,7} = 3ms^{-1}$$

$\boxed{v_B = 3ms^{-1}}$



1.3°) Le temps mis entre A et B: $v_B = at + v_A \Rightarrow t = \frac{v_B - v_A}{a} = \frac{3-4}{-5} = 0,2s$

2°) $\sum \overrightarrow{F_{exc}} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\vec{a}$

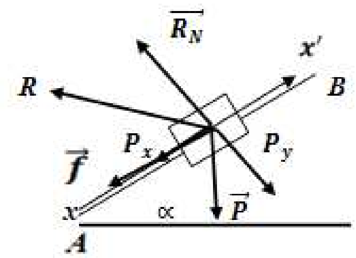
La force de frottement toujours dans le sens inverse du mouvement et // à $\overrightarrow{xx'}$

$-f - Psin\alpha = ma' \Rightarrow f = -mgsin\alpha - ma'$

$v_B^2 - v_A^2 = 2\overline{a'}\overline{AB} \Rightarrow a' = \frac{v_B^2 - v_A^2}{2\overline{AB}} = \frac{(2)^2-(4)^2}{2.0,7} = -8,57ms^{-2}$

$f = -mgsin\alpha - ma' = -m(gsin\alpha + a') = -0,4(10.0,5 - 8,57) = 1,42N$

$\boxed{f = 1,42N}$



2.2°) Calcule la Réaction

$\vec{R} = \overrightarrow{R_N} + \vec{f} \Rightarrow R = \sqrt{f^2 + R_N^2} = \sqrt{f^2 + R_N^2}$

$R_N = P_y = Pcos \propto = mgcos \propto = 0,4.10.0,86 = 3,44N$

$R = \sqrt{(1,42)^2 + (3,44)^2} = 3,72N$

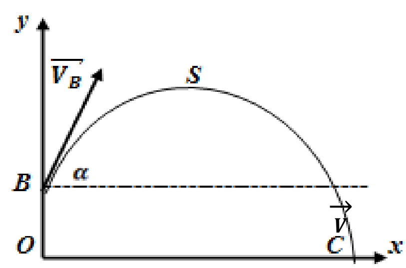
$\boxed{R = 3,72N}$

3.1°) L'équation de la trajectoire

Le corps soumis à son poids seulement :

$\vec{P} = m\vec{g} = m\vec{a}$

$\vec{a} = \vec{g}$



Condition initiale

$\overrightarrow{OB} \begin{cases} x_B = 0 \\ y_B = 0B = ABsin(\alpha) = 0,7.0,5 = 0,35m \end{cases}$

$\begin{cases} V_{Bx} = V_B cos(\alpha) = 2.0,86 = 1,72m/s \\ V_{By} = V_B sin(\alpha) = 2.0,5 = 1m/s \end{cases}$ $\quad \vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g = -10ms^{-2} \end{cases}$

Les équations horaires

Sur $\overrightarrow{Ox}$: $a_x = 0 \Rightarrow v = Cte \Rightarrow$ M.R.U $\Rightarrow$ $x = V_B cos(\alpha)t = 1,72t$

Sur $\overrightarrow{Oy}$: $a_y = -g = -10ms^{-2} \Rightarrow$ M.R.U.V $\begin{cases} a_y = -g = -10ms^{-2} \\ v = -gt + V_B sin(\alpha) = -10t + 1 \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_B sin(\alpha)t = -5t^2 + t + 0,35 \end{cases}$

Equation de la trajectoire :

$$\begin{cases} t = \frac{x}{V_B cos(\alpha)} = \frac{x}{1{,}72} = 0,58x \\ y = -5t^2 + t + 0,35 = -5(0,58x)^2 + 0,58x + 0,35 = -1,68x^2 + 0,58x + 0,35 \end{cases}$$

$\boxed{y = -1,68x^2 + 0,58x + 0,35}$

3.2°) Les coordonnées du point le plus haut :

Ou sommet la vitesse $V_y = 0 \Rightarrow \frac{dy}{dx} = 0 \Leftrightarrow -3,36x_S + 0,58 = 0 \Rightarrow x_S = \frac{0{,}58}{3{,}36} = 0,17m$

$\boxed{x_S = 0,17m}$

$$y_S = -1,68(0,17)^2 + 0,58(0,17) + 0,35 = 0,40m$$

$\boxed{y_S = 0,40m}$

3.3°) Les coordonnées du point le plus bas

Ou point C $y_C = 0 \Leftrightarrow y_C = -1,68x^2 + 0,58x + 0,35 = 0$

$\Delta = b^2 - 4ac = (0,58)^2 - 4.(-1,68).(0,35) = 2,68 > 0$ $x_1 = \frac{-(0{,}58)-\sqrt{2{,}68}}{2(-1{,}68)} = 0{,}65\text{m}$;

$x_2 = \frac{-(0{,}58)+\sqrt{2{,}68}}{2(-1{,}68)} = -0{,}31 < x_S$ *Donc* $\boxed{x_C = 0{,}65\text{m}}$

$BC^2 = OB^2 + OC^2 = {y_B}^2 + {x_C}^2 = (0{,}35)^2 + (0{,}65)^2 = 0{,}54 \Rightarrow BC = 0,73m$

Exercice 2

1°) la nature du mouvement et valeur d'accélération

$A_1A_0 = 2mm;\ A_2A_1 = 4mm; A_3A_2 = 6mm; A_4A_3 = 8mm; A_5A_4 = 10mm$

Les distances parcourus par les mobiles augmentent avec les temps et constituent une suite arithmétique de raison $r = 2$

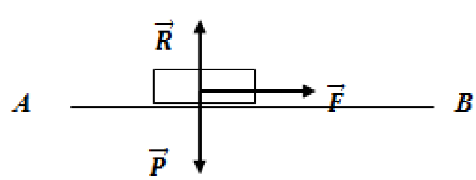
$$a = \frac{r}{\theta^2} = \frac{2.10^{-3}}{(20.10^{-3})^2} = 5ms^{-2}$$

$\boxed{a = 5ms^{-2}}$

1.2°) Calcul de la force de frottement :

Si les frottements sont négligeables :

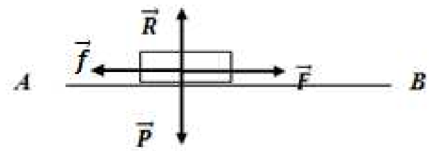
$\sum \overrightarrow{F_{exc}} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m\vec{a}$



Par la projection sur l'axe horizontal orienté dans le sens du déplace ment : $F = ma \Rightarrow$

$a = \frac{F}{m} = \frac{2}{0,2} = 10ms^{-2}$; $a_{th} \neq a_{ex}$ *Donc il y a des frottements.*

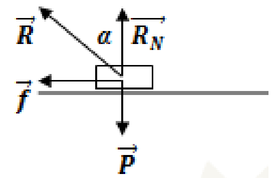
$\sum \overrightarrow{F_{exc}} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} + \overrightarrow{R_N} + \vec{F} + \vec{f} = m\vec{a}$



En projetant sur l'axe du déplacement : $F - f = ma_{ex} \Rightarrow$

$f = F - ma_{ex} = 2 - 0,2.5 = 1N$

$\boxed{f = 1N}$



<u>*Calcule de la réaction*</u> :$\vec{R} = \vec{f} + \overrightarrow{R_N}$

$$\vec{R} = \overrightarrow{R_N} + \vec{f} \Rightarrow R = \sqrt{f^2 + R_N^2} = \sqrt{f^2 + R_N^2}$$

avec $R_N = P = mg = 0,2.10 = 2N$

$$R = \sqrt{(1)^2 + (2)^2} = 2,23N$$

$\boxed{R = 2,23N}$

$$tg\alpha = \frac{f}{R_N} = \frac{1}{2} = 0,5 \Rightarrow \alpha = 26,5°$$

$\boxed{\alpha = 26,5°}$

<u>*1.3°) Calcule la vitesse au point B.*</u>

En appliquant T.E.C entr A et B $\Delta E_C = \sum \overrightarrow{w_F} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 = w_F + w_f = F.AB - f.AB$

$$= AB(F - f) \Rightarrow v_B = \sqrt{\frac{2AB(F - f)}{m}} = \sqrt{\frac{2.1,6(2 - 1)}{0,2}} = 4ms^{-1}$$

$\boxed{v_B = 4ms^{-1}}$

<u>*2.1°) Les caracteristiques de $\overrightarrow{v_C}$*</u>

**Point d'application est C*

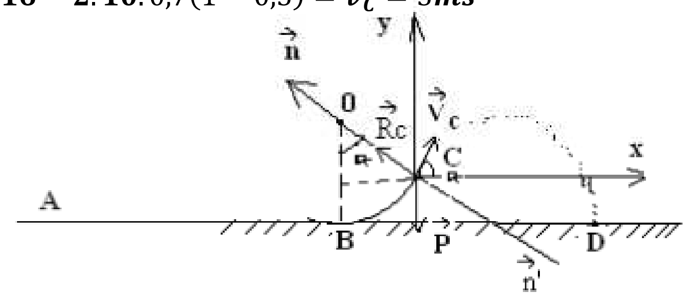
**Direction : Oblique*

**Sens :Orienté vers le haut*

**Valeur : En appliquant T.E.C entr C et B* $\Delta E_C = \sum \overrightarrow{w_F} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = \overrightarrow{w_P} = -mgh$

$$v_C^2 - v_B^2 = -2gh \Rightarrow v_C = \sqrt{v_B^2 - 2gh} \quad or\ h = r(1 - cos\alpha)$$

$$\Longrightarrow v_C = \sqrt{v_B^2 - 2gr(1 - cos\alpha)} = \sqrt{16 - 2.10.0{,}7(1 - 0{,}5)} = v_C = 3ms^{-1}$$



$\boxed{v_C = 3ms^{-1}}$

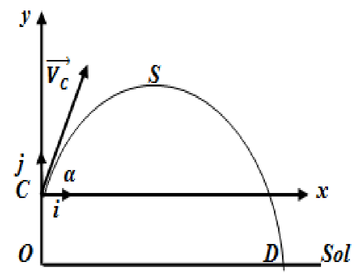
2.2°) Calcule R_C

$\vec{P} + \vec{R_C} = m\vec{a}$

La projection suivant la normale donne :

$$R_C - mgcos\alpha = ma_n = m\frac{v_C^2}{r} \Longrightarrow R_C = mgcos\alpha + m\frac{v_C^2}{r} = m\left(gcos\alpha + \frac{v_C^2}{r}\right) \Longrightarrow$$

$$\boxed{R_C = m\left(gcos\alpha + \frac{v_C^2}{r}\right); AN: R_C = 0{,}2\left(10.0{,}5 + \frac{9}{0{,}7}\right) = 3{,}57N}$$



3.1°) Equation de la trajectoire :

Le corps soumis à son poids seulement :

$\vec{P} = m\vec{g} = m\vec{a}$

$\vec{a} = \vec{g}$

Condition initiale

$$\vec{OG}\begin{cases} x_C = 0 \\ y_C = 0 \end{cases}$$

$$\vec{v}\begin{cases} V_{Cx} = V_C cos(\alpha) = 3.0{,}5 = 1{,}5m/s \\ V_{Cy} = V_C sin(\alpha) = 3.0{,}86 = 2{,}58m/s \end{cases} \qquad \vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g = -10ms^{-2} \end{cases}$$

Les équations horaires

Sur $\vec{Ox}$: $a_x = 0 \Longrightarrow v = Cte \Longrightarrow$ M.R.U $\Longrightarrow$ $x = V_C cos(\alpha)t = 1{,}5t$

Sur $\vec{Oy}$: $a_y = -g = -10ms^{-2} \Longrightarrow$ M.R.U.V
$$\begin{cases} a_y = -g = -10ms^{-2} \\ v = -gt + V_C sin(\alpha) = -10t + 2{,}58 \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_C sin(\alpha)t = -5t^2 + 2{,}58t \end{cases}$$

Equation de trajectoire :

$$\begin{cases} t = \frac{x}{V_C cos(\alpha)} = \frac{x}{1{,}5} = 0{,}67x \\ y = -5t^2 + 2{,}58t = -5(0{,}67x)^2 + 2{,}58(0{,}67x) = -2{,}24x^2 + 1{,}72x \end{cases}$$

$$\boxed{y = -2{,}24x^2 + 1{,}72x}$$

3.2°) Les coordonnées du point le plus haut *: Ou sommet la vitesse* $V_y = 0 \Longrightarrow \frac{dy}{dx} = 0$

$\Leftrightarrow -4,48x_S + 1,72 = 0 \Longrightarrow x_S = \frac{1,72}{4,48} = 0,38m$

$\boxed{x_S = 0,38m}$

$y_S = -2,24(0,38)^2 + 1,72(0,38) = 0,33m$

$\boxed{y_S = 0,33m}$

Les coordonnées du point le plus bas :

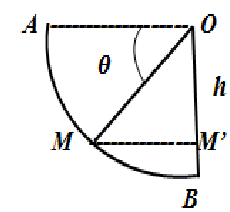
Ou point le bas D : $y_D = -h = -r(1 - cos\alpha) = -0,7.0,5 = -0,35m$

$y_D = -2,24x^2 + 1,72x = -0,35 \Longrightarrow -2,24x^2 + 1,72x + 0,35 = 0$

$\Delta = b^2 - 4ac = (1,72)^2 - 4.(-2,24).(0,35) = 6,09 > 0$ $x_1 = \frac{-(1,72)-\sqrt{6,09}}{2(-2,24)} = 0,93\text{m}$;

$x_2 = \frac{-(1,72)+\sqrt{6,09}}{2(-2,24)} = -0,16 <$ *(Refusée)* ***Donc*** $\boxed{x_D = 0,93\text{m}}$

Exercice 3



1°)Expression la vitesse au point M

En appliquant T.E.C entr M etA $\Delta E_C = \sum \overrightarrow{W_F} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_M^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = w_P = mgh$

$v_M^2 = 2gh \Longrightarrow v_M = \sqrt{2gh}$ $or\ h = rsin\theta \Longrightarrow v_M = \sqrt{2grsin\theta}$

$\boxed{v_M = \sqrt{2grsin\theta}}$

Au point B θ = 90° ; sin90° = 1$\Longrightarrow v_B = \sqrt{2gr} = \sqrt{2.10.1,5} = 5,47\text{m/s}$

$\boxed{v_B = 5,47\text{m/s}}$

2.1°) L'expression de la réaction de la piste :

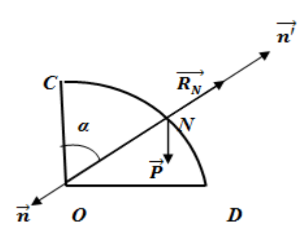
Le poids et la réaction sont toujours dans le sens opposé

$\vec{P} + \overrightarrow{R_N} = m\vec{a}$ ***La projection suivant la normale donne :***

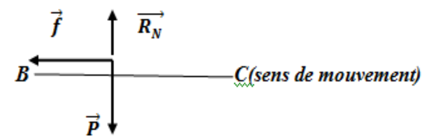
$-R_N + mgcos\alpha = ma_n = m\frac{v_N^2}{r} \Longrightarrow R_N = mgcos\alpha - m\frac{v_N^2}{r} = m\left(gcos\alpha - \frac{v_N^2}{r}\right)$ ***or***

En appliquant T.E.C entre C et D $v_N^2 = 2gh = 2gr(1 - cos\alpha) \Longrightarrow$

$R_N = m(gcos\alpha - \frac{2gr(1 - cos\alpha)}{r}) = m(gcos\alpha - 2g + 2gcos\alpha)$



$\boxed{R_N = mg(3cos\alpha - 2)}$



2.1°) Calcule f : En appliquant T.E.C entre C et B

$\Delta E_C = \sum \overrightarrow{w_F} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = \overrightarrow{w_P} + \overrightarrow{w_R} + \overrightarrow{w_f} =$ *Or* w_P *et* w_R *sont nulles et* $v_C = 0$

$$-\frac{1}{2}mv_B^2 = -f.BC \Longrightarrow f = \frac{mv_B^2}{2BC} = \frac{0,1.30}{2.2} = 0,75N$$

$\boxed{f = 0,75N}$

3.1°) Calcule α : lorsque le solide quitte la piste la réaction devienne nulle

$$R_N = 0 \Leftrightarrow mg(3cos\alpha - 2) = 0 \Longrightarrow 3cos\alpha - 2 = 0 \Longrightarrow cos\alpha = \frac{2}{3} = 0,66 \Longrightarrow \alpha = 48°$$

$\boxed{\alpha = 48°}$

3.2°) Les caractéristiques du vecteur vitesse :

**Direction : Oblique*

**Sens :Orienté vers le bas*

Valeur : En appliquant T.E.C entr C et Eoû* ***le solide quitte la piste* $\Delta E_C = \sum \overrightarrow{w_F} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_E^2 - \frac{1}{2}mv_C^2 = w_P = mgh.$

$$v_E^2 = 2gh \Longrightarrow v_E = \sqrt{2gh} \quad \Longrightarrow v_E = \sqrt{2gr(1 - cos\alpha)} = \sqrt{2.10.1,5(1 - 0,66)} = 3{,}19ms^{-1}$$

$\boxed{v_E = 3{,}19ms^{-1}}$

4.1°) Equation de la trajectoire :

Le corps soumis à son poids seulement :

$\vec{P} = m\vec{g} = m\vec{a}$

$\vec{a} = \vec{g}$

Condition initial

$$\overrightarrow{OB}\begin{cases} x_E = rsin\alpha = 1,5.0,74 = 1,1m \\ y_E = h = -r\big(1 - cos(\alpha)\big) = -1,5.0,34 = -0,51m \end{cases}$$

$$\vec{V}\begin{cases} V_{Ex} = V_E cos(\alpha) = 3,19.0,66 = 2,10m/s \\ V_{Ey} = -V_E sin(\alpha) = -3,19.0,74 = -2,36m/s \end{cases} \qquad \vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g = -10ms^{-2} \end{cases}$$

Les équations horaires

Sur $\overrightarrow{Ox}$ *:* $a_x = 0 \Longrightarrow v = Cte \Longrightarrow M.R.U \Longrightarrow x = V_E cos(\alpha)t + x_E = 2,10t + 1,1$

Sur $\overrightarrow{Oy}$ *:* $a_y = g = 10ms^{-2} \Longrightarrow M.R.U.V \quad \begin{cases} a_y = g = 10ms^{-2} \\ v = -gt - V_E sin(\alpha) = -10t - 2,36 \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 - V_E sin\alpha t + h = -5t^2 - 2,36t - 0,51 \end{cases}$

Equation de trajectoire :

$$\begin{cases} t = \frac{x - x_E}{V_E cos(\alpha)} = \frac{x-1,1}{2,1} = 0,47x - 0,52 \\ y = -5t^2 - 2,36t - 0,51 = -5(0,47x - 0,52)^2 - 2,36(0,47x - 0,52) - 0,51 \\ y = -1,1x^2 + 1,3x - 0,6 \end{cases}$$

$$\boxed{y = -1,1x^2 + 1,3x - 0,6}$$

Les coordonnées du point de chute ***D :*** $y_D = h = -0,51m$

$y_D = -1,1x^2 + 1,3x - 0,6 = -0,51 \Leftrightarrow -1,1x^2 + 1,3x + 0,91$

$\Delta = b^2 - 4ac = (1,3)^2 - 4.(-1,1).(0,91) = 5,69 > 0 \quad x_1 = \frac{-(1,3) - \sqrt{5,69}}{2(-1,1)} = 1,67\text{m}$;

$x_2 = \frac{-(1,3) + \sqrt{5,69}}{2(-1,1)} = -0,49 <$ *(Refusée)* ***Donc***

$\boxed{y_D = -0,51m}$ $\quad \boxed{x_D = 1,67\text{m}}$

La durée de chute $: t = 0,47x - 0,52 = 0,47.1,67 - 0,52 = 0,26s$

$\boxed{t = 0,26s}$

4.2°) Calcul de la vitesse avec laquelle arrive le corps au sol :

En choisissant l'origine des énergies potentielle la surface de la terre, on trouve :

$\frac{1}{2}mv_D^2 = \frac{1}{2}mv_E^2 + mgz_E = \frac{1}{2}mv_E^2 + mgrcos\alpha.$

$$\Longrightarrow v_D = \sqrt{v_E^2 + 2grcos)} = \sqrt{(3,19)^2 + 2.10.1,5.0,66} = 5,47ms^{-1}$$

$\boxed{v_D = 5,47ms^{-1}}$

Exercice 4

1°) ***Calcul l'intensité de la force frottement*** f_1 ***En appliquant T.E.C entr C et B***

$\Delta E_C = \sum \overrightarrow{W_F} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = -f.BC + mgBCcos\alpha \quad or\ v_C = 2\,v_B \Leftrightarrow$

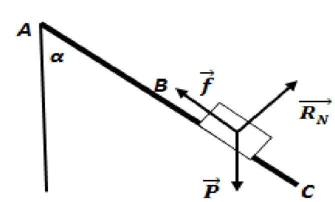
$$\frac{3}{2}mv_B^2 = BC(-f. + mgcos\alpha)$$

$$\Longrightarrow f = m\left(gcos\alpha - \frac{3v_B^2}{2BC}\right) \text{ pour calculer BC on applique le T.E.C entr A et B}(V_A = 0)$$

$$\Delta E_C = \sum \overrightarrow{W_F} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 = mgh = mgABcos\alpha \Longrightarrow AB = \frac{v_B^2}{2gcos\alpha} = \frac{(10)^2}{2.10.0,5} = 10m \quad Or$$

$BC = AC - AB = 60 - 10 = 50m$

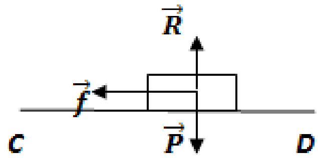
$\boxed{BC = 50m}$



$AN: f = m\left(gcos\alpha - \frac{3v_B^2}{2BC}\right) = f = 0,5\left(10.0,5 - \frac{3.100}{2.50}\right) = 1N$

$\boxed{f = 1N}$

2°) Calcule la vitesse au point D *: En appliquant T.E.C entre C et D*



$\Delta E_C = \sum \overrightarrow{W_F} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_C^2 = \overrightarrow{W_P} + \overrightarrow{W_R} + \overrightarrow{W_f} =$ *Or* W_P *et* W_R **sont nulles** *Et* $v_C = 2v_B = 20ms^{-1}$

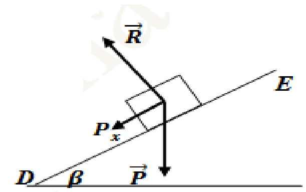
$$\frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_C^2 = -f.CD \ \ or\ f = \frac{P}{6} = \frac{mg}{6} \Rightarrow \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_C^2 = -\frac{mg}{6}CD \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2}m(v_D^2 - v_C^2) = -\frac{mg}{6}CD \Rightarrow v_D^2 = v_C^2 - \frac{g}{3}CD \Rightarrow v_D = \sqrt{v_C^2 - \frac{g}{3}CD} = \sqrt{400 - \frac{10.90}{3}} = 10ms^{-1}$$

$\boxed{v_D = 10ms^{-1}}$

3°) Calcule la longueur DE :

En appliquant T.E.C entre C et D

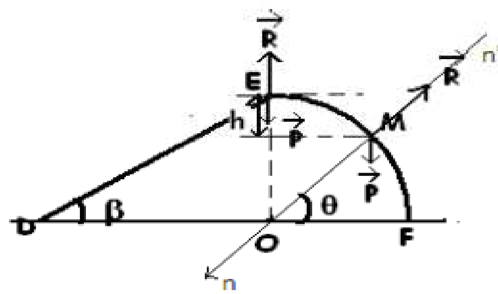


$$\Delta E_C = \sum \overrightarrow{W_F} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_E^2 - \frac{1}{2}mv_D^2 = \overrightarrow{W_P} = -mgh = -mgDEsin\beta$$

$\frac{1}{2}mv_E^2 - \frac{1}{2}mv_D^2 = -mgDEsin\beta$ $(v_E = 0; \beta = 10°$ *et* $DE = L)$ **Donc**

$$-\frac{1}{2}mv_D^2 = -mgLsin\beta \Rightarrow L = \frac{v_D^2}{2gsin\beta} = \frac{100}{2.10.0{,}17} = 28{,}79m$$

$\boxed{L = 28{,}79m}$



4.1°) Calcule la vitesse au point D

En appliquant T.E.C entre E et M

$$\Delta E_C = \sum \overrightarrow{W_F} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_M^2 - \frac{1}{2}mv_E^2 = \overrightarrow{W_P} = mgh\ \ Or$$

$v_E = 0; \beta = 10°\ ;\ h = r(1 - sin\theta); r = L.sin\beta$ **Donc**

$$-\frac{1}{2}mv_M^2 = -mgL.sin\beta\,(1 - sin\theta) \Rightarrow v_M^2 = 2gL.sin\beta\,(1 - sin\theta) \Rightarrow$$

$\boxed{v_M = \sqrt{2gL.sin\beta\,(1 - sin\theta)}}$

4.2°) Calcule la réaction

$\vec{P} + \overrightarrow{R_M} = m\vec{a}$ *La projection suivant la normale donne :*

$$-R_M + mgsin\theta = ma_n = m\frac{v_M^2}{r} \Rightarrow R_M = mgsin\theta - m\frac{v_M^2}{r} = m\left(gsin\theta - \frac{v_M^2}{r}\right).$$

Energie mécanique est conservée entre E et M : $E_{m_E} = E_{m_M} \Leftrightarrow E_{P_E} + \frac{1}{2}mv_E^2 = \frac{1}{2}mv_M^2 + E_{P_M}$

$$\text{au point } E\begin{cases} v_E = 0 \\ z_E = r \end{cases} \qquad \text{au point } M\begin{cases} v_M \neq 0 \\ z_E = rsin\theta \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$mgr = \frac{1}{2}mv_M^2 + mgrsin\theta \Rightarrow \frac{1}{2}mv_M^2 = mgr(1 - sin\theta) \Rightarrow v_M^2 = 2gr(1 - sin\theta)$$

On a

$$R_M = m(gsin\theta - \frac{2gr(1 - sin\theta)}{r}) = m(gsin\theta - 2g + 2gsin\theta)$$

$$\boxed{R_M = mg(3sin\theta - 2)}$$

Exercice 5:

1°) Calcule les vitesses :

$$\text{Au } M_2: \quad V_2 = \frac{\overline{M_3M_1}}{2\theta} = \frac{3.10^{-2}}{2.50.10^{-3}} = 0,3ms^{-1} \qquad M_3: \quad V_3 = \frac{\overline{M_4M_2}}{2\theta} = \frac{5.10^{-2}}{2.50.10^{-3}} = 0,5ms^{-1}$$

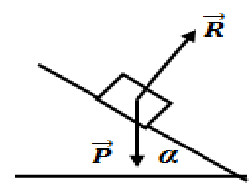
$$M_4: \quad V_4 = \frac{\overline{M_5M_3}}{2\theta} = \frac{7.10^{-2}}{2.50.10^{-3}} = 0,7ms^{-1} \qquad M_5: \quad V_5 = \frac{\overline{M_6M_4}}{2\theta} = \frac{9.10^{-2}}{2.50.10^{-3}} = 0,9ms^{-1}$$

2°) Calcule l'accélération

$$a_3 = \frac{V_4 - V_2}{2\theta} = \frac{0,7 - 0,3}{2.50.10^{-3}} = 4ms^{-2}$$

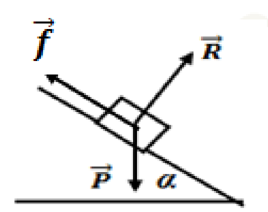
$$a_4 = \frac{V_5 - V_3}{2\theta} = \frac{0,9 - 0,5}{2.50.10^{-3}} = 4ms^{-2}$$

3°) Calcule la force de frottement



$gsin\alpha = ma \Rightarrow a = gsin\alpha = 10.0,5 = 5ms^{-2}$ $a_{th} \neq a_{ex}$ *L'accélération théorique est différente à l'accélération expérimentale ; Donc il y a des frottements.*

$$\sum \overrightarrow{F_{exc}} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} + \overrightarrow{R_N} + \vec{f} = m\vec{a}$$



En projetant sur l'axe du déplacement : $mgsin\alpha - f = ma_{ex} \quad \Rightarrow$

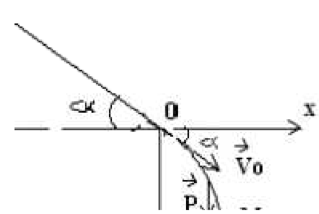
$$f = mgsin\alpha - ma_{ex} = m(gsin\alpha - a_{ex})$$

$$\boxed{f = 0,5(10.0,5 - 4) = 0,5N}$$

4.1 La direction et le sens du vecteur $\overrightarrow{V_0}$.

- *Direction : oblique*
- *Le sens : vers le bas*

4.2°) L'équation de la trajectoire



Le corps soumis à son poids seulement :

$\vec{P} = m\vec{g} = m\vec{a}$

$\vec{a} = \vec{g}$

Condition initial

$$\vec{OG}\begin{cases}x_0=0\\ y_0=0\end{cases}$$

$$\vec{V}\begin{cases}V_{0x}=V_0\cos(\alpha)=2.0,86=1,72m/s\\ V_{0y}=V_0\sin(\alpha)=2.0,5=1m/s\end{cases}\qquad \vec{a}\begin{cases}a_x=0\\ a_y=g=10ms^{-2}\end{cases}$$

Les équations horaires

Sur $\overrightarrow{Ox}$ *:* $a_x=0\Rightarrow v=Cte\Rightarrow M.R.U\Rightarrow x=V_0\cos(\alpha)t=1,72t$

Sur $\overrightarrow{Oy}$ *:* $a_y=g=10ms^{-2}\Rightarrow M.R.U.V\begin{cases}a_y=g=10ms^{-2}\\ v=gt+V_0\sin(\alpha)=10t+1\\ y=5t^2+t\end{cases}$

Equation de trajectoire :

$$\begin{cases}t=\frac{x}{V_0\cos(\alpha)}=\frac{x}{1,72}=0,58x\\ y=y=5t^2+t=-5(0,58x)^2+0,58x=1,68x^2+0,58x\\ y=1,68x^2+0,58x\end{cases}$$

$$\boxed{y=1,68x^2+0,58x}$$

4.3°) Les coordonnées du point de chute *le temps mis est t = 0,5s*

$$\begin{cases}x=1,72t=1,72.0,5=0,86m\\ y=5t^2+t=5(0,5)^2+0,5=1,75m\end{cases}$$

$$\boxed{\begin{matrix}x_M=0,86m\\ y_M=1,75m\end{matrix}}$$

4.4°) Calcule v_M

Energie mécanique est conservée entre O et M : $E_{m_O}=E_{m_M}\Leftrightarrow E_{P_O}+\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv_M^2+E_{P_M}$

$$au\ point\ O\begin{cases}v_0=2\\ z_0=h=1,75m\end{cases}\qquad au\ point\ M\begin{cases}v_M=?\\ z_M=y_M=1,75m\end{cases}\Leftrightarrow$$

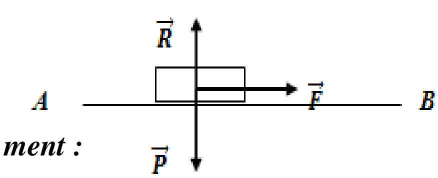
$$\frac{1}{2}mv_0^2+mgh=\frac{1}{2}mv_M^2\Rightarrow v_M^2=v_0^2+2gh\Rightarrow$$

$$v_M=\sqrt{v_0^2+2gh}=\sqrt{4+2.10.1,75}=6,24ms^{-1}$$

$$\boxed{v_M=6,24ms^{-1}}$$

Exercice 6

1°) La nature du mouvement entre A et B



$$\sum\overrightarrow{F_{exc}}=m\vec{a}\Rightarrow\vec{P}+\vec{R}+\vec{F}=m\vec{a}$$

Par la projection sur l'axe horizontal orienté dans le sens du déplace ment :

$$F = ma \Longrightarrow a = \frac{F}{m} = Cte \Longrightarrow M.R.U.V$$

__L'expression de__ v_B : En appliquant T.E.C entre A et B

$$\Delta E_C = \sum \overrightarrow{w_F} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = FAB \ \ avec\ AB = l\ et\ v_A = 0 \quad \Leftrightarrow v_B^2 = \frac{2Fl}{m} \Longrightarrow v_B = \sqrt{\frac{2Fl}{m}}$$

$$\boxed{v_B = \sqrt{\frac{2Fl}{m}}}$$

__2°) L'expression de la vitesse au point M__

En appliquant T.E.C entre B et M

$$\Delta E_C = \sum \overrightarrow{w_F} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_M^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = \overrightarrow{w_P} = -mgh \ \ Or \quad h = r(1 - cos\theta);$$

$$\frac{1}{2}mv_M^2 = \frac{1}{2}mv_B^2 - mgr(1 - cos\theta) \Longrightarrow v_M^2 = v_B^2 - 2gr(1 - cos\theta) = \frac{2Fl}{m} - 2gr(1 - cos\theta)$$

$$\boxed{v_M = \sqrt{\frac{2Fl}{m} - 2gr(1 - cos\theta)}}$$

__3°) L'expression de la réaction au point M__

$\vec{P} + \overrightarrow{R_M} = m\vec{a}$ *La projection suivant la normale donne :*

$$R_M - mgcos\theta = ma_n = m\frac{v_N^2}{r} \Longrightarrow R_M = mgcos\theta + m\frac{v_M^2}{r} = m\left(gcos\theta + \frac{v_M^2}{r}\right)$$

$$R_M = m\left(gcos\theta + \frac{\frac{2Fl}{m} - 2gr(1 - cos\theta)}{r}\right) = m(gcos\theta + \frac{2Fl}{m.r} - 2g + 2gcos\theta)$$

$$\boxed{R_M = 3mgcos\theta + \frac{2Fl}{r} - 2mg}$$

__Calcule la valeur minimale F_m__ : au point C l'angle $\theta = \pi$ *et* $(\ cos\pi = -1)$ *et* $R_C \geq 0$

$$R_C = -3mg + \frac{2Fl}{r} - 2mg \geq 0 \Longrightarrow \frac{2Fl}{r} \geq 5mg \Longrightarrow F \geq \frac{5mgr}{2l}$$

$$pour\ la\ valeur\ minimale\ F_m = \frac{5mgr}{2l} = \frac{5.0,2.10.1}{2.1,5} = 3,33N$$

$\boxed{F_m = 3,33N}$

4.1°) Calcule θ_0 *Lorsque le solide perd le contacte la réaction s'annule*

$$R_D = 3mgcos\ \theta_0 + \frac{2F_0 l}{r} - 2mg = 0 \Leftrightarrow 3mgcos\ \theta_0 = -\frac{2F_0 l}{r} + 2mg \Rightarrow$$

$$cos\ \theta_0 = \frac{2}{3} - \frac{2F_0 l}{3mgr} = \frac{2}{3} - \frac{2\frac{7}{3}1,5}{3.0,2.10.1} = -0,5 \Rightarrow \quad \boxed{\theta_0 = 120°}$$

Calcule la vitesse au point D

$$v_D = \sqrt{\frac{2F_0 l}{m} - 2gr(1 - cos\theta_0)} = \sqrt{\frac{2\frac{7}{3}1,5}{0,2} - 2.10.1(1+0.5)} = \sqrt{5} = 2{,}23ms^{-1}$$

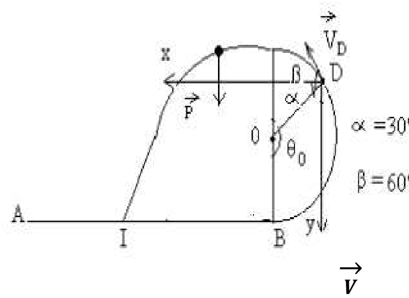
$\boxed{v_D = \sqrt{5} = 2{,}23ms^{-1}}$

4.2°) L'équation de la trajectoire

Le corps soumis à son poids seulement :

$\vec{P} = m\vec{g} = m\vec{a}$

$\vec{a} = \vec{g}$



Condition initial

$$\overrightarrow{DG}\begin{cases} x_D = 0 \\ y_D = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_{0D} = V_D cos(\beta) = 2,23.0,5 = 1,11m/s \\ V_{0y} = -V_D sin(\beta) = -2,23.0,86 = -1,91m/s \end{cases} \qquad \vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = g = 10ms^{-2} \end{cases}$$

Les équations horaires

Sur $\overrightarrow{Dx}$: $a_x = 0 \Rightarrow v = Cte \Rightarrow$ *M.R.U* $\Rightarrow$ $x = V_0 cos(\alpha)t = 1,11t$

Sur $\overrightarrow{Dy}$: $a_y = g = 10ms^{-2} \Rightarrow$ *M.R.U.V* $\begin{cases} a_y = g = 10ms^{-2} \\ v = gt + V_D sin(\alpha) = 10t - 1,91 \\ y = 5t^2 - 1,91t \end{cases}$

Equation de la trajectoire :

$$\begin{cases} t = \frac{x}{V_0 cos(\beta)} = \frac{x}{1,11} = 0,9x \\ y = y = 5t^2 - 1,91t = 5(0,9x)^2 - 1,91(0,9x) = 4,05x^2 - 1,71x \\ y = 4,05x^2 - 1,71x \end{cases}$$

$\boxed{y = 4,05x^2 - 1,71x}$

4.3°) Les coordonnées du point de chute I

$\begin{cases} x_I = ? \\ y_I = r(1+sin\alpha) = 1(1+0,5) = 1,5m \end{cases}$

$y_I = 4,05{x_I}^2 - 1,71x_I = 1,5 \Rightarrow 4,05{x_I}^2 - 1,71x_I - 1,5 = 0$

$\Delta = b^2 - 4ac = (-1,71)^2 - 4.(4,05).(-1,5) = 27,22 > 0$ $x_1 = \frac{-(-1,72)-\sqrt{27,22}}{2(4,05)} = -0{,}43\text{m} <$ $(Refusée)$; $x_2 = \frac{-(-1,72)+\sqrt{27,22}}{2(4,05)} = 0{,}85\text{m}$ ***Donc***

$\boxed{x_I = 0{,}85m}$

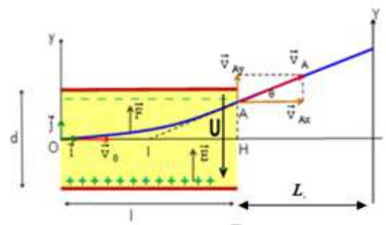
Chapitre 3 : le champ électrique

En appliquant la R.F.D sur la charge pénétrante on trouve $\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$ ***mais le Poids P négligeable devant la force électrique F***

Donc $\vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{q\vec{E}}{m}$

- $q > 0$ ***F et E sont dans le même sens***
- $q < 0$ ***F et E sont dans le sens opposés***

E orienté toujours vers la plaque négative.



- ***E*** $= \frac{U}{d}$
- **Condition initiale**

$\overrightarrow{OG} \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases}$ $\quad \vec{V} \begin{cases} v_{0x} = v_0 \\ v_{0y} = 0 \end{cases}$ $\quad \vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \frac{qE}{m} \end{cases}$

- ***Les équations horaires***

Sur $\overrightarrow{Ox}$ ***:*** $a_x = 0 \Rightarrow v = Cte \Rightarrow$ ***M.R.U*** $\Rightarrow x = v_0 t$

Sur $\overrightarrow{Oy}$ ***:*** $a_y = \frac{qE}{m} = Cte$ $\quad v \neq Cte \Rightarrow$ ***M.R.U.V*** $\quad \begin{cases} a_y = \frac{qE}{m} \\ v_y = \frac{qE}{m}t \\ y = \frac{1}{2}\frac{qE}{m}t^2 \end{cases}$

- ***Equation de trajectoire :***

$\begin{cases} t = \frac{x}{V_0} \\ y = \frac{1}{2}\frac{qE}{m}\frac{x^2}{V_0^2} \end{cases}$ ***La trajectoire est sous forme une parabole.***

- ***Condition de sortir :***

$y_s < \frac{d}{2} \qquad x_S = l$

- ***coordonnées point de sortir :***

$x_S = l \quad y_s = \frac{1}{2}\frac{qE}{m}\frac{l^2}{V_0^2}; \quad v_s = \sqrt{\left(\frac{qEl}{mv_0}\right)^2 + v_0^2}$

- ***Déviation angulaire électrique :***

$$tg\alpha = \left(\frac{dy}{dx}\right)_S = \frac{Vy}{Vx} \Leftrightarrow tg\alpha = \frac{qEl}{mV_0^2}$$

- <u>nature du mouvement à la sortie du champ</u> :

  L'influence de F est disparue $\Longrightarrow a = 0 \Longrightarrow$ *M .R.U.*

- <u>coordonnées du point d'impact I sur l'écran :</u>

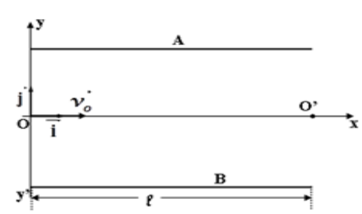
$$\begin{cases} x_I = l + L \\ Y_I = \frac{qEl}{mV_0^2}\left(L + \frac{l}{2}\right) \end{cases}$$

Exercice 1 :

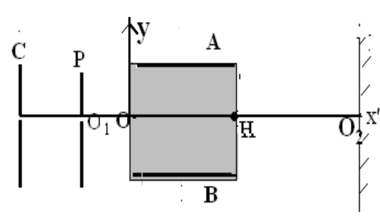
Un électron de vitesse $v_0 = 10^7 ms^{-1}$ traverse une région de longueur l=10 cm où règne un champ électrique $\vec{E}$ uniforme et perpendiculaire à $\vec{v}_0$. Exprimer et Calculer :
1°) l'ordonnée du point de sortie.
2°) la tension électrique
3°) le travail de la force électrique au cours de ce déplacement.
4°) l'angle dont a été dévié l'électron. m =9,1 10^{-31} kg ; e = 1,6 10^{-19} C, E= 1000V/m d=4cm.

Exercice 2 :

Un faisceau de proton homocinétique horizontal de vitesse v_0= 6*10^5m/s pénètre en O, origine du repère (O ; i ; j) entre les armatures horizontales A et B. Les armatures sont de longueur ℓ= 10 cm et distantes l'une de l'autre de d = 8 cm.
On établit entre A et B une tension U = $V_A - V_B$ = 2 kV
1) Indiquer le sens du champ électrique E maintenu entre A et B.
2) Chercher les composantes du vecteur accélération de la particule dans le repère (O ; i ; j) en fonction de e, U, m et d.
3) Etablir les équations horaires du mouvement de la particule selon les axes(x'Ox) et (y'Oy).
4) Etablir l'équation de la trajectoire de la particule dans le repère (O ; i ; j)
5) Montrer que le faisceau de protons ne heurte aucune plaque. Représenter l'allure de la trajectoire.
6) A quel instant le proton sort du champ ? Déterminer à cet instant la valeur du vecteur vitesse et l'angle α que la fait avec l'axe (x'Ox)
On donne : la masse d'un proton m = 1,67.10^{-27} kg et e = 1,6.10^{-19}C.



Exercice 3:

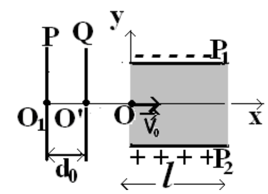


La cathode C d'un oscilloscope émet des électrons dont la vitesse à la sortie du métal est négligeable. Ces électrons traversent ensuite une anode P, en un point O_1.

1- On établit une tension $U_0 = V_P - V_C$
a- Déterminer l'expression de la vitesse v_0 des électrons à leur passage en O_1. A .N :U_0=1000V.
b- Quelle est la nature du mouvement des électrons après P.
2- Les électrons constituant un faisceau homocinétique, pénètrent au point O entre les armatures horizontales A et B d'un condensateur plan. Les armatures distantes de d ont une longueur l.

On établit entre ses armatures une tension U_{AB}.
On étudie le mouvement entre A et
B.
2.1 Déterminer l'expression de la trajectoire dans le repère (O,x,y).
2.2 Exprimer la condition que doit vérifier U_{AB} pour que les électrons sortent du condensateur.
On donne d= 2cm, l = 10cm. Faire l'A.N
3 - Le faisceau arrive sur un écran fluorescent E situé à 20cm du centre de symétrie I du condensateur. Montrer que le faisceau forme un point lumineux (spot) O_2 au centre de l'écran quand $U_{AB} = 0$ et déterminer le déplacement $Y = O_2M$ du spot sur l'écran quand U_{AB}=20V.

Exercice 4 :

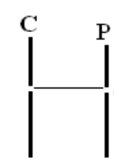


Les ions $^{40}Ca^{2+}$ quittent la chambre d'ionisation au point O_1 sans vitesse initiale grâce à un champ électrique $\vec{E}_0$ existant entre deux plaques P et Q telle que $U_0=U_{PQ}$=500V.
1.1- Déterminer le sens du champ $\vec{E}_0$ régnant entre P et Q et calculer sa valeur si d_0=5cm.
1.2- Calculer la vitesse $\vec{V}_0$ des ions lorsqu'ils arrivent en O'.

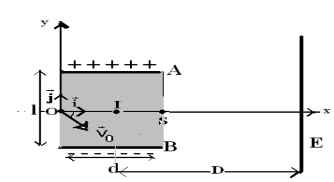
2- Sachant qu'il n'existe aucun champ entre O' et O, déterminer la nature du mouvement des ions entre ces deux points.

3 -Les ions pénètrent au point O dans un autre champ électrique $\vec{E}$ crée entre deux plaques P_1 et P_2 distantes de d et de longueur l chacune.
3.1- Trouver l'équation de la trajectoire dans le repère (O ; x ; y) et préciser sa nature.
3.2- Déterminer les coordonnées du point de sortie S.
4°) Déterminer la nature du mouvement à la sortie du champ.
5°) Déterminer les coordonnées du point d'impact I sur l'écran. L'écran est placé à 30cm du champ. e =1, 6.10^{-19}C; l=10cm; m_P = 1, 67.10^{-27}kg; E=10^{3}V/m.

Exercice 5



1- Dans un tube sous vide un électron est émis sans vitesse initiale par une cathode C et est accéléré par une tension U positive appliquée entre la cathode C et une plaque P.
Calculer l'énergie cinétique de l'électron à son arrivée sur la plaque P. En déduire la valeur de sa vitesse $\vec{V}_0$ à son arrivée sur la plaque P.



2- L'électron pénètre en O avec la vitesse $\vec{V}_0$ dans l'espace séparant les armatures A et B d'un condensateur plan.
Soit d la longueur de ces armatures, l leur écartement, D la distance du centre I du condensateur à un écran fluorescent E et U' la tension entre les armatures A et B.
2.1- La vitesse est contenue dans le plan $(O,\vec{i},\vec{j})$ et fait un angle α avec Ox comme l'indique la figure. Etablir l'équation de la trajectoire de l'électron entre les armatures A et B.
2.2- Etablir la relation qui doit lier l'angle α avec les grandeurs U, U', d et l pour que l'électron passe par le point S. Calculer alors la valeur correspondante de l'angle α.

3 -L'électron pénètre maintenant dans le condensateur avec une vitesse $\vec{V_0}$ parallèle à $\vec{i}$ de même sens. Un écran vertical est placé à 30cm du point d'intersection I entre la tangente et l'axe Ox. Calculer la déviation y_M sur l'écran.

U=1000V;U'=120V;q= -e = -1,6.10^{-19}C;m = 9,1.10^{-31} kg ; d =6 cm ; l = 2 cm ; D = 30 cm.

Les soultions

Exercice 1 :

1°) L'ordonnée du point de sortie.

On a $y_S = \frac{1}{2}\frac{qE}{m}\frac{l^2}{V_0^2} = \frac{1{,}6.10^{-19}.300.(10.10^{-2})^2.}{2.9{,}1.10^{-31}.(10^7)^2} = 0{,}26m$

$\boxed{y_S = 0{,}26m}$

2°) la tension électrique

$E = \frac{U}{d} \Longrightarrow U = E.d = 300.4.10^{-2} = 12V$

$\boxed{U=12V}$

3°) Le travail de la force électrique

$w = qU = eU = 1{,}6.10^{-19}.12 = 1{,}92.10^{-18}$J.

$\boxed{W= 1{,}92.10^{-18}\text{J}}$

4°) Calcule l'angle de déviation

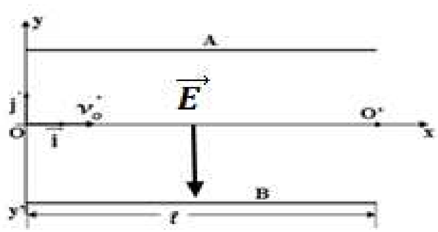
$$tg\alpha = \frac{qEl}{mV_0^2} = \frac{1{,}6.10^{-19}.300.10.10^{-2}}{9{,}1.10^{-31}.(10^7)^2} = 5{,}27 \Longrightarrow \alpha = 79{,}27°$$

$\boxed{\alpha = 79{,}27°}$

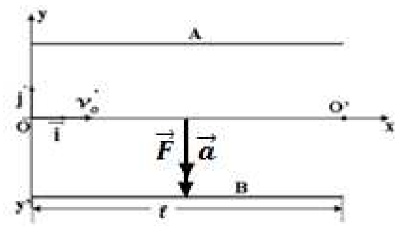
Exercice 2 :

1°) Le sens de $\vec{E}$: $q > 0$ donc $\vec{E}$ et $\vec{F}$ sont dans le même sens d'autre part

$U = V_A - V_B = 2kV \Longrightarrow V_A > V_B$ la plaque le moins potentille est la plque B Doncle champ $\vec{E}$ orinté vers B



2°) les composantes du vecteur accélération :



En appliquant la R.F.D

$$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{q\vec{E}}{m}$$

Après la projction suivant les axes : $\overrightarrow{ox}$ **et** $\overrightarrow{oy}$

- *Condition initiale*

$$\overrightarrow{OG}\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases} \quad \vec{V}\begin{cases} V_{0x} = V_0 \\ V_{0y} = 0 \end{cases} \quad \vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -\frac{qE}{m} = -\frac{eU}{md} = -\frac{1{,}6.10^{-19}.2000}{1{,}67.10^{-27}.8.10^{-2}} = -2,39.10^{12}\ ms^{-2} \end{cases}$$

$$\boxed{\begin{array}{l} a_x = 0 \\ a_y = -2,39.10^{12}\ ms^{-2} \end{array}}$$

3°)Les équations horaires

Sur $\overrightarrow{Ox}$ ***:*** $a_x = 0 \Rightarrow v = Cte \Rightarrow$ ***M.R.U*** $\Rightarrow \quad x = v_0 t = 6.10^5 t$

Sur $\overrightarrow{Oy}$ ***:*** $a_y = \frac{qE}{m}$ ***= Cte*** $v \neq Cte \Rightarrow$ ***M.R.U*** $\Rightarrow$
$$\begin{cases} a_y = -\frac{qE}{m} = -\frac{eU}{md} = -2,39.10^{12} ms^{-2} \\ v_y = -2,39.10^{12}\ t \\ y = -1,19.10^{12}\ t^2 \end{cases}$$

4°)Equation de trajectoire :

$$\begin{cases} t = \frac{x}{6.10^5} = 1,6.10^{-6}x \\ y = -1,19.10^{12}\ (1,6.10^{-6}x)^2 = -3,04x^2 \end{cases}$$

$$\boxed{y = -3,04x^2}$$

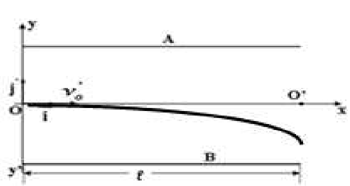
5°) On montrer que le faisceau de protons ne heurte aucune plaque

Pour que le faisceau de protons ne heurte aucune plaque Y doit être > -4cm

Pour x = l = 10cm = 0,1m $\Rightarrow y_S = -3,04(0,1)^2 = -3,04cm > -4cm$

Donc ***le faisceau de protons ne heurte aucune plaque***

L'allure de la trajectoire :



6°) Le temps de sortir : à la sortir le faisceau de protons parcoure une distance x = l = 0,1m

$$t = \frac{x}{6.10^5} = 1,6.10^{-6}x = 1,6.10^{-6}(0,1) = 1,6.10^{-7}s$$

$$\boxed{t = 1,6.10^{-7}s}$$

Le vecteur vitesse :

$$\overrightarrow{v_S} = \overrightarrow{v_x} + \overrightarrow{v_y} \Rightarrow v_S = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$\begin{cases} v_x = v_0 = 6.10^5 ms^{-1} \\ v_y = -2,39.10^{12}\, t = -2,39.10^{12}.1,6.10^{-7} = -3,82.10^5 ms^{-1} \end{cases}$$

$$v_S = \sqrt{(6.10^5)^2 + (-3,82.10^5)^2} = 7,11.10^5$$

$$\boxed{v_S = 7,11.10^5 ms^{-1}}$$

Calcule α : $tg\alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{-3,82.10^5}{6.10^5} = -0,63 \Rightarrow \quad \alpha = -32,48°$

$$\boxed{\alpha = -32,48°}$$

Exercice 3:

1.a°) l'expression de la vitesse v_0

En appliqeunt T.E.C entre O et O_1

$$\Delta E_C = \sum \vec{w}_{Fexe} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_{O_1}^2 = qU \Rightarrow v_{O_1}^2 = \frac{2qU}{m} \Rightarrow v_{O_1} = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

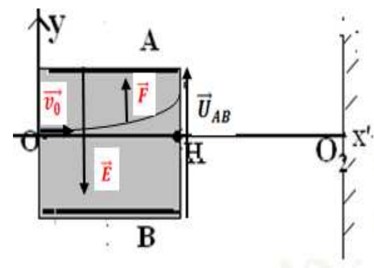
$$\boxed{v_{O_1} = \sqrt{\frac{2qU}{m}} \qquad AN: v_{O_1} = \sqrt{\frac{2.1,6.10^{-19}.10^3}{9,1.10^{-31}}} = 1,87.10^7 ms^{-1}.}$$

1 .b°) nature du mouvement

Après P l'influence de la force F est disparue $\Rightarrow a = 0$ *Donc M.R.U*

2.1°) L'expression de la trajectoire.

Le vecteur de la tension $\vec{U}_{AB}$ est orienté vers la plaque A et le vecteur du champ $\vec{E}$ orienté vers la plaque B ($\vec{U}$ et $\vec{E}$ sont toujours dans le sens contraire) tan disque la charge est négative alors $\vec{F}$ orienté vers la plaque A (voir la figure).



En appliquant la R.F.D

$$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{q\vec{E}}{m}$$

Après la projction suivant les axes : $\overrightarrow{ox}$ et $\overrightarrow{oy}$

Condition initiale

$$\overrightarrow{OG}\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases} \quad \vec{V}\begin{cases} V_{0x} = v_0 \\ V_{0y} = 0 \end{cases} \quad \vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \frac{qE}{m} = \frac{eU_{AB}}{md} \end{cases}$$

Les équations horaires

Sur $\overrightarrow{Ox}$: $a_x = 0 \Rightarrow v = Cte \Rightarrow$ M.R.U $\Rightarrow x = v_0 t$

Sur $\overrightarrow{Oy}$: $a_y = \frac{qE}{m} = Cte \quad v \neq Cte \Rightarrow$ M.R.U $\Rightarrow$
$$\begin{cases} a_y = \frac{qE}{m} = \frac{eU_{AB}}{md} \\ v_y = \frac{eU_{AB}}{md}\, t \\ y = \frac{eU_{AB}}{2md}\, t^2 \end{cases}$$

Equation de trajectoire :

$$\begin{cases} t = \frac{x}{v_0} \\ y = \frac{eU_{AB}}{2mdv_0^2}\, x^2 \end{cases}$$

$$\boxed{y = \frac{eU_{AB}}{2mdv_0^2}\, x^2 \quad \text{la trajecoire est sous forme } ax^2 \text{ semble à celle d'un parabole}}$$

2.2°) La condition qui doit vérifie la tension U_{AB}

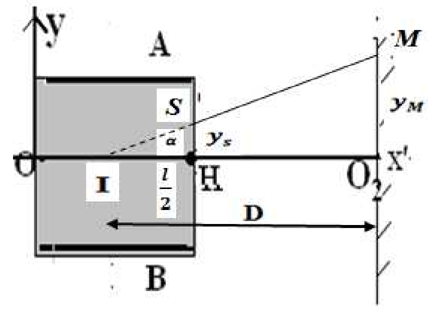
Pour que l'électron sorte il faut que deux conditions soient vérifiées

$$\begin{cases} x = l \\ y < \frac{d}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \frac{eU_{AB}}{2mdv_0^2}\, l^2 < \frac{d}{2} \Rightarrow U_{AB} < \frac{md^2v_0^2}{el^2} = \frac{9,1.10^{-31}.(2.10^{-2})^2(1,87.10^7)^2}{1,67.10^{-19}(10.10^{-2})^2} = 79,55V$$

$$\boxed{U_{AB} < 79{,}55V}$$

3°) On montrer que le faisceau forme un point lumineux au centre de l'écran.

- ***Si la U_{AB} est nulle c'est-à-dire que n'y-a-pas de champ électrique Et si n'y-a-pas de champ électrique n'y-a-pas de force électrique ; pas de déviation alors la vitesse reste constante il se forme un point lumineux au centre de l'écran.***
- ***Si la $U_{AB} = 20V$***



$$tg\alpha = \frac{y_S}{\frac{l}{2}} = \frac{y_M}{D} \Leftrightarrow \frac{y_S}{\frac{l}{2}} = \frac{y_M}{D} \Rightarrow y_M = \frac{y_S}{\frac{l}{2}} D$$

$y_S = \frac{eU_{AB}}{2mdv_0^2} l^2$ *En remplacent* y_S *par sa valeur dans l'expression de* y_M

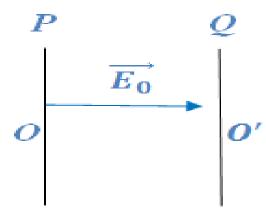
On trouve :

$$y_M = \frac{eU_{AB}l}{mdv_0^2} D = \frac{1,6.10^{-19}.20.10.10^{-2}.}{9,1.10^{-31}.2.10^{-2}(1,87.10^7)^2}.20.10^{-2} = 0,01m = 1cm$$

$$\boxed{y_M = 1cm}$$

Exercice 4 :

1°) le sens et la valeur de E_0 :



$U_{PQ}=500 >0 \Leftrightarrow \overrightarrow{E_0}$ *orienté vers la plaque Q*

$$E_0 = \frac{U_0}{d} = \frac{500}{5.10^{-2}} = 10^4 V/m$$

1.2°) Calculer la vitesse v_0

En appliqeunt T.E.C entre O et $0'$

$$\Delta E_C = \sum \overrightarrow{w}_{Fexe} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_{0'}^2 = qU_{PQ} \Rightarrow v_{0'}^2 = \frac{2qU_{PQ}}{m} \Rightarrow v_{0'} = \sqrt{\frac{2qU_{PQ}}{m}}$$

$$\boxed{v_{0'} = \sqrt{\frac{4eU_{PQ}}{A.m_P}} \quad (q = 2e) \quad AN: v_{0'} = \sqrt{\frac{4.1,6.10^{-19}.500}{40.1,67.10^{-27}}} = 6,9.10^4 ms^{-1}.}$$

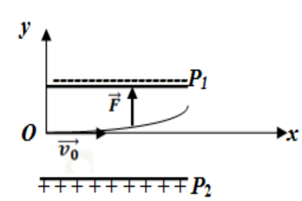
2°) nature du mouvement

Après $0'$ *l'influence de la force F est disparue* $\Rightarrow a = 0$ *Donc* $M.R.U \Leftrightarrow v_{0'} = v_O$

3.1°) Equation de trajectoire :

En appliquant la R.F.D

$$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{q\vec{E}}{m}$$



Après la projction suivant les axes : $\overrightarrow{ox}$ *et* $\overrightarrow{oy}$

- ***Condition initiale***

$$\overrightarrow{OG}\begin{cases}x_0=0\\y_0=0\end{cases}\quad \vec{V}\begin{cases}V_{0x}=V_0\\V_{0y}=0\end{cases}\quad \vec{a}\begin{cases}a_x=0\\a_y=\frac{qE}{m}=\frac{2eE}{A.m_P}=\frac{2.1{,}6.10^{-19}.3000}{40.1{,}67.10^{-27}}=1{,}43.10^{10}\ ms^{-2}\end{cases}$$

$$\boxed{\begin{matrix}a_x=0\\a_y=1{,}43.10^{10}\ ms^{-2}\end{matrix}}$$

3°) Les équations horaires

Sur $\overrightarrow{Ox}$ *:* $a_x=0 \Longrightarrow v=Cte \Longrightarrow$ *M.R.U* $\Longrightarrow\ x=v_0t=6{,}9.10^4t$

Sur $\overrightarrow{Oy}$ *:* $a_y=\frac{qE}{m}=Cte\quad v\neq Cte \Longrightarrow$ *M.R.U* $\Longrightarrow$ $\begin{cases}a_y=1{,}43.10^{10}\ ms^{-2}\\v_y=1{,}43.10^{10}\ t\\y=0{,}71.10^{10}\ t^2\end{cases}$

Equation de trajectoire et sa nature:

$$\begin{cases}t=\dfrac{x}{6{,}9.10^4}=1{,}4.10^{-5}.x\\y=0{,}71.10^{10}\ (1{,}4.10^{-5}x)^2=1{,}39.x^2\end{cases}$$

$$\boxed{y=1{,}39.x^2}$$

Donc la trajectoire est sous forme un parabole.

3.3°) Les coordonnées de point de sortir S

Au point de sortir $x_S=l$ et on détemine y_S *à partir de l'équation de la trajectoir.*

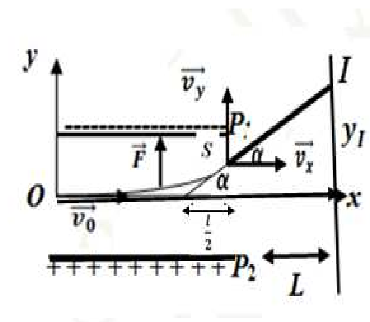
$$y_S=1{,}39.l^2=1{,}39(0{,}1)^2=0{,}0139m=1{,}39cm$$

$$\boxed{\begin{cases}x_S=0{,}1m\\y_S=0{,}0139m\end{cases}}$$

4°) nature du mouvement à la sortie du champ *:*

L'influence de F est disparue à **la sortie du champ** $\Longrightarrow a=0 \Longrightarrow$ *M .R.U.*

5°) Les coordonnées du point d'impact I



$$x_I=l+L=0{,}1+0{,}3=0{,}4m$$

$$tg\alpha=\frac{y_S}{\frac{l}{2}}=\frac{y_I}{L+\frac{l}{2}}\Leftrightarrow\frac{y_S}{\frac{l}{2}}=\frac{y_I}{L+\frac{l}{2}}\Longrightarrow y_I=\frac{y_S}{\frac{l}{2}}\left(L+\frac{l}{2}\right)$$

AN : $y_I=\frac{0{,}0139}{0{,}05}(0{,}3+0{,}05)=0{,}097=9{,}7cm$

$$\boxed{\begin{matrix}x_I=0{,}4m\\y_I=0{,}097m\end{matrix}}$$

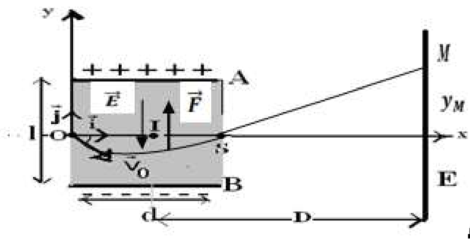
Exercice 5

1°) Calculer l'énergie cinétique et la vitesse v_0

$$E_{C_P} = eU = 1,6.10^{-19}.1000 = 1,6.10^{-16}\text{J}$$

$$E_{C_P} = \frac{1}{2}mv_0^2 \Rightarrow v_0^2 = \frac{2E_{C_P}}{m} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2E_{C_P}}{m}} = \sqrt{\frac{2.1,6.10^{-16}}{9,1.10^{-31}}} = 1,8.10^7 ms^{-1}$$

$$\boxed{\begin{array}{l} E_{C_P} = 1,6.10^{-16}\text{J} \\ v_0 = 1,8.10^7 ms^{-1} \end{array}}$$



2.1°) Equation de la trajectoire

En appliquant la R.F.D

$$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{q\vec{E}}{m}$$

Après la projction suivant les axes : $\overrightarrow{ox}$ *et* $\overrightarrow{oy}$

Condition initiale

$$\overrightarrow{OG}\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases} \quad \vec{V}\begin{cases} V_{0x} = v_0 cos\alpha \\ V_{0y} = -v_0 sin\alpha \end{cases} \quad \vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \frac{qE}{m} = \frac{eU'}{md} \end{cases}$$

Les équations horaires

Sur $\overrightarrow{Ox}$*:* $a_x = 0 \Rightarrow v = Cte \Rightarrow$ *M.R.U* $\Rightarrow x = v_0 cos\alpha t$

Sur $\overrightarrow{Oy}$ *:* $a_y = \frac{qE}{m} = Cte \quad v \neq Cte \Rightarrow$ *M.R.U* $\Rightarrow$
$$\begin{cases} a_y = \frac{qE}{m} = \frac{eU'}{md} \\ v_y = \frac{eU'}{md} t - v_0 sin\alpha \\ y = \frac{eU'}{2md} t^2 - v_0 sin\alpha t \end{cases}$$

Equation de trajectoire :

$$\begin{cases} t = \frac{x}{v_0 cos\alpha} \\ y = \frac{eU'}{2md}\left(\frac{x}{v_0 cos\alpha}\right)^2 - v_0 sin\alpha \frac{x}{v_0 cos\alpha} = \frac{eU'}{2mdv_0^2 cos^2\alpha} x^2 - xtg\alpha \end{cases}$$

$$\boxed{y = \frac{eU'}{2mdv_0^2 cos^2\alpha} x^2 - xtg\alpha}$$

2.2°) La relation qui doit lier l'angle α avec U, U', d et l

Au point S $\begin{cases} x = l \\ y = 0 \end{cases} \Leftrightarrow$

$$\frac{eU'}{2.m.d.v_0^2.\cos^2\alpha}x^2 - xtg\alpha = 0 \Rightarrow \frac{eU'}{2.mdv_0^2\cos^2\alpha}x^2 = xtg\alpha \Rightarrow eU'x^2 = 2mdv_0^2\cos^2\alpha.tg\alpha.x$$

$$\Leftrightarrow eU'l^2 = 2mdv_0^2\cos^2\alpha\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}l \Rightarrow eU'l^2 = 2\cos\alpha\sin\alpha.mdv_0^2l \quad or\ \sin2\alpha = 2\cos\alpha\sin\alpha$$

$$\Rightarrow eU'l = \sin2\alpha.mdv_0^2 \Rightarrow \sin2\alpha = \frac{eU'l}{mdv_0^2}\ d'autre\ part\ v_0^2 = \frac{2eU}{m} \Rightarrow \sin2\alpha = \frac{eU'l}{md\frac{2eU}{m}}$$

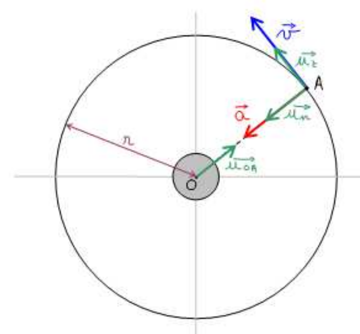
$$\boxed{\sin2\alpha = \frac{U'd}{2Ul} \qquad AN : \sin2\alpha = \frac{120.6.10^{-2}}{2.2.10^{-2}.1000} = 0,18 \Rightarrow \alpha = 5,25°}$$

3°) Calcule la déviation y_M

D'aprés la figure $tg\alpha = \frac{y_M}{D} \Rightarrow y_M = D.tg\alpha = D.\frac{qEd^2}{mv^2} = 0,054m$

$$\boxed{y_M = 5,4m}$$

Chapitre 4 satellite



L'essentiel

Expressions de g : $g_0 = \frac{GM}{R^2}$; $g_h = \frac{GM}{r^2}$

Relation entre g_0 et g_h $g_h = \frac{g_0R^2}{r^2} = \frac{g_0R^2}{(R+h)^2}$

Nature du mouvement :

$$\begin{cases} a_t = o \Leftrightarrow V = Cte: mu \\ r = \frac{GM}{V^2} = Cte: mc \end{cases} \Leftrightarrow m.c.u$$

Expressions de V:

$$V = \sqrt{\frac{GM}{r}} = R\sqrt{\frac{g_0}{r}}$$

Expressions de T:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}} = \frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{r^3}{g_0}}$$

Satellite géostationnaire : C'est un satellite qui évolue dans le plan de l'équateur terrestre et dans le même sens de rotation de la terre ; la période du satellite géostationnaire est égale à celle de la terre et son altitude 36000km.

- ***L'énergie cinétique :*** $E_C = \frac{1}{2}mV^2 = \frac{GmM}{2r}$
- ***L'énergie potentielle de pesanteur***

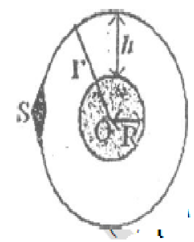
****Si l'origine choisie est l'infini :*** $E_p = -\frac{GmM}{R}$

****Si l'origine choisie à la surface de la terre*** $E_p = -\frac{GmM}{r} + \frac{GmM}{R}$

**** L'énergie mécanique*** $E_m = -\frac{GmM}{2r}$ ***ou bien*** $E_m = \frac{GmM}{2r} + \frac{GmM}{R}$

Exercice 1

On considère un satellite S de la terre de masse m ayant une orbite circulaire de rayon r dont le centre O est confondu avec le centre de la terre.
1. Donner les caractéristiques de la force de gravitation exercée sur ce satellite.
2. Montrer que le mouvement du satellite est circulaire uniforme.
3. Trouver l'expression de la vitesse du satellite en fonction de l'accélération de la pesanteur go au sol, du rayon R de la terre et du rayon r de l'orbite puis en fonction de la constante de gravitation G, de la masse M de la terre et du rayon r.
4. Ce satellite est géostationnaire :
4.1 Préciser le plan de l'orbite
4.2 A quelle altitude est placé ce satellite.
4.3Calculer sa vitesse angulaire et en déduire sa vitesse linéaire.
4.4 Calculer la masse M de la terre.
A.N: R=6400km; G=$6,67.10^{-11}$ S.I g_0=$9,8m/s^{-2}$.



Exercice 2

Un satellite artificiel de masse m= 200kg tourne autour de la terre sur un orbite circulaire de rayon r.
1.1-Calculer la vitesse V_1 de ce satellite en fonction de r, de la masse M de la terre et de la constante de gravitation G.
A.N : r=7000km G=$6,67.10^{-11}$SI M=6.10^{24}kg.
1.2-L'énergie potentielle du système {satellite-terre} étant $E_p=\frac{GmM}{R}-\frac{GmM}{r}$ où R est le rayon de la terre. Donner l'expression de l'énergie mécanique de ce système en fonction de G,m,M,r et R. La calculer. On donne R=6400km.
1.3-Calculer l'énergie à fournie à ce satellite pour qu'il passe de l'orbite de rayon r à une autre de rayon r' =7100km.
2-On considère que la terre est un point matériel qui tourne autour de soleil de masse M'=2.10^{30}kg sur une orbite circulaire de rayon r=$1,5.10^{8}$km.
2.1-Exprimer la vitesse angulaire ω et la période T du mouvement de la terre.
2.2 Exprimer le rapport $\frac{T^2}{r^3}$ en fonction de G et M'.
2.3-Calculer T. cette valeur est-elle vraisemblable ?

Exercice3

1/On étudie le mouvement d'un satellite de la Terre, dans le repère géocentrique. La Terre est supposé homogène, sphérique, de centre O, de rayon R, de masse M.
a) Le satellite, assimilable à un point matériel de masse m, décrit une orbite circulaire de rayon r,et de centre O. Exprimer la force d'attraction que la Terre exerce sur le satellite en fonction de la constante de gravitation universelle G,M, m et r. Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.
b) Exprimer la vitesse du satellite sur sa trajectoire, sa période de révolution T et son énergie cinétique en fonction des même données.
c) Exprimer littéralement le rapport $\frac{r^3}{T^2}$ et vérifier qu'il ne dépend pas de la masse du satellite.
d) On rappelle l'expression de l'énergie potentielle d'un satellite $Ep=-\frac{GmM}{r}$ en choisissant de prendre conventionnellement cette énergie nulle à l'infini. Exprimer l'énergie mécanique totale du satellite.
2/ Un satellite géostationnaire demeure, en permanence, à la vertical d'un point de la surface terrestre et à une altitude fixe.

a) Déterminer le plan de la trajectoire, le sens de révolution et l'altitude z d'un tel satellite. Donner la valeur numérique de z.
b) Un satellite géostationnaire est lancé depuis un point de l'équateur. Quelle énergie mécanique minimale doit-il avoir dans le repère géocentrique, pour se mettre sur l'orbite, si l'on néglige les frottements dus à la résistance de l'air? Donner la valeur numérique de cette énergie.
c) Préciser la direction et le sens de la vitesse de lancement de ce satellite si l'on veut profiter de l'effet de rotation de la Terre. Données
$M = 6\times10^{24}$ kg ;R=6400km ; $m=10^3$kg; $G=6,67.10^{-11}$SI.

Exercice 4

Un satellite supposé ponctuel, de masse m décrit une orbite circulaire d'altitude h autour de la Terre assimilée à une sphère de rayon R_T. On fera l'étude dans un référentiel géocentrique considéré comme galiléen.
1/ Établir l'expression de la valeur g du vecteur champ de gravitation à l'altitude h en fonction de g_0 au niveau du sol, de R_T et de h.
2/ Déterminer l'expression de la vitesse V_S du satellite, celle de sa période et celle de son énergie cinétique.
A.N .m =1020kg; R=6400 km ; h=400km
3/ L'énergie potentielle du satellite dans le champ de pesanteur à l'altitude h est donnée par la relation $Ep = -\frac{GmM}{R+h}$
Avec G la constante de gravitation et M_T masse de la Terre et en convenant que $E_P= 0$ pour $h=\infty$. Justifier le signe négatif et exprimer E_P en fonction de m_S; g_0; R_T et h. Déterminer l'expression de l'énergie mécanique du satellite puis comparer E_P à E_C et E à E_C.
4/ On fournit au satellite un supplément d'énergie $\Delta E=+5\times10^8$ J
Il prend alors une nouvelle orbite circulaire. En utilisant les résultats de 3/, déterminer
- ***Sa nouvelle énergie cinétique et sa vitesse.***
- ***Sa nouvelle énergie potentille et son altitude.***

Exercice 5

Dans cet exercice, les mouvements étudiés sont rapportés à des repères galiléens. Les mobiles étudiés présentent une répartition à symétrie sphérique. On prendra $G = 6,67.10^{-11}$ S.I.
1 On considère deux mobiles A et B : On suppose que la masse M_A du mobile A est très grande devant celle de la masse m du mobile B. Le mobile B tourne autour de A considéré comme étant fixe (voir fig 1).
1.1 Montrer que le mouvement de B autour de A est un mouvement circulaire uniforme.
1.2 Etablir la relation qui lie la vitesse V du centre d'inertie de B le rayon r de l'orbite, la masse M_A de A et la constante de gravitation universelle G.
Soit T la période de B autour de A ; Exprimer V en fonction de T et r, en déduire la relation ou k est une constante dont il faut déterminer l'expression.
2 Un satellite artificiel tourne autour de la terre, dont la masse $M_T = 5,98.10^{24}$kg, dans une orbite de rayon $r = 42,3 .10^3$ km.
2.1 Calculer la période de ce satellite artificiel. Comment appelle-t-on ce type de satellites artificiels, s'il tourne dans le plan de l'équateur et dans le même sens de rotation de la terre?
2.2 Tous les satellites se trouvant sur cette orbite ont-ils la même vitesse ?
La même masse ? Justifier.
3 Sachant que la terre décrit autour du soleil en 365,25 jours une orbite de rayon $r'=1,496.10^8$km. Calculer la masse M_S du soleil.

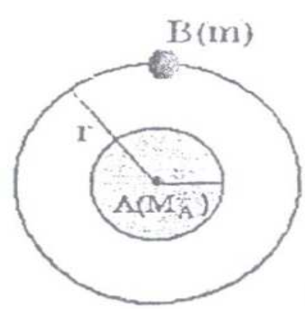


fig1

Les Solutions

Exercice 1

1°) Les caractéristiques de la force de gravitation sont :

-Point d'application : Le centre du satellite

-Direction : Normale

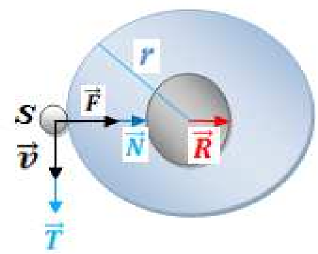
-Sens : Orienté toujours vers le centre

-Intensité : est calculé par la relation $F = \frac{GmM}{r^2}$

2°) La nature du mouvement du satellite

$\sum \overrightarrow{F_{exc}} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a}$ **Selon la loi de gravitation universelle.** $\vec{F} = \vec{P} \Leftrightarrow$

$m\vec{g} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{g} = \vec{a} = \vec{a}_N + \vec{a}_T$



En projetant suivant la tangent :

$$a_T = \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = cte \Rightarrow M.U$$

En projetant suivant la normale

$$a_N = \frac{v^2}{r} = g_h \Leftrightarrow \frac{v^2}{r} = \frac{g_0R^2}{r^2} \Rightarrow r = \frac{g_0R^2}{v^2} \Rightarrow r = \frac{GM}{v^2} = Cte \Rightarrow M.C$$

Alors le mouvement du satellite est M.C.U

3°) L'expression de la vitesse du satellite

On sait que :

$$a_N = \frac{v^2}{r} = \frac{g_0R^2}{r^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{g_0.R^2}{r}} \quad v = R\sqrt{\frac{g_0}{r}}$$

$$\boxed{v = R\sqrt{\frac{g_0}{r}}}$$

On sait aussi $g_0R^2 = GM_T \Rightarrow v = \sqrt{\frac{G.M_T}{r}}$

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{G.M_T}{r}}}$$

4.1°) Le plan de l'orbite

Le satellite se trouve dans le plan de l'équateur

4.2°) L'altitude du satellite

Le satellite est géostationnaire :

La période du satellite est égale à la période de la terre 24h

$$x = vT \Rightarrow T = \frac{x}{v} = \frac{2\pi r}{v} = 2\pi r\sqrt{\frac{r}{g_0R^2}} \Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2r^3}{g_0R^2} \Rightarrow r^3 = \frac{g_0R^2.T^2}{4\pi^2} \Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{g_0R^2.T^2}{4\pi^2}}$$

$$r = R + h \Rightarrow h = r - R = \sqrt[3]{\frac{g_0 R^2 . T^2}{4\pi^2}} - R = \sqrt[3]{\frac{9,8(6400.10^3)^2(86400)^2}{4\pi^2}} - 6400.10^3$$

$h = 35600km$

4.3°) La vitesse angulaire et la vitesse linéaire

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{86400} = 7,27.10^{-5}rd/s$$

$$\boxed{\omega = 7,27.10^{-5}rd/s}$$

On sait que $v = \omega r = \omega(R+h) = 7,27.10^{-5}(6400.10^3 + 35600.10^3) = 3053,4ms^{-1}$

$$\boxed{v = 3053,4ms^{-1}}$$

4 .4°) Calcule la masse de la terre

$$T = 2\pi r\sqrt{\frac{r}{g_0 R^2}} = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M_T}} \Leftrightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{G.M_T} \Rightarrow T^2.G.M_T = 4\pi^2 r^3 \Rightarrow$$

$$M_T = \frac{4\pi^2 r^3}{G.T^2} = \frac{4.10.(42000.1000)^3}{6,67.10^{-11}.(86400)^2} = 5,95.10^{24}kg$$

$$\boxed{M_T = 5,95.10^{24}kg}$$

Exercice 2

1.1°) Calcule la vitesse v_1

On sait que : $a_N = \frac{v_1^2}{r} = \frac{g_0 R^2}{r^2} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{g_0 . R^2}{r}}$ $\quad v_1 = R\sqrt{\frac{g_0}{r}}$

On sait aussi $g_0 R^2 = GM_T \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{G.M_T}{r}}$

$\boxed{v_1 = \sqrt{\frac{G.M_T}{r}}}$ *AN :* $v_1 = \sqrt{\frac{6,67.10^{-11}.6.10^{24}}{7000.10^3}} = 7561,18ms^{-1}$

$$\boxed{v_1 = 7561,18ms^{-1}}$$

1.2°) L'expression de l'énergie mécanique

$$E_m = E_C + E_P = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{GmM}{R} - \frac{GmM}{r} = \frac{1}{2}m\frac{G.M_T}{r} + \frac{GmM}{R} - \frac{GmM}{r} = \frac{GmM}{R} - \frac{GmM}{2r}$$

$$\boxed{E_m = GmM(\frac{1}{R} - \frac{1}{2r})}$$

AN:

$$E_m = 6,67.10^{-11}.200.6.10^{24}\left(\frac{1}{6400.10^3} - \frac{1}{2.7000.10^3}\right) = 6,78.10^9\text{J}.$$

$$\boxed{E_m = 6,78.10^9\text{J}}$$

1.3°) l'énergie à fournie à ce satellite E

L'énergie à l'altitude r' est $E'_m = \frac{GmM}{R} - \frac{GmM}{2r'}$ *donc* $E = E'_m - E_m$

$$E = \frac{GmM}{R} - \frac{GmM}{2r'} - \left(\frac{GmM}{R} - \frac{GmM}{2r}\right) = \frac{GmM}{R} - \frac{GmM}{2r'} - \frac{GmM}{R} + \frac{GmM}{2r}$$

$$E = \frac{GmM}{2}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r'}\right) = \frac{6,67.10^{-11}.200.6.10^{24}}{2}\left(\frac{1}{7000.10^3} - \frac{1}{7100.10^3}\right) = 8,04.10^9\text{J}$$

$$\boxed{E = 8,04.10^9\text{J}}$$

2.1°) L'expression de la vitesse angulaireω et la période T

$$\sum \overrightarrow{F_{exc}} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a}$$

On projet suivant la normale

$$F = ma_N \Leftrightarrow \frac{GM_TM'}{r^2} = M_T\frac{v^2}{r} = M_T\omega^2 r \Longrightarrow \omega = \sqrt{\frac{G.M'}{r^3}}$$

$$\boxed{\omega = \sqrt{\frac{G.M'}{r^3}}} \qquad \boxed{T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{G.M'}{r^3}}} = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M'}}}$$

2.2°) Le rapport $\frac{T^2}{r^3}$ ***en fonction de G et M'***

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M'}} \Leftrightarrow T^2 = 4\pi^2\frac{r^3}{G.M'}$$

$$\boxed{\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G.M'}}$$

2.3°) Calculer T

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M'}} = 2\pi\sqrt{\frac{(1,5.10^8.10^3)^3}{6,67.10^{-11}.2.10^{30}}} = 3,15.10^7 s \approx 1an$$

Oui cette valeur est vraisemblable car elle correspond à la période de rotation de la terre autour de le soleil.

Exercice3

1. a°) L'expression de la force d'attraction

$$F = \frac{GmM}{r^2}$$

la nature du mouvement

$\sum \overrightarrow{F_{exc}} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a}$ *Selon la loi de gravitation universelle.* $\vec{F} = \vec{P} \Leftrightarrow$

$$m\vec{g} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{g} = \vec{a} = \vec{a}_N + \vec{a}_T$$

En projetant suivant la tangente :

$$a_T = \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = cte \Rightarrow M.U$$

En projetant suivant la normale

$$a_N = \frac{v^2}{r} = g_h \Leftrightarrow \frac{v^2}{r} = \frac{g_0R^2}{r^2} \Rightarrow r = \frac{g_0R^2}{v^2} \Rightarrow r = \frac{GM}{v^2} = Cte \Rightarrow M.C$$

Alors le mouvement du satellite est M.C.U

1. b°) L'expression de la vitesse, la période et l'énergie cinétique

On sait que : $a_N = \frac{v^2}{r} = \frac{G.M_T}{r^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{G.M_T}{r}}$

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{G.M_T}{r}}}$$

$$T = \frac{x}{v} = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{\sqrt{\frac{G.M_T}{r}}} \Rightarrow \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M_T}}$$

$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M_T}}}$$

$$\boxed{E_C = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\sqrt{\frac{G.M_T}{r}}\right)^2 = \frac{1}{2}m\frac{G.M_T}{r}}$$

1. c°) Le rapport $\frac{r^3}{T^2}$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M_T}} \Leftrightarrow T^2 = 4\pi^2\frac{r^3}{G.M_T} \Rightarrow \frac{r^3}{T^2} = \frac{G.M_T}{4\pi^2}$$

$$\boxed{\frac{r^3}{T^2} = \frac{G.M_T}{4\pi^2}}$$

Indépendant de la masse du satellite

1. d°) L'énergie mécanique totale

$$E_m = E_C + E_P = \frac{1}{2}m\frac{G.M_T}{r} - \frac{GmM}{r} = -\frac{GmM}{2r}$$

2. a°) Le plan de la trajectoire, le sens de révolution et l'altitude

Le satellite évolue dans le plan de l'équateur terrestre et dans le même sens de rotation de la terre.

Le satellite évolue en orbite circulaire à un altitude h son expression est donnée par la relation

$$z = r - R = \sqrt[3]{\frac{g_0R^2.T^2}{4\pi^2}} - R \quad AN: \ Z \approx 36000km$$

2. b°) L'énergie minimale

L'énergie mécanique du satellite géostationnaire lancé doit ≥ à l'énergie mécanique du satellite à son arriver à l'équateur

L'énergie mécanique du satellite géostationnaire lancé minimale :

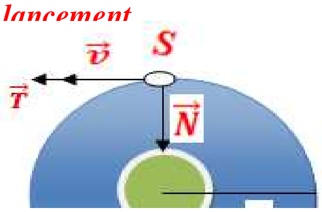
$$\boxed{E_{m_{minimale}} = -\frac{GmM}{2r}}$$

AN: $E_{m_{minimale}} = -\frac{6{,}67.10^{-11}.1000.6.10^{24}}{2.42000.10^3} = -4{,}7.10^9 J$

$$\boxed{E_{m_{minimale}} = -4{,}7.10^9 J}$$

2. c°) La direction et le sens de la vitesse de lancement

La vitesse est toujours tangentielle



Exercice 4

1°) L'expression de g

$$g_h = \frac{g_0 R^2}{r^2} = \frac{g_0 R^2}{(R+h)^2}$$

2°) L'expression de la vitesse, la période et l'énergie cinétique

On a: $a_N = \frac{v_S^2}{r} = \frac{G.M_T}{r^2} \Longrightarrow v_S = \sqrt{\frac{G.M_T}{r}}$ AN: $v_S = \sqrt{\frac{6{,}67.10^{-11}6.10^{24}}{(6400+400).10^3}} = 7671{,}38 m/S$

$$\boxed{v_S = 7671{,}38 m/s}$$

$$T = \frac{x}{v} = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{\sqrt{\frac{G.M_T}{r}}} \Longrightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M_T}} \quad AN: T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi.6800.10^3}{7671{,}38} = 5566{,}6S$$

$$\boxed{T = 5566{,}6S}$$

$$E_C = \frac{1}{2} m v_S^2 = \frac{1}{2} m\left(\sqrt{\frac{G.M_T}{r}}\right)^2 = \frac{1}{2} m \frac{G.M_T}{r} = 0{,}5.1020.\frac{6{,}67.10^{-11}.6.10^{24}}{6800.10^3} = 3.10^{10}\mathrm{J}$$

$$\boxed{E_C = 3.10^{10}\mathrm{J}}$$

3°) Justification le signe négatif et l'expression de E_P

Le travail élémentaire $dw = \vec{F}.\overrightarrow{dr} \Leftrightarrow \int dw = -\int F.dr$ *Or* $dw = -dE_p \Longrightarrow \int -dE_p = - - \int F.dr \Longrightarrow$
$\int -dE_p = -\int \frac{GmM}{r^2}.dr \Longrightarrow \int dE_p = \int \frac{GmM}{r^2}.dr \Longrightarrow$

$(E_p - E_{p\infty}) = -\frac{GmM}{r}$; $E_{p_\infty} = 0 \Longrightarrow E_p = -\frac{GmM}{r}$ *Or* $GM_T = g_0.R^2$ *et* $r = R + h$

$$\boxed{E_p = -\frac{g_0.R^2 m_S}{R+h}}$$

$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{GmM_T}{r} = \frac{1}{2} m\left(\sqrt{\frac{G.M_T}{r}}\right)^2 - \frac{GmM_T}{r} = \frac{GmM_T}{2r} - \frac{GmM_T}{r} = -\frac{GmM_T}{2r}$$

$$E_c = \frac{GmM_T}{2r} = - - \frac{GmM_T}{\frac{r}{2}} = -\frac{E_p}{2}$$

$$E_m = -\frac{GmM_T}{2r} = -E_c$$

$$E_m = -\frac{GmM_T}{2r} = -\frac{6,67.10^{-11}.1020.6.10^{24}}{2.6800.10^3} = -3,01.10^{10}J$$

4°)

• Sa nouvelle énergie cinétique et sa vitesse.

L'énergie à l'altitude r' est $E'_m = \frac{GmM}{R} - \frac{GmM}{2r'}$ *donc* $E'_m = E_m + \Delta E = -3,01.10^{10} + 5.10^8$

$$E'_m = -2,95.10^{10}J$$

$$E'_m = -E_c \Longrightarrow E_c = -E'_m$$

$$\boxed{E_c = 2,95.10^{10}\mathrm{J}}$$

$$v_S = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} \quad AN:\ v_S = \sqrt{\frac{2.2,95.10^{10}}{1020}} = 7604,46m/S$$

$$\boxed{v_S = 7604,46m/S}$$

•Sa nouvelle énergie potentille

$$E_c = -\frac{E_p}{2} \Longrightarrow E_p = -2E_c = -2.2,95.10^{10} = -5,9.10^{10}\mathrm{J}$$

$$\boxed{E_p = -5,9.10^{10}\mathrm{J}}$$

$$h = -R - \frac{g_0.R^2m_S}{E_p} = -6,4..10^6 - \frac{9,8.(6,4.10^6)^2.1020}{-5,9.10^{10}} = 539,59km$$

Exercice 5

1.1 Nature du mouvement

$$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a}$$

En projetant sur la tangente on obtient :

$$a_t = 0 \Longrightarrow v = cte \ \Longrightarrow M.U$$

En projetant sur la normale on obtient : $a_N = \frac{F}{m}$ $Or\ F = \frac{GmM}{r^2} \Longrightarrow a_N = \frac{GM}{r^2} = \frac{v^2}{r}$

$r = \frac{GM}{v^2}$ *=cte* $\Longrightarrow M.C\ alors\ M.C.U$

1.2 Relation entre V, r, M_A, et G

$$r = \frac{GM_A}{v^2} \Longrightarrow v^2 = \frac{GM_A}{r} \Longrightarrow v = \sqrt{\frac{G.M_A}{r}}$$

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{G.M_A}{r}}}$$

1.3 Expression de V en fonction de T et r

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \text{ Avec } \omega = \frac{v}{r} \Longrightarrow T = \frac{2\pi r}{v}$$

$$\boxed{v = \frac{2\pi r}{T}}$$

Déduction de la relation $\frac{r^3}{T^2} = kM_A$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M_A}} \Longleftrightarrow T^2 = 4\pi^2\frac{r^3}{G.M_A} \Longrightarrow \frac{r^3}{T^2} = \frac{G.M_A}{4\pi^2}$$

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{G.M_A}{4\pi^2} = \frac{G}{4\pi^2}M_A \text{ Avec } k = \frac{G}{4\pi^2}$$

$$\boxed{\frac{r^3}{T^2} = k.M_A}$$

2.1 Calcul de la période du satellite :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M_A}} = 2\pi\sqrt{\frac{(42,3.10^3.10^3)^3}{6,67.10^{-11}.5,98.10^{24}}} = 86335,6S \approx 24h$$

La période étant égale à celle de la terre, si le satellite tourne dans le plan de l'équateur et dans le même sens de rotation de la terre, il est dit géostationnaire.

2.2 Les satellites se trouvant sur cette orbite ont la même vitesse mais leurs masses peuvent être différentes car l'expression de la vitesse montre qu'elle ne varie qu'en fonction du rayon de l'orbite

3 Calcul de la masse Ms du soleil.

D'après le rapport $\frac{r^3}{T^2} = \frac{G.M_A}{4\pi^2} \Longleftrightarrow \frac{r'^3}{T^2} = \frac{G.M_S}{4\pi^2} \Longrightarrow M_S = \frac{4\pi^2 r'^3}{G.T^2}$

$$\boxed{M_S = \frac{4\pi^2 r'^3}{G.T^2}}$$

$$AN: M_S = \frac{4\pi^2(1{,}498.10^8.10^3)^3}{6{,}67.10^{-11}.(365{,}25.86400)^2} = 2{,}01.10^{30}kg$$

$$\boxed{M_S = 2{,}01.10^{30}kg}$$

Chapitre 5 : oscillateur mécanique

L'essentiel

1-Le pendule élastique horizontal

*équation différentielle : $x'' + \frac{k}{m}x = 0 <=> x'' + \omega^2 x = 0$ (M.R.S).

*équation horaire : $x = x_m \cos(\omega t + \varphi)$

* Période du mouvement $T = \frac{2\pi}{\omega}$ or $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} => T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

*Energie cinétique : $E_c = \frac{1}{2}mV^2$; * énergie élastique $Ep_e = \frac{1}{2}Kx^2$

*Energie potentiel $Ep = Ep_e$ *Energie mécanique $E_m = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}kx^2 <=> E_m = \frac{1}{2}kx_m^2$

2-Le pendule élastique verticale

* condition d'équilibre : $mg = kx_0$

*équation différentielle : $x'' + \frac{k}{m}x = 0 <=> x'' + \omega^2 x = 0$ (M.R.S).

*équation horaire : $x = x_m \cos(\omega t + \varphi)$

*Période du mouvement $T = \frac{2\pi}{\omega}$ or $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} => T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

*Energie cinétique $E_c = \frac{1}{2}mV^2$; * énergie élastique $Ep_e = \frac{1}{2}k(x + x_0)^2$

*Energie potentiel de pesanteur $Ep = -mgx$

*Energie mécanique $E_m = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}k(x + x_0)^2 - mgx <=> E_m = \frac{1}{2}kx_m^2 + \frac{1}{2}kx_0^2$

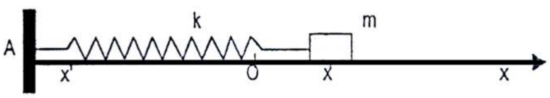
Exercice 1

I-La période d'un oscillateur mécanique sinusoïdal est To =0,2s, son amplitude X_m = 2cm . Sachant qu'à t =0 , Xo = 2cm, donner son équation horaire .

II-Un point est animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal sur un axe (x'ox) .A l'instant t = 0, le mobile est à l'origine 0 et il est animé d'une vitesse de 40m/s dans le sens positifs. La période est T =0,5s .établir l'équation horaire du mouvement.

Exercice 2

On tire le solide S de masse m =100g à partir de sa position d'équilibre en O , origine de l'axe x'x de façon que son élongation initiale est x_o=2cm puis on lui communique à t=0 une vitesse initiale V_o dans le sens positif de l'axe x'x



1- Montrer que le système (S, R , terre) est conservatif

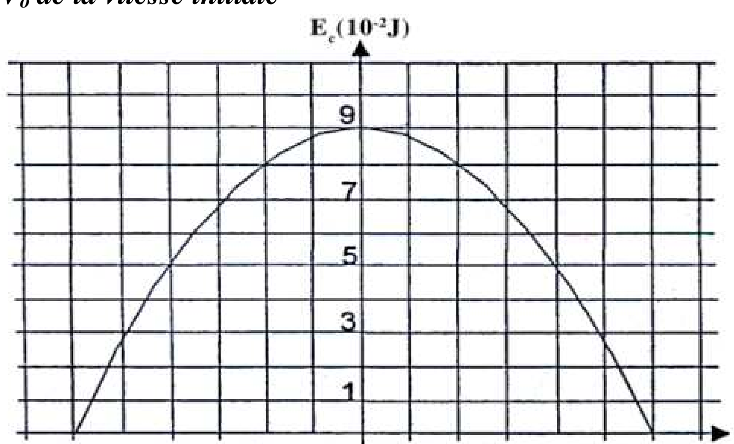
2 - Donner les expressions de E_{pp}, de E_{pe} , de E_c et de E_m du système défini en fonction de x, K ,m et V à une date t quelconque .Le plan horizontal passant par le centre d'inertie de S est pris comme plan de référence des énergies potentielles de pesanteur.

3-Montrer qu'à tout instant on a la relation suivante : $\frac{1}{2}Kx^2 + \frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}mV^2_{max}$

4 - On donne la courbe de variation de l'énergie cinétique du système en fonction de x.

Déduire de la courbe : - La constante de raideur K du ressort

- La valeur V_{max} de la vitesse - La valeur V_o de la vitesse initiale



Exercice 3

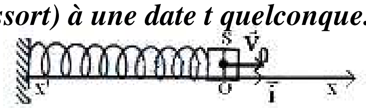
Un pendule élastique horizontal est constitué d'un ressort à spires non jointives de raideur K=16N/m et d'un solide S de masse m=40g.

Le pendule peut osciller librement sans amortissement ni frottement.

A l'instant t=0, on lance le solide à partir de sa position d'équilibre avec une vitesse suivant l'axe horizontal x'x de valeur égale 1,4m/s ; le mouvement du solide S est reporté au repère (O, $\vec{i}$) et la position du centre d'inertie G du solide à une date t est repérée par son abscisse x tel que $\overrightarrow{OG} = x\vec{i}$.

1 -Déterminer l'équation différentielle du mouvement du solide S.

2 -Déterminer l'expression de l'énergie mécanique du système (solide, ressort) à une date t quelconque. Déduire l'équation différentielle.



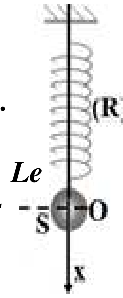
3 -Ecrire l'équation horaire du mouvement.

4- Trouver maintenant la valeur de son énergie mécanique.

5 -Donner l'expression des instants de passage par la position d'abscisse x = - 3,5cm.

6 -En quelles abscisses l'énergie cinétique E_C est égale à deux fois l'énergie potentielle E_P ($E_C=2E_P$) du même système.

Exercice 4



Les frottements sont supposés négligeables. On prendra g=10m/s²
Le pendule élastique représenté par la figure est constitué de:

- ***Un ressort (R) à spires non jointives, d'axe vertical, de masse négligeable et de raideur k=60N/m.***
- ***Un solide (S) de centre d'inertie G et de masse M. La position de G est, à***

chaque instant, donnée par son abscisse x dans le repère(O, i) O étant la position de G à l'équilibre. Le solide (S) est écarté verticalement vers le bas de sa position d'équilibre d'une distance x_m=2cm, puis abandonné à lui-même sans vitesse initiale à la date t=0.

1 Après avoir étudié l'équilibre du solide S calculer sa masse M sachant que l'allongement à l'équilibre Δl=4cm.

2 Montrer que le mouvement de S est rectiligne sinusoïdal et trouver son équation horaire.

3 On prendra le plan horizontal passant par O comme plan de référence de l'énergie potentielle de pesanteur du système (ressort, solide, Terre).

3.1 Exprimer l'énergie potentielle du système à une date t quelconque, en fonction de k, x et Δl.

3.2 Donner l'expression de l'énergie mécanique du système en fonction de k, Δl et x_m.

3.3 Déduire l'expression de l'énergie cinétique du système en fonction de k, x et x_m.

Exercice 5

Un solide S, supposé ponctuel de masse m=200g glisse le long de la ligne de plus grande pente d'un plan incliné d'un angle α par rapport à la verticale.

On donne : cosα=0,4 ; sinα=0,91 ; g=10m/s².

On abandonne le solide S sans vitesse initiale à l'instant $t=0$ au point A (voir figure).

1 - En supposant les frottements négligeables calculer :

1.1 -L'accélération a du solide S.

1.2- La vitesse V_B de solide S au point B sachant que la distance AB=2m.

- Le temps mis par le solide S pour parcourir la distance AB.

2- On considère que les frottements ne sont pas négligeables et équivalent à une force constante $\vec{f}$ parallèle à la ligne de plus grande pente et de sens contraire au déplacement. La vitesse du solide au cours de sa descente de A à B atteint au point B la valeur V_B=3m/s.

- Calculer le travail de $\vec{f}$. - Déduire l'intensité de $\vec{f}$.

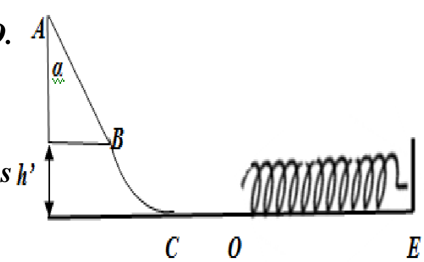
- Représenter sur un schéma la réaction $\vec{R}$ du plan incliné sur le solide S puis calculer son intensité.

3 - Les frottements sont de nouveau négligeables. Le solide S aborde la piste BCOE avec une vitesse initiale V_B=3m/s (voir figure). La portion BC est curviligne et CE est horizontal. La différence de niveau séparant les plans horizontaux passant par O et B est h'=0,35m. Au point O, le solide S heurte l'extrémité libre d'un ressort à spires non jointives, de raideur K=160N/m et y reste coller. L'autre extrémité est fixée au point E. On considère l'énergie potentielle de pesanteur nulle au point O.

3.1 -Calculer la vitesse au point O.

3.2- Calculer l'énergie mécanique du système {ressort+solide} au point O.

3.3 -A un instant t quelconque après le choc du solide avec le ressort, la vitesse de S est V et le raccourcissement du ressort est x. Donner L'expression de l'énergie mécanique du système {ressort+ solide S}. Pour quelles valeurs de x les énergies cinétique et potentielle sont-elles égales. (L'énergie mécanique est conservée).

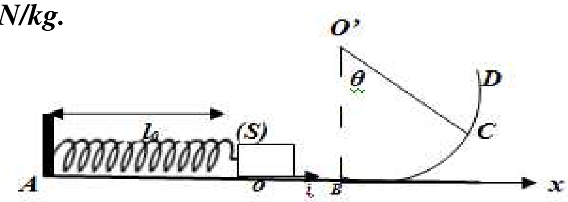


Exercice 6

Un solide S de masse m=0,5kg peut glisser sans frottement le long d'une piste formée de deux parties une partie AB horizontal et une partie circulaire BD de rayon r = 10cm. Ce solide est attaché à l'une des extrémités d'un ressort dont la raideur K=20N/m ; l'autre extrémité du ressort est fixée en A.

On tire le solide à partir de sa position d'équilibre d'une longueur de 8cm puis on l'abandonne sans vitesse initiale à la date t= 0s

1) ***Etablir l'équation différentielle caractérisant le mouvement. En déduire la valeur de la période T.***
2) ***Ecrire les équations horaires du mouvement.***
3) ***Au moment où le solde passe par son position d'équilibre dans le sens positif il se détache du ressort en poursuit son mouvement suivant OB. Montre que sa vitesse au point O est 0,5m/s***
4) ***Le solide continue son mouvement jusqu'ou point C repéré par l'angle $\theta = (\overrightarrow{O'B}\ ;\overrightarrow{O'C})$ où il s'arrête. Trouver la valeur de θ puis calculer la réaction Rc.***
5) ***En réalité les frottements existent sur la partie circulaire BD, le solide s'arrête ou point C' repéré par l'angle θ' = 25° sa chant que la farce de frottement est tangentielle au chaque point de la trajectoire déterminer sa valeur. On donne g =10N/kg.***



Les solutions

Exercice 1

I- L'équation horaire

L'équation horaire d'un oscillateur mécanique est sous forme $x = x_m cos(\omega t + \varphi)$

D'après les données d'exercice T =0,2s $\Longrightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,2} = 10\pi\, {}^{rd}/_{s}$

$x_m = 2cm$ à l'instant t = 0S $x = x_m = 2cm \Longrightarrow cos(\varphi) = 1 \Longrightarrow \varphi = 0$

Donc L'équation horaire est :

$$\boxed{x = 0,02cos(10\pi t)}$$

II- L'équation horaire du mouvement

$x = x_m cos(\omega t + \varphi)$; $T = 0{,}5s \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0{,}5} = 4\pi\, {}^{rd}/_{s}$

$$\grave{a}\ t = 0\quad x = 0 \Rightarrow cos(\varphi) = 0 \Rightarrow \begin{cases} \varphi = \frac{\pi}{2} \\ \varphi = -\frac{\pi}{2} \end{cases} mais\ v = 40\, {}^{m}/_{s} > 0 \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}$$

La vitesse est maximum lorsque le mobile passe par l'origine

$$v = \omega x_m \Rightarrow x_m \Rightarrow \frac{v}{\omega} = \frac{40}{4\pi} = 3,18m \quad \Rightarrow \quad x = 3,18cos\left(4\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\boxed{x = 3,18cos\left(4\pi t - \frac{\pi}{2}\right)}$$

Exercice 2

1°)

2°) Les expressions :

$$E_{pp} = mgh = 0; \quad E_{P_e} = \frac{1}{2}kx^2 \ ; \ E_C = \frac{1}{2}mv^2 \ ; \ E_m = E_C + E_P = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$$

3°) Démonstration $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2$

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m(-\omega x_m sin(\omega t + \varphi))^2 + \frac{1}{2}k(x_m cos(\omega t + \varphi))^2$$

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 x_m^2 sin^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2}kx_m^2 cos^2(\omega t + \varphi)$$

$$on\ sait\ que\ \omega^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow m\omega^2 = k$$

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kx_m^2 sin^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2}kx_m^2 cos^2(\omega t + \varphi)$$

$$= \frac{1}{2}kx_m^2\left(sin^2(\omega t + \varphi) + cos^2(\omega t + \varphi)\right)$$

$$on\ sait\ que\quad sin^2(\omega t + \varphi) + cos^2(\omega t + \varphi) = 1$$

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kx_m^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 x_m^2 \quad Or \quad v_{max} = \omega x_m$$

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 x_m^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2$$

$$\boxed{\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2}$$

4°) Déduction K, v_{max} et v_0

$$\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}mv_{max}^2 \Leftrightarrow \frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}mv_{max}^2-\frac{1}{2}mv^2$$

$\frac{1}{2}kx^2=E_{max}-E$ d'prés la courbe $E_{max}=9.10^{-2}J$

Pour $x=2.10^{-2}m$ $E=8.10^{-2}J$

$$\frac{1}{2}k(2.10^{-2})^2=9.10^{-2}-8.10^{-2}=10^{-2} \Leftrightarrow \frac{4}{2}k=2k=100 \Rightarrow k=\frac{100}{2}=50\,{}^{N}/_{m}$$

$\boxed{k=50\,{}^{N}/_{m}}$

$$E_{max}=\frac{1}{2}mv_{max}^2 \Rightarrow v_{max}=\sqrt{\frac{2.E_{max}}{m}}=\sqrt{\frac{2.9.10^{-2}}{0,1}}=1,34\,{}^{m}/_{s}$$

$\boxed{v_{max}=1,34\,{}^{m}/_{s}}$

On sait que $v_0=\omega\sqrt{x_m^2-x_0^2}$ $\omega=\sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow v_0=\sqrt{\frac{k}{m}}\sqrt{x_m^2-x_0^2}=\sqrt{\frac{k}{m}(x_m^2-x_0^2)}$

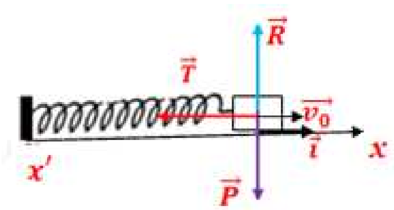
$$v_0=\sqrt{\frac{k}{m}(x_m^2-x_0^2)}=\sqrt{\frac{50}{0,1}[(0,06)^2-(0,02)^2]}=1,26\,{}^{m}/_{s}$$

$\boxed{v_0=1,26\,{}^{m}/_{s}}$

Exercice 3

1°) L'équation différentielle

$$\sum\overrightarrow{F_{exe}}=m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P}+\vec{R}+\vec{T}=m\vec{a}$$



On fait la projection suivant l'axe $\overrightarrow{xx'}$ on trouve

$$-T=ma \Leftrightarrow -kx=ma \Rightarrow a+\frac{k}{m}x=0$$

$\Leftrightarrow x''+\frac{k}{m}x=0$ *équation différentielle caracterise le M.S.R admette une solution sous forme*

$$x=x_m cos(\omega t+\varphi)$$

2°) l'éxpression d'énergie mécanique

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\big(-\omega x_m sin(\omega t+\varphi)\big)^2 + \frac{1}{2}k\big(x_m cos(\omega t+\varphi)\big)^2$$

$$E_m = \frac{1}{2}m\omega^2 x_m^2 sin^2(\omega t+\varphi) + \frac{1}{2}kx_m^2 cos^2(\omega t+\varphi)$$

on sait que $\omega^2 = \frac{k}{m} \Longrightarrow m\omega^2 = k$

$$E_m = \frac{1}{2}kx_m^2 sin^2(\omega t+\varphi) + \frac{1}{2}kx_m^2 cos^2(\omega t+\varphi) = \frac{1}{2}kx_m^2\left(sin^2(\omega t+\varphi) + cos^2(\omega t+\varphi)\right)$$

on sait que $sin^2(\omega t+\varphi) + cos^2(\omega t+\varphi) = 1$ *Alors*

$$E_m = \frac{1}{2}kx_m^2 = cte$$

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$$

$\frac{dE_m}{dt} = 0 \Leftrightarrow mv'v + kx'x = 0$ *Avec* $v' = a = x''$ *et* $x' = v$

$\frac{dE_m}{dt} = 0 \Leftrightarrow mv'v + kx'x = mav + kvx = 0 \Leftrightarrow v(ma+kx) = 0$ $v \neq 0$ *Donc*

$$ma + kx = 0 \Longrightarrow a + \frac{k}{m}x = 0 \Leftrightarrow x'' + \frac{k}{m}x = 0$$

3°) l'équation horaire

$x = x_m cos(\omega t+\varphi)$ $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{16}{0{,}04}} = 20\, {}^{rd}/_{s}$

à $t = 0$ $x = 0 \Longrightarrow cos(\varphi) = 0 \Longrightarrow \begin{cases} \varphi = \frac{\pi}{2} \\ \varphi = -\frac{\pi}{2} \end{cases}$ *mais* $v = 1{,}4\, {}^{m}/_{s} > 0 \Longrightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}$

$$x_m \Longrightarrow \frac{v}{\omega} = \frac{1{,}4}{20} = 0{,}07m = 7cm$$

$$\boxed{x = 0{,}07cos\left(20t - \frac{\pi}{2}\right)}$$

4°) la valeur d'énergie mécanique.

$$E_m = \frac{1}{2}kx_m^2 = \frac{1}{2}.16.(0{,}07)^2 = 3{,}92.10^{-2}J$$

5°) l'expression des instants de passage par la position d'abscisse x = - 3,5cm

$$x = 0,07\cos\left(20t - \frac{\pi}{2}\right) = -3,5.10^{-2} \Rightarrow \cos\left(20t - \frac{\pi}{2}\right) = \frac{-3,5.10^{-2}}{0,07} = -0,5$$

$$\cos\frac{2\pi}{3} = -0,5$$

$$\cos\left(20t - \frac{\pi}{2}\right) = \cos\frac{2\pi}{3} \Leftrightarrow$$

$$20t - \frac{2\pi}{3} + 2k\pi \quad \frac{\pi}{2} = \frac{2\pi}{3} + 2k\pi \quad k \in Z \quad \Leftrightarrow 20t = \frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{3} + 2k\pi \quad k \in Z$$

$$20t = \frac{7\pi}{6} + 2k\pi \Rightarrow t = \frac{\frac{7\pi}{6} + 2k\pi}{20} = \frac{7\pi + 12k\pi}{120}$$

$$\boxed{t = \frac{7\pi + 12k\pi}{120}}$$

6°) Les abscisses où $E_C = 2E_p$

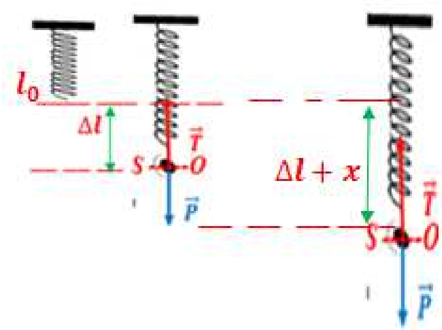
$$E_m = E_c + E_p = 2E_p + E_p = 3E_p \Rightarrow E_p = \frac{E_m}{3} \Leftrightarrow \frac{1}{2}kx^2 = \frac{E_m}{3} \Rightarrow x^2 = \frac{2E_m}{3k}$$

$$x = \pm\sqrt{\frac{2E_m}{3k}} = \pm\sqrt{\frac{2.3,92.10^{-2}}{3.16}} = \pm 0,04m = \pm 4cm$$

$$\boxed{x = \pm 0,04m = \pm 4cm}$$

Exercice 4

1°) Calcule la masse



à l'équilibre $\sum \overrightarrow{F_{exe}} = 0 \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{T} = 0$

On fait la projection suivant la verticale $P - T = 0$

$$mg - k\Delta l = 0 \Rightarrow mg = k\Delta l \Rightarrow m = \frac{k\Delta l}{g} = \frac{60.0,04}{10} = 0,24kg$$

$$\boxed{m = 0,24kg}$$

2°) Nature du mouvement et l'équation horaire

$$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$$

On fait la projection suivant l'axe $\overrightarrow{xx'}$ *on trouve*

$$P - T = ma \Leftrightarrow mg - k(x + \Delta l) = ma \Rightarrow mg - k(\Delta l + x) = ma \Rightarrow$$

$mg - k\Delta l - kx = ma$; $On\ a$ à $léquilibre\ mg - k\Delta l \Rightarrow -kx = ma$

$a + \frac{k}{m}x = 0 \Leftrightarrow x'' + \frac{k}{m}x = 0$ *équation différentielle caracterise le M.S.R admette une solution sous forme* $x = x_m cos(\omega t + \varphi)$

$x_m = 2cm = 2.10^{-2}m$; $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{60}{0,24}} = 15,81\ {}^{rd}/_{s}$ à $t = 0$; $x = x_m \Rightarrow \varphi = 0$

$$\boxed{x = 2.10^{-2}cos15,81t}$$

3.1°) L'expression de L'énergie potentielle

$$E_P = E_{P_e} + E_{P_P} = \frac{1}{2}k(\Delta l + x)^2 - mgx = \frac{1}{2}k\Delta l^2 + k\Delta l + \frac{1}{2}kx^2 - mgx$$

$$E_P = \frac{1}{2}k\Delta l^2 + \frac{1}{2}kx^2 - x(mg - k\Delta l)\ \ ;d'aprés\ l'équilibre\ \ mg - k\Delta l = 0$$

$$\boxed{E_P = \frac{1}{2}k\Delta l^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k(\Delta l^2 + x^2)}$$

3.2°) L'expression de L'énergie mécanique

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}k\Delta l^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}k\Delta l^2$$

$On\ sait\ que\ \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kx_m^2$ $(voir\ la\ démonstration$ à $la\ page\ 94)$

$$\boxed{E_m = \frac{1}{2}kx_m^2 + \frac{1}{2}k\Delta l^2}$$

3.3°) L'expression de L'énergie cinétique

$$E_C = E_m - E_P = \frac{1}{2}kx_m^2 + \frac{1}{2}k\Delta l^2 - \left(\frac{1}{2}k\Delta l^2 + \frac{1}{2}kx^2\right) = \frac{1}{2}kx_m^2 + \frac{1}{2}k\Delta l^2 - \frac{1}{2}k\Delta l^2 - \frac{1}{2}kx^2$$

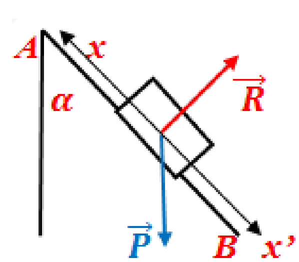
$$E_C = \frac{1}{2}kx_m^2 - \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k(x_m^2 - x^2)$$

$$\boxed{E_C = \frac{1}{2}k(x_m^2 - x^2)}$$

Exercice 5

1.1°) Calcule l'accélération

$$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$$



On fait la projection suivant l'axe du mouvement $\overrightarrow{xx'}$

$$P\cos\alpha = ma \Leftrightarrow mg\cos\alpha = ma \Rightarrow a = g\cos\alpha$$

AN: $\boxed{a = 10.0,4 = 4\,{}^{m}/_{s^2}}$

1.2°) Calcule la vitesse v_B

$$v_B^2 = 2aAB \Rightarrow v_B = \sqrt{2aAB} = \sqrt{2.4.2} = 4\,{}^{m}/_{s}$$

$$v_B = at_{AB} \Rightarrow t_{AB} = \frac{v_B}{a} = \frac{4}{4} = 1s$$

$\boxed{t_{AB} = 1s}$

2°) Le travail de la force f

$$\Delta E_c = \sum w_{Fexe} = \frac{1}{2}mv_B^2 = w_P + w_f \Rightarrow w_f = \frac{1}{2}mv_B^2 - w_P = \frac{1}{2}mv_B^2 - mgh =$$

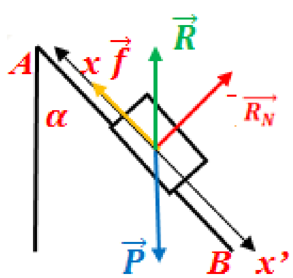
$$\frac{1}{2}mv_B^2 - mgAB\cos\alpha = \frac{1}{2}(0,2)(3)^2 - 0,2.10.2.0,4 = -0,7J$$

$\boxed{w_f = -0,7J}$

Déduction de f

$$w_f = -fAB \Rightarrow f = -\frac{w}{AB} = -\frac{-0,7}{2} = 0,35N$$

$\boxed{f = 0,35N}$ *Représentation de la réaction*

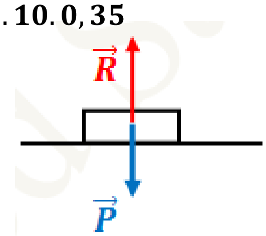


3°) Calcule La vitesse au point O

En appliquant T.E.C entre B et C

$$\frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = mgh' \Rightarrow v_C^2 = v_B^2 + 2gh' \Rightarrow v_C = \sqrt{v_B^2 + 2gh'} = \sqrt{9 + 2.10.0,35}$$

$$v_C = 4\,{}^{m}/_{s}$$



En appliquant R.F.D entre O et C $\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$

Projection de P suivant l'axe de mouvement est nulle et Projection de R suivant l'axe de mouvement est nulle Donc $ma = 0 \Longrightarrow a = 0 \Longrightarrow vitesse\ constante\ M.R.U$

$\boxed{v_O = v_C = 4\ ^m/_s}$

3.2°) L'énergie mécanique en point O

$$E_m = E_C + E_P = E_C = \frac{1}{2}mv_O^2 = \frac{1}{2}(0,2)(4)^2 = 1,6J$$

$\boxed{E_m = 1,6J}$

3.3°) L'expression de l'énergie mécanique et la valeur de x

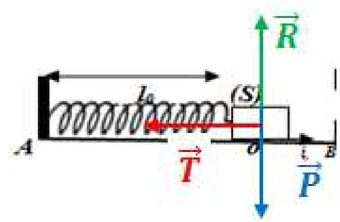
$E_m = E_C + E_P$ $(Si\ \ E_C = E_P)$ $Donc\ E_m = 2E_P = kx^2\ \ 1,6J$ $(E_m\ \ est\ conservée)$

$$E_m = kx^2 = 1,6 \Longrightarrow x^2 = \frac{1,6}{k} \Longrightarrow x = \sqrt{\frac{1,6}{k}} = \sqrt{\frac{1,6}{160}} = 0,1m = 10cm$$

$\boxed{x = 0,1m = 10cm}$

Exercice 6

$$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m\vec{a}$$



On fait la projection suivant l'axe $\overrightarrow{AB}$ *on trouve*

$$-T = ma \Leftrightarrow -kx = ma \Longrightarrow a + \frac{k}{m}x = 0$$

$\Leftrightarrow x'' + \frac{k}{m}x = 0$ *équation différentielle caracterise le M.S.R admette une solution sous forme*

$$x = x_m cos(\omega t + \varphi)$$

$$On\ a\ \ T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = T = 2\pi\sqrt{\frac{0,5}{20}} = 0,992s \approx 1s$$

$\boxed{T \approx 1s}$

2°) l'équation horaire

$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{1} = 2\pi\ ^{rd}/_s$ *à* $t = 0s$ $x = x_m = 8cm \Longrightarrow cos\varphi = 1 \Longrightarrow \varphi = 0$

$\boxed{x = 8.10^{-2}cos(2\pi t)}$

3°) Calcule la vitesse au point O

La vitesse est maximale au passage par la position d'équilibre

$$v_O = \omega x_m = 2\pi.8.10^{-2} = 0,5\,{}^{m}/_{s}$$

$$\boxed{v_O = 0,5\,{}^{m}/_{s}}$$

4°) La valeur de θ et la réaction R_C

En appliquant T.E.C entre B et C$\Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = \sum w = w_P + w_R = -mgr(1-cos\theta)$

$v_C = 0$ *car Le mobile s'arrête au point c* $\quad -\frac{1}{2}mv_B^2 = -mgr(1-cos\theta)$

$$\frac{v_B^2}{2gr} = 1 - cos\theta \Longrightarrow cos\theta = 1 - \frac{v_B^2}{2gr} = 1 - \frac{v_B^2}{2gr}$$

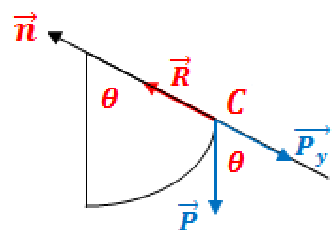
Le mouvement entre O et B le M.R.U $v_O = v_B = 0,5\,{}^{m}/_{s}$

$$cos\theta = 1 - \frac{v_B^2}{2gr} = 1 - \frac{(0,5)^2}{2.10.0,1} = 0,875 \Longrightarrow \theta \approx 29°$$

Calcule la réaction

$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$

On fait la projection suivant la normale $\vec{n}$

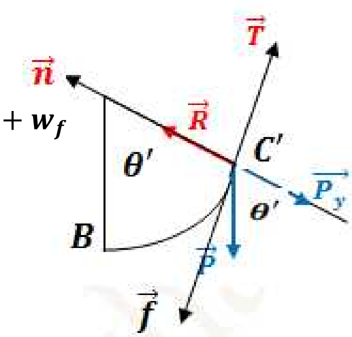


$$R_C - P_y = ma_N \Longrightarrow R_C = P_y + ma_N = mgcos\theta + m\frac{v_C^2}{r}$$

Le mobile s'arrête en C Alors $v_C = 0$

$$R_C = mgcos\theta = 0,5.10.0,875 = 4,375N$$

5°) Calcule la force de frottement f



En appliquant T.E.C entre B et C$\Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_{C'}^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = \sum w = w_P + w_R + w_f$

$v_{C'} = 0$ *car Le mobile s'arrête au point c'*

$$-\frac{1}{2}mv_B^2 = -mgr(1-cos\theta') - f\widehat{BC'}$$

$$f = \frac{\frac{1}{2}mv_B^2 - mgr(1-cos\theta')}{\widehat{BC'}} = \frac{\frac{1}{2}mv_B^2 - mgr(1-cos\theta')}{r.\alpha^{rd}}$$

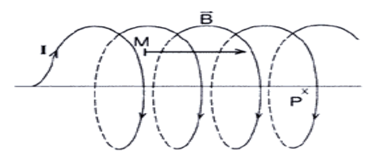
$$f = \frac{0,5.0,5(0,5)^2 - 0,5.10.0,1(1-cos25°)}{0,1.25\pi/180} = 0,36N$$

$$\boxed{f = 0,36N}$$

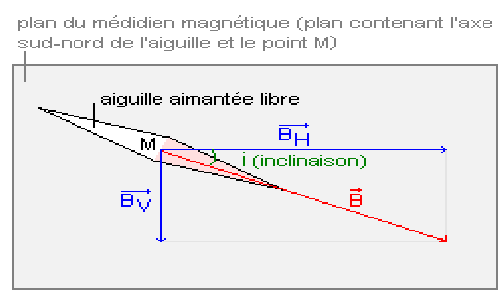
Chapitre 6 *Le solénoïde et le champ terrestre*

L'essentiel

Un aimant possède deux pôles un pôle nord N et un pôle sud S.
Un champ magnétique est crée soit par un aimant ou un courant ou la terre.
Les lignes de champ entrent par la face sud et sortent par la face nord.

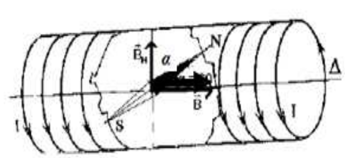


Les caractéristiques du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde :
Point d'application : centre de solénoïde.
Sens : donner par la règle de la main droite.
Direction : parallèle à l'axe du solénoïde.
Intensité : donnée par la relation $B = \mu_0 ni$ avec $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}SI$ n : nombre de spires par unité de longueur. $n = N/l$ ***: N : nombre de spires l : longueur du solénoïde et***
i : l'intensité du courant qui traverse le solénoïde.
Une aiguille aimantée placée dans un endroit isolé s'oriente dans la direction Nord-Sud.
Le champ magnétique terrestre est résultant de deux composantes :
Composante horizontale B_H et Composante verticale B_V.



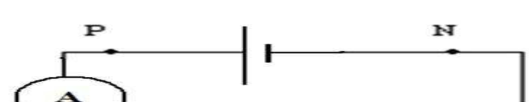
$B_R = \sqrt{B_H^2 + B_V^2}$ ***$Cos(i) = \frac{B_H}{B}$ avec (i)° angle d'inclinaison***
$B_H = 2.10^{-5}T$.

$tg = \frac{B_S}{B_H}$



Exercice 1

1. ***On dispose d'un solénoïde de 50 cm de long comportant 250 spires. Il est traversé par un courant d'intensité électrique I= 2.5 A. Déterminer l'intensité du champ magnétique généré au centre de ce solénoïde.***
2. ***Un autre solénoïde génère un champ magnétique B = 5mT, il est traversé par un courant d'intensité I = 2.5 A. Combien comporte t'il de spires par mètre ?***
3. ***Un solénoïde de 80 cm de long comporte 1500 spires par mètre. Il génère un champ magnétique B = 7,25mT, il est traversé par un courant d'intensité I. Déterminer la valeur de I.***
4. ***Déterminer la longueur d'un solénoïde comportant 1500 spires qui génère un champ B = 7.5 mT lorsqu'il est parcouru par un courant électrique d'intensité I = 3A.***
5. ***Le solénoïde est inséré dans un circuit électrique. Il est parcouru par un courant d'intensité I = 2 A. Représenter le spectre magnétique de ce solénoïde ainsi que des vecteurs champs magnétiques et des boussoles aux points A, B et C du schéma. Le champ magnétique généré par ce solénoïde est-il uniforme ?***



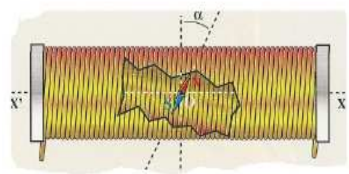
Exercice2

Déterminer les caractéristiques du champ magnétique crée au centre d'une bobine plate de N spires, de rayon R et parcourue par un courant I. Application numérique :
R=5cm, N = 100 et I=100mA

Exrecice3.

Une aiguille aimantée est disposée au point O à l'intérieur d'une bobine. En l'absence de courant électrique, la direction horizontale nord-sud de l'aiguille est perpendiculaire à l'axe xx' horizontal de la bobine. L'aiguille tourne d'un angle α=30° quand un courant d'intensité I circule dans la bobine

a) ***Quelle est en O la direction du champ magnétique terrestre?***
b) ***Déterminer le champ magnétique B_o créé par la bobine et le champ magnétique résultant B_R.***
c) ***Déterminer le sens du courant électrique dans la bobine. Quelle est la face nord de cette dernière?***
d) ***Quelle est la nouvelle valeur de l'angle "quand I'=2I?***



Exercice4

Un solénoïde comportant N = 1000 spires jointives a pour longueur L =80 cm. Il est parcouru par un courant d'intensité I.
1) Faire un schéma sur lequel vous représenterez :
- le spectre magnétique du solénoïde
- les faces Nord et Sud
- le vecteur champ magnétique au centre du solénoïde
2) Quelle est l'expression de l'intensité du champ magnétique au centre du solénoïde ?
A.N. Calculer B si I = 20 mA.
L'axe du solénoïde est placé perpendiculairement au plan du méridien magnétique. Au centre du solénoïde on place une petite boussole mobile au tour d'un axe vertical.
3) Quelle est l'orientation de la boussole pour I =0 ?
4) Quand le courant d'intensité I = 20 mA parcourt le solénoïde, la boussole tourne d'un angle α= 57,5°. En déduire l'intensité B_h de la composante horizontale du champ magnétique terrestre.

Exercice 5

On considère un solénoïde de longueur l=50Cm comportant N=200spires. L'axe XX' du solénoïde est horizontal et perpendiculaire au méridien magnétique. On fait passer dans le solénoïde un courant d'intensité I=50mA.

1-Déterminer les caractéristiques du champ Bs crée au centre de solénoïde.

2-Représenter les vecteurs Bs ; la composant horizontal B_H du champ terrestre et le champ magnétique résultant Br.

3-On place au centre du solénoïde une aiguille aimantée pouvant tourner autour d'un axe verticale. On constate qu'elle fait avec l'axe du solénoïde un angle α.

3-1-Calculer l'intensité du champ magnétique subi par l'aiguille.

3-2-Calculer l'angle α On donne B_H=2.10^{-5}T.

Les Solutions

Exercice 1

1°) L'intensité du champ magnétique

$$B = \mu_0.n.I = 4\pi.10^{-7}\frac{N}{l}I = 4\pi.10^{-7}\frac{250}{0,5}2,5 = 1,57.10^{-3}T$$

$\boxed{B = 1,57.10^{-3}T}$

2°) Nombre de spires par mètre

$$B = \mu_0.n.I \Rightarrow n = \frac{B}{\mu_0.I} = \frac{2,5.10^{-3}}{4\pi.10^{-7}.2,5} = 79,62\ spire/mètre$$

$\boxed{n = 79,62\ spire/mètre}$

3°) La valeur de I

$$B = \mu_0.n.I \Rightarrow I = \frac{B.l}{\mu_0.N} = \frac{7,25.10^{-3}}{4\pi.10^{-7}.1500} = 3,85A$$

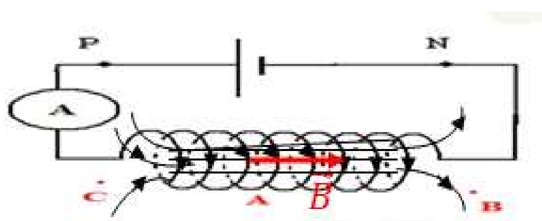
$\boxed{I = 3,85A}$

4°) La longueur du solénoïde

$$B = 4\pi.10^{-7}\frac{N}{l}I \Rightarrow l = 4\pi.10^{-7}\frac{N}{B}I = 4\pi.10^{-7}\frac{1500}{7,5.10^{-3}}.3 = 0,75m = 75cm$$

$\boxed{l = 0,75m = 75cm}$

5°) Représentation du spectre magnétique



Le champ magnétique généré par ce solénoïde est uniforme car les lignes du champ sont parallèles.

Exercice 2

Les caractéristiques du champ magnétique

- *Point d'application : centre de la bobine*
- *Direction : parallèle à l'axe de la bobine*
- *Sens : selon la règle de la main droite*

- *L'intensité : donnée par la relation* $B = \mu_0 . n . I = 4\pi . 10^{-7} \frac{N}{D} I = 4\pi . 10^{-7} \frac{N}{2R} I$

  AN :

  $B = 4\pi . 10^{-7} \dfrac{N}{2R} I = 4\pi . 10^{-7} \dfrac{100}{2.0{,}05} 0{,}1 = 12{,}56 . 10^{-5} T$

Exercice 3

A°) la direction du champ magnétique terrestre en O

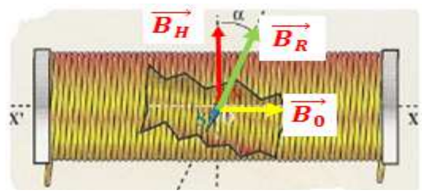
Une aiguille aimantée placée dans un endroit isolé s'oriente dans la direction Nord-Sud sous l'influence du champ magnétique terrestre

La direction du champ magnétique terrestre est perpendiculaire à l'axe $\overrightarrow{xx'}$

B°) le champ magnétique B_o

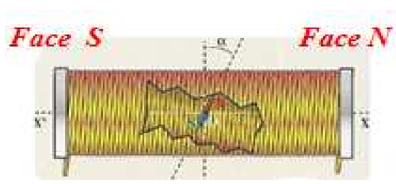
$tg\alpha = \frac{B_0}{B_H} \Longrightarrow B_0 = B_H . tg\alpha = 2.10^{-5} . tg30° = 2.10^{-5} . 0{,}57 = 1{,}14 . 10^{-5} T.$

$\boxed{B_0 = 1{,}14 . 10^{-5} T}$



C°) Le sens du courant électrique dans la bobine

Le champ magnétique est orienté suivant l'axe $\overrightarrow{x'x}$ *c'est-à-dire de gauche vers la droite, En appliquant la règle de la main droite on trouve que le courant est descendant dans la bobine.*



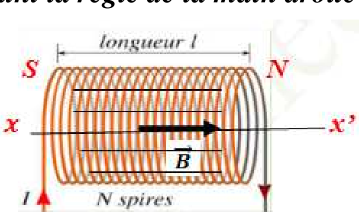
D°) la nouvelle valeur de l'angle α

$I' = 2I \Longrightarrow B' = 2B \Longrightarrow tg\alpha' = \frac{B'}{B_H} = \frac{2B}{B_H} = 2 . tg\alpha = 2.0{,}57 = 1{,}14 \Longrightarrow \alpha' = 48{,}8°$

$\boxed{\alpha' = 48{,}8°}$

Exercice 4

1°) Le schéma : Le courant est descendant dans le solénoïde en appliqunt la règle de la main droite on trouve le schéma suivant :



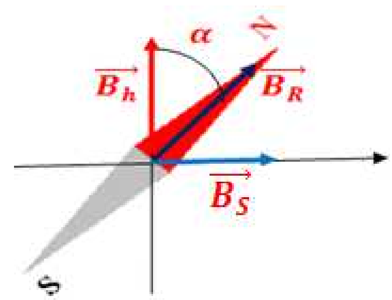
2°) L'expression de B $B = \mu_0 . n . I = 4\pi . 10^{-7} \frac{N}{l} I$

AN: $B = 4\pi.10^{-7}\frac{1000}{0,8}20.10^{-3} = 3,14.10^{-5}T$

3°) *L'orientation de la boussole*

En absence du courant la boussole s'oriente dans la direction Nord-Sud.

4°) *Calcule B_h*



$tg\alpha = \frac{B_S}{B_h} \Rightarrow B_h = \frac{B_S}{tg\alpha} = \frac{3,14.10^{-5}}{tg(57,5°)} = \frac{3,14.10^{-5}}{1,57}$

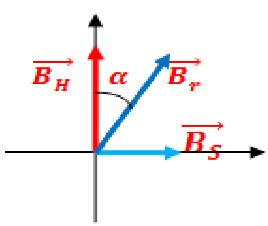
$\boxed{B_h = 2.10^{-5}T}$

Exercice 5

1°) *Les caractéristiques du champ magnétique*

- *Point d'application : centre du solénoïde*
- *Direction : parallèle à l'axe du solénoïde*
- *Sens : selon la règle de la main droite*
- *L'intensité : donnée par la relation* $B = \mu_0.n.I = 4\pi.10^{-7}\frac{N}{l}I$

2°) *Représentation les vecteurs $\vec{B_S}$; $\vec{B_H}$ et $\vec{B_r}$*



3.1°) *L'intensité du champ magnétique subi par l'aiguille*

$\vec{B_r} = \vec{B_S} + \vec{B_H} \Rightarrow B_r = \sqrt{B_S^2 + B_H^2}$ Or $B_S = 4\pi.10^{-7}\frac{N}{l}I = 4\pi.10^{-7}\frac{200}{0,5}50.10^{-3}$

$B_S = 2,5.10^{-5}T \Rightarrow B_r = \sqrt{(2,5.10^{-5})^2 + 2.10^{-5})^2} = 3,2.10^{-5}T$

$\boxed{Br = 3,2.10^{-5}T}$

3.2°) *Calcule α*

$tg\alpha = \frac{B_h}{B_s} = \frac{2.10^{-5}}{2,5.10^{-5}} = 0,8 \Rightarrow \alpha = 38,6°$

$\boxed{\alpha = 38,6°}$

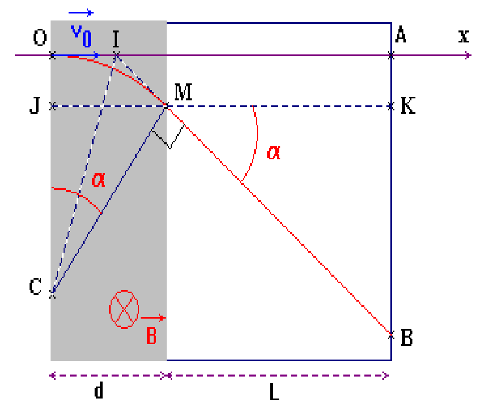
Chapitre 7 : Force de Lorentz (champ magnétique 2ème partie)

** Force de Lorentz*

Une charge q qui se déplace avec une vitesse v dans un champ magnétique subit à une force magnétique appelée force de Lorentz donnée par :

$$\vec{F} = q\,\vec{v} \wedge \vec{B}$$

**Caractéristiques de la force de Lorentz :*



- *Point d'application : la particule.*
- *Direction : perpendiculaire au plan défini par v et B*
- *Sens : déterminer par la règle de la main droite.*
- *Norme : $F = q.v.B.\sin(\vec{v},\vec{B})$*

** Remarques :*

1. *Si V_0 et B sont parallèles alors F = 0*
2. *Si v et B sont orthogonaux alors $\sin(\vec{v},\vec{B}) = 1$ et $F = q.v.B$.*

Nature du mouvement :

$$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Longrightarrow \vec{F} = m\vec{a} = q\vec{v}\wedge\vec{B} = m\vec{a} \Longrightarrow \vec{a} = \frac{q\vec{v}\wedge\vec{B}}{m}$$

On fait la projection suivant la tangente :

$$a_t = 0 \Longrightarrow \frac{dv}{dt} = 0 \Longrightarrow M.U$$

On fait la projection suivant la normale :

$$a_n = \frac{V^2}{r} = \frac{qVB}{m} \Longrightarrow r = \frac{mV}{qB} = Cte \;\; M.C$$ *Alors le mouvement est M.U.C*

Expression de vitesse linaire, vitesse angulaire $\quad v = \frac{qrB}{m} \;\; ; \;\; \omega = \frac{V}{r}$

Déflexion ou déviation magnétique $\quad Sin(\alpha) = \frac{d}{r}$ *ou* $tg(\alpha) = \frac{Y_B}{L}$ *(d<<L)*

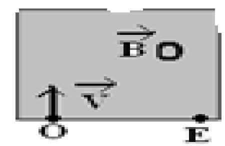
** Nature du mouvement à la sortie du champ :*

L'influence de F est disparue $\Longrightarrow a = 0 \Longrightarrow$ *M.R.U.*

- *N.B Si α très petit* $\sin(\alpha) \approx tg(\alpha) \approx \alpha^{rd}$

Exercice1

Un proton préalablement accéléré, et possédant une vitesse $\vec{V}$ verticale, pénètre en O dans une région où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ horizontal. . Une plaque P est placée dans le plan horizontal de O. Après avoir décrit un demi-cercle, le proton arrive en un point E de la plaque.



1- Indiquer le sens du champ magnétique $\vec{B}$ sur la figure.

2 -Indiquer la nature du mouvement et de la trajectoire du proton dans le champ magnétique.

La période du mouvement dépend-elle de la masse de la particule ?

3 - Calculer le temps mis par le proton pour atteindre la plaque ? Quelle est la vitesse du proton en arrivant en E ?

On donne $B = 0,1T$; $V= 3.10^5 m/s$

Exercice 2

Un électron pénètre dans un champ magnétique de longueur d=1,5cm par une vitesse horizontale V_0 comme indique la figure

1- Indiquer le sens du champ magnétique $\vec{B}$ sur la figure.

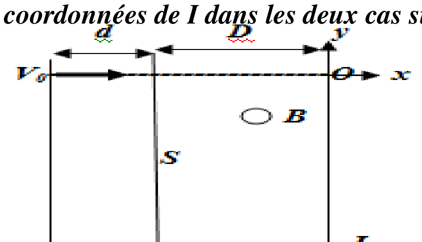
2-Indiquer la nature du mouvement et de la trajectoire d'électron dans le champ magnétique.

3-Calculer la valeur de V_0 sa chant que $r = 3cm$; $B= 3,2.10^{-5}T$; $m =9,1.10^{-31}kg$. $e=1,6.10^{-19}$ C.

4-Représenter F en S ; Calculer la déviation angulaire.

5-Déterminer la nature de mouvement après le point de sortie S.

6-Un écran E posé à D=30cm du champ magnétique déterminer les coordonnées de I dans les deux cas suivant :



a- d est négligeable devant D.
b- d n'est pas négligeable D.

Exercice 3

Un proton de charge q pénètre au point A dans la région 1 de largeur l où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ avec la vitesse horizontale $\vec{V}_0$ (fig).

1.1 -Déterminer le sens de $\vec{B}$ pour que le proton sort du champ magnétique au point O. (faire un schéma clair).

1.2 -Montrer que le mouvement du proton est un mouvement circulaire uniforme et donner l'expression du rayon R de la trajectoire.

1.3 -Placer sur le schéma l'angle de déviation angulaire α et calculer sa valeur.

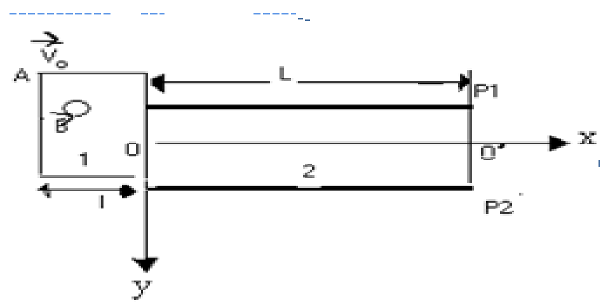
1.4- Préciser les caractéristiques du vecteur vitesse au point de sortie O.

2 - A la sortie de la région 1 , le proton pénètre dans la région 2 où règne un champ électrique uniforme $\vec{E}$ qui existe entre deux plaques P_1 et P_2 distantes de d et de longueur L .

2.1 -Déterminer le signe de la tension $U = V_{P1} – V_{P2}$ pour que le proton passe par le point O'.

2.2- Etablir l'équation de la trajectoire du mouvement du proton dans la région 2.

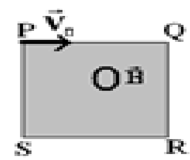
2.3- Trouver les coordonnées du point le plus bas C de la trajectoire sachant que le proton n'atteint pas la plaque P_2:$V_0 = 10^6$ m/s ; B = 0,2 T ; E = 10^5 V/m ; l=2,6cm ; $m_P = 1,67.10^{-27}$ kg ; e=$1,6.10^{-19}$ C.



Exercice 4

Des particules pénètrent dans un champ magnétique après avoir été accélérées par un champ électrique à partir d'une vitesse négligeable. Dans le carré PQRS de 5cm de coté, le champ magnétique $\vec{B}$ orthogonal au plan du carré est constant d'intensité 2,5T. A la sortie du champ électrique, les particules entre en P dans le champ magnétique avec une vitesse $\vec{V_0}$ colinéaire à $\overrightarrow{PQ}$ (voir fig).

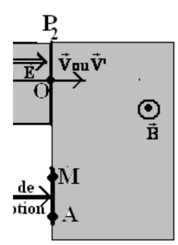
1 - les particules sont des noyaux d'hélium He^{2+}.



1.1- Préciser le sens de $\vec{B}$ pour que les particules parviennent en R. Déterminer la nature de la trajectoire des particules entre P et R.

1.2- Déterminer la valeur du vecteur vitesse $\vec{V_0}$ d'injection des particules en P dans le champ magnétique et préciser les caractéristiques de leur vecteur vitesse au point R. Calculer la valeur de la tension accélératrice U nécessaire pour obtenir V_0. On donne : $m_{He^{2+}} = 6,64.10^{-27}$ kg

2- Les particules sont des noyaux de lithium Li^+ mélange d'isotopes $^6Li^+$ et $^7Li^+$ de masses respectives m et m'. Les ions entrent en P avec les vitesses respectives V et V'. La tension accélératrice régnant entre deux plaques P_1 et P_2 est $U' = V_{P_1} - V_{P_2}$.(voir fig).



2.1- Etablir la relation $\dfrac{V}{V'} = \sqrt{\dfrac{m'}{m}}$.

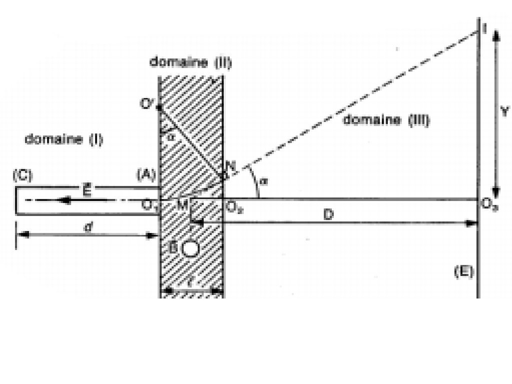
2.2- Les ions Li^+ pénètrent en P dans un champ magnétique uniforme $\vec{B'}$ orthogonal au plan du schéma et parviennent dans la zone de réception indiquée sur la fig .

Exprimer la distance MA entre les traces des deux types d'ions à leur arrivée dans la zone de réception en fonction de B' m, m', U' et de la charge élémentaire e. Calculer MA.

Données : $U' = 10^4 V; B' = 0,2T; m = 6x1,67.10^{-27} kg; m' = 7x1,67.10^{-27} kg$ et $e = 1,6.10^{-19} C$

Exercice 5

D = 40 cm ; ℓ = 1 cm ; d = 10 cm ; m = $9,1.10^{-31}$ kg ; E = 5.10^4 V/m



Dans tout l'exercice, on négligera le poids de l'électron devant les

autres forces qui agissent sur lui.

Des électrons de masse m et de charge q sont émis sans vitesse initiale par la cathode (C). Ils subissent sur la longueur d, l'action du champ électrique uniforme E.

a) Quelle est la nature du mouvement de l'électron entre la cathode (C) et l'anode (A)?

b) Que vaut la vitesse v_0 d'un électron au point O_1 ?

2. Arrivés en O_1, les électrons subissent sur la distance l l'action d'un champ magnétique uniforme B perpendiculaire au plan de la figure (le domaine où règne ce champ B est hachuré). Quel doit être le sens du vecteur B pour que les électrons décrivent l'arc de cercle O_1N? Justifier la réponse.

Établir l'expression du rayon $R = O'O_1 = O'N$ de cet arc de cercle. A.N: Calculer R pour

$B = 2.10^{-3}$ T.

3. Quelle est la nature du mouvement de l'électron dans le domaine III où n'existe aucun champ ?

4. Le domaine III est limité par un écran (E) sur lequel arrivent les électrons. Exprimer en fonction de m, e, B, D, ℓ et V_0 la déflexion magnétique $O_3I = Y$ subie par un électron à la traversée du système II+III.

La droite IN coupe l'axe O_1O_2 au point M. L'écran E est à la distance D de ce point M. On fera les hypothèses simplificatrices suivantes :

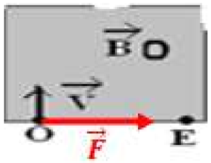
- dans le domaine II de l'espace, on peut confondre la longueur de l'arc avec la longueur $O_1O_2 = \ell$ où règne le champ B

- on supposera que la déviation angulaire est faible. Sachant que Y= 3,35 cm, retrouver la valeur v_0 de la vitesse de l'électron au point O_1.

Les solutions

Exercice 1

1°) Le sens de B



En appliquant la règle de la main droite on trouve que $\vec{B}$ est sortant.

2°) Nature du mouvement :

$$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m\vec{a} = q\vec{v}\wedge\vec{B} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{q\vec{v}\wedge\vec{B}}{m}$$

On fait la projection suivant la tangente : $\overrightarrow{a_T}$ perpendiculaire à la fois à $\vec{v}$ et $\vec{B}$ à chaque instante

$$a_T = 0 \Rightarrow \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = cte \quad Donc\ M.U$$

On fait la projection suivant la normale :

$$a_n = \frac{V^2}{r} = \frac{qVB}{m} \Rightarrow r = \frac{mV}{qB} = Cte\ \ M.C \qquad \text{Alors le mouvement est } M.U.C$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}\ \ Or\ \ \omega = \frac{v}{r}\ \ ;\ \ T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi\frac{mV}{qB}}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

La période du mouvement dépend de la masse de la particule.

3°) Le temps mis par le proton

Le proton décrit un demi-cercle $\theta = \pi$

On sait pour le mouvement circulaire uniforme l'équation horaire est $\theta = \omega t + \theta_0$

$$t = \frac{\theta - \theta_0}{\omega} = \frac{\theta}{\omega} = \frac{\theta.T}{2\pi} = \frac{\theta.\frac{2\pi m}{qB}}{2\pi} = \frac{\theta m}{qB} = \frac{\pi.1,67.10^{-27}}{1,6.10^{-19}.0,1} = 3,27.10^{-7}S$$

$$\boxed{t = 3,27.10^{-7}S}$$

Le mouvement est M.U.C la vitesse est constante $\quad v_E = v = 3.10^5 m/S$

$$\boxed{v_E = v = 3.10^5 m/S}$$

Exercice 2

1°) Le sens de B

En appliquant la règle de la main droite on trouve que B est rentrant.

2°) Nature du mouvement :

$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m\vec{a} = q\vec{v}\wedge\vec{B} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{q\vec{v}\wedge\vec{B}}{m}$

On fait la projection suivant la tangente : $\overrightarrow{a_T}$ *perpendiculaire à la fois à* $\vec{v}$ *et* $\vec{B}$ *à chaque instante*

$a_T = 0 \Rightarrow \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = cte$ **Donc M.U**

On fait la projection suivant la normale :

$a_n = \frac{{v_0}^2}{r} = \frac{qv_0B}{m} \Rightarrow r = \frac{mv_0}{qB} = Cte$ *M.C* *Alors le mouvement est M.U.C*

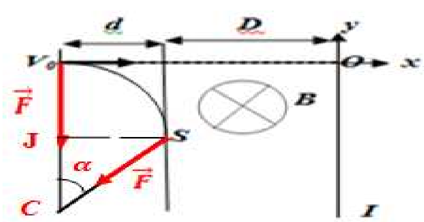
Le trajet est circulaire car r = cte

3°) Calcule v_0

$r = \frac{mv_0}{qB} \Rightarrow v_0 = \frac{rqB}{m} = \frac{3.10^{-2}.1,6.10^{-19}.3,2.10^{-5}}{9,1.10^{-31}} = 1,68.10^5 m/s$

$\boxed{v_0 = 1,68.10^5 m/s}$

4°) Représentation de F et calcule la déviation angulaire



$\sin\alpha = \frac{JS}{CS} = \frac{d}{r} = \frac{1,5}{3} = 0,5 \Rightarrow \alpha = 30°$

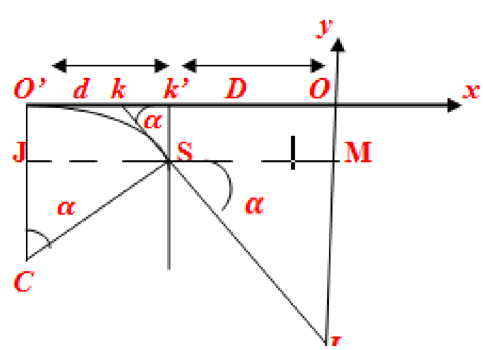
$\boxed{\alpha = 30°}$

5°) Nature du mouvement à la sortie du champ :

L'influence de F est disparue $\Rightarrow a = 0 \Rightarrow$ *M .R.U.*

6°) Les coordonnées de I

6.a°) d est négligeable devant D



$x_I = O'O = O'k' + k'O = d + D \approx D = 30cm$

$y_I = Ok.tg\alpha = (kk' + D)tg\alpha$; *kk' aussi négligeable devant D*

$$y_I = D.tg\alpha = 0,3.0,57 = 0,173m = 17,3cm$$

6.b°) d n'est pas négligeable devant D

$$x_I = O'O = O'k' + k'O = d + D = 1,5 + 30 = 31,5cm$$

$$y_I = Ok.tg\alpha = (kk' + D)tg\alpha$$

D'après le triangle kk'S $tg\alpha = \frac{k'S}{kk'} \Longrightarrow kk' = \frac{k'S}{tg\alpha}$ *d'autre part*

$$k'S = O'J = O'C - JC = r - r\cos\alpha = r(1 - \cos\alpha) = 0,03(1 - 0,86) = 0,004m$$

$$kk' = \frac{0,004}{0,57} = 0,007m = 0,7cm$$

$$y_I = (kk' + D)tg\alpha = (0,007 + 0,3).tg30° = 0,177m$$

2ème méthode pour calcule y_I

$y_I = OM + MI$; OM = $O'J$ et D'après le triangle SMI $tg\alpha = \frac{MI}{MS} \Longrightarrow$

MI = MS. $tg\alpha = D.tg\alpha = 0,3.0,57 = 0,173m$

$$O'J = O'C - JC = r - r\cos\alpha = r(1 - \cos\alpha) = 0,03(1 - 0,86) = 0,004$$

$$y_I = 0,004 + 0,173 = 0,177m$$

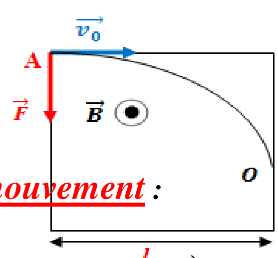
Exercice 3

1°) Le sens du B

Pour que le proton sorte du point O la force elle doit orienter vers le bas

En appliquant la règle de la main droite on trouve que $\vec{B}$ est sortant

Le schéma



1.2°) Nature du mouvement :

$$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Longrightarrow \vec{F} = m\vec{a} = q\vec{v}\wedge\vec{B} = m\vec{a} \Longrightarrow \vec{a} = \frac{q\vec{v}\wedge\vec{B}}{m}$$

On fait la projection suivant la tangente : $\overrightarrow{a_T}$ *perpendiculaire à la fois à $\vec{v}$ et $\vec{B}$ à chaque instante*

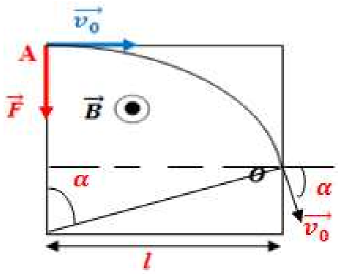
$a_T = 0 \Longrightarrow \frac{dv}{dt} = 0 \Longrightarrow v = cte$ *Donc M.U*

On fait la projection suivant la normale :

$a_n = \frac{{v_0}^2}{r} = \frac{qv_0B}{m} \Rightarrow r = \frac{mv_0}{qB}$ = *Cte M.C* *Alors le mouvement est M.U.C*

$\boxed{r = \frac{mv_0}{qB}}$

1.3°) Représentation de α et calcule sa valeur



$\sin\alpha = \frac{l}{r} = \frac{l}{\frac{mv_0}{qB}} = \frac{lqB}{mv_0} = \frac{2{,}6.10^{-2}.1{,}6.10^{-19}.0{,}2}{1{,}67.10^{-27}.10^{6}} \approx 0{,}5 \Rightarrow \alpha = 30°$

$\boxed{\alpha = 30°}$

1.4°) Les caracteristiques de vitesse au point de sortie O

*** Point d'application :** *le point O*

*** Direction** : *Oblique*

*** Sens** : *vers le bas*

*** Valeur** : $v = v_0 = 10^6 m/s$

2.1°) Le signe de U

Pour que le proton sorte de point O' il faut charger la plaque P_2 positivement et P_1 négativement

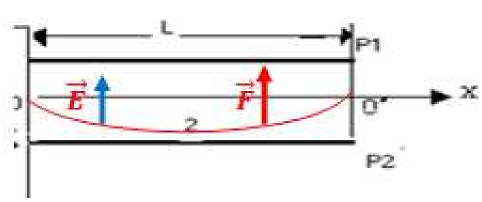
Alors $U = U_{P_1} - U_{P_2}$ *sera négative* $\Leftrightarrow U < 0$

2 .2°) Equation de la trajectoire

En appliquant la R.F.D

$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{q\vec{E}}{m}$

Après la projction suivant les axes : $\overrightarrow{ox}$ *et* $\overrightarrow{oy}$



Condition initiale

$$\overrightarrow{OG}\begin{cases}x_0 = 0\\ y_0 = 0\end{cases}\quad \vec{V}\begin{cases}V_{0x} = v_0 cos\alpha\\ V_{0y} = v_0 sin\alpha\end{cases}\quad \vec{a}\begin{cases}a_x = 0\\ a_y = -\frac{qE}{m}\end{cases}$$

Les équations horaires

Sur $\overrightarrow{Ox}$: $a_x = 0 \Longrightarrow v = Cte \Longrightarrow$ M.R.U $\Longrightarrow$ $x = v_0 cos\alpha t$

Sur $\overrightarrow{Oy}$: $a_y = -\frac{qE}{m} = Cte \Longrightarrow v \neq Cte \Longrightarrow$ M.R.U $\Longrightarrow$
$$\begin{cases}a_y = -\frac{qE}{m}\\ v_y = -\frac{qE}{m}t + v_0 sin\alpha\\ y = -\frac{qE}{2m}t^2 + v_0 sin\alpha t\end{cases}$$

Equation de trajectoire :

$$\begin{cases}t = \dfrac{x}{v_0 cos\alpha}\\ y = -\dfrac{qE}{2m}\left(\dfrac{x}{v_0 cos\alpha}\right)^2 + v_0 sin\alpha \dfrac{x}{v_0 cos\alpha} = -\dfrac{qE}{2mv_0^2 cos^2\alpha}x^2 + xtg\alpha\end{cases}$$

$$\boxed{y = -\frac{qE}{2mv_0^2 cos^2\alpha}x^2 + xtg\alpha}$$

2.3°) Les coordonnées du point le plus bas

à ce point la vitesse est nulle $v_y = -\frac{qE}{m}t + v_0 sin\alpha = 0 \Rightarrow t = \frac{mv_0 sin\alpha}{qE}$

$$x = v_0 cos\alpha.\frac{mv_0 sin\alpha}{qE} = \frac{mv_0^2 sin2\alpha}{2qE} = \frac{1{,}67.10^{-27}.10^{12}.0{,}86}{2.1{,}6.10^{-19}.10^5} = 0{,}044m \qquad (sin2\alpha = 2sin\alpha cos\alpha)$$

$$\boxed{x = 0{,}044m}$$

$$y = -\frac{qE}{2m}\left(\frac{mv_0 sin\alpha}{qE}\right)^2 + v_0 sin\alpha\frac{mv_0 sin\alpha}{qE} = -\frac{mv_0^2 sin^2\alpha}{2qE} + \frac{mv_0^2 sin^2\alpha}{qE} = \frac{mv_0^2 sin^2\alpha}{2qE}$$

$$y = \frac{mv_0^2 sin^2\alpha}{2qE} = \frac{1{,}67.10^{-27}.10^{12}.0{,}25}{2.1{,}6.10^{-19}.10^5} = 0{,}013m$$

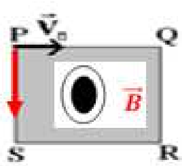
$$\boxed{y = 0{,}013m}$$

Exercice 4

1.1°) Le sens du B

Pour que la particule sorte du point O la force elle doit orienter vers le bas

En appliquant la règle de la main droite on trouve que $\vec{B}$ est sortant



Nature du mouvement :

$$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m\vec{a} = q\vec{v}\wedge\vec{B} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{q\vec{v}\wedge\vec{B}}{m}$$

On fait la projection suivant la tangente : $\overrightarrow{a_T}$ perpendiculaire à la fois à $\vec{v}$ et $\vec{B}$ à chaque instante

$$a_T = 0 \Rightarrow \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = cte \quad Donc\ M.U$$

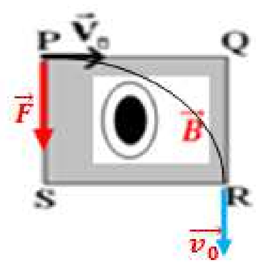
On fait la projection suivant la normale :

$$a_n = \frac{{v_0}^2}{r} = \frac{qv_0B}{m} \Rightarrow r = \frac{mv_0}{2eB} = Cte\ \ M.C \qquad \text{Alors le mouvement est } M.U.C$$

1.2 La valeur de la vitesse en P

$$v_0 = \frac{2eBr}{m} = \frac{2.1{,}6.10^{-19}.2{,}5.5.10^{-2}}{6{,}64.10^{-27}} = 6{,}02.10^6 m/s$$

Les caracteristiques de vitesse au point de sortie R



* Point d'application : le point R

* Direction : Verticale

* Sens : vers le bas

* Valeur : $v = v_0 = 6{,}02.10^6 m/s$

Calcule la tension

$$v_0 = \frac{2eBr}{m} \Leftrightarrow \sqrt{\frac{4eU}{m}} = \frac{2eBr}{m} \Leftrightarrow \frac{4eU}{m} = \left(\frac{2eBr}{m}\right)^2 = \frac{4eU}{m} = \frac{4e^2B^2r^2}{m^2}$$

$$\Rightarrow U = \frac{eB^2r^2}{m} \Rightarrow U = \frac{1{,}6.10^{-19}(2{,}5)^2(5.10^{-2})^2}{6{,}64.10^{-27}} = 376506v = 0{,}37Mv\ ???$$

2.1°) La relation $\frac{v}{v'} = \sqrt{\frac{m'}{m}}$

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \quad Et \quad v' = \sqrt{\frac{2eU}{m'}} \Leftrightarrow \frac{v}{v'} = \frac{\sqrt{\frac{2eU}{m}}}{\sqrt{\frac{2eU}{m'}}} = \sqrt{\frac{m'}{m}}$$

$$\boxed{\frac{v}{v'} = \sqrt{\frac{m'}{m}}}$$

2.2°) Calcule la distance MA

$$MA = OA - OM = 2(R' - R) = 2\left(\frac{m'v'}{eB'} - \frac{mv}{eB'}\right) = \frac{2}{eB'}(m'v' - mv)$$

$$MA = \frac{2}{eB'}\left(m'.\sqrt{\frac{2eU'}{m'}} - m.\sqrt{\frac{2eU'}{m}}\right) = \frac{2}{eB'}\left(\sqrt{2eU'm'} - \sqrt{2eU'm}\right) = \frac{1}{B'}\sqrt{\frac{8U'}{e}}\left(\sqrt{m'} - \sqrt{m}\right)$$

AN: $MA = \frac{1}{0,2}\sqrt{\frac{8.10^4}{1,6.10^{-19}}}\left(\sqrt{7.1,67.10^{-27}} - \sqrt{6.1,67.10^{-27}}\right) = 0,028m = 2,8cm$

$$\boxed{MA = 2,8cm}$$

Exercice 5

A°) La nature du mouvement

$$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m\vec{a} \Leftrightarrow q\vec{E} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m} \; avec \;\; E = cte \Rightarrow a = cte \Rightarrow M.R.U.V$$

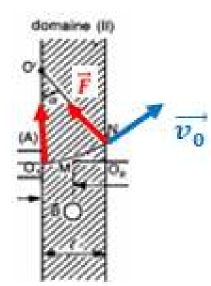
B°) Détermination la valeur de v_0

En appliquant T.E.C entre le cathode et l'anode $\frac{1}{2}mv_0^2 = qU = q\frac{E}{d} \Rightarrow v_0^2 = \frac{2qE}{md} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2qE}{md}}$

AN: $v_0 = \sqrt{\frac{2.1,6.10^{-19}.5.10^4}{9,1.10^{-31}.0,1}} = 4,18.10^8 m/s$

$$\boxed{v_0 = 4,18.10^8 m/s}$$

2°) Le sens du vecteur $\vec{B}$



En appliquant la règle de la main droite on trouve que $\vec{B}$ est sortant (q<0)

$$\sum \overrightarrow{F_{exe}} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m\vec{a} = q\vec{v_0}\wedge\vec{B} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{q\vec{v_0}\wedge\vec{B}}{m}$$

On fait la projection suivant la normale :

$$a_n = \frac{v_0{}^2}{R} = \frac{qv_0B}{m} \Longrightarrow R = \frac{mv_0}{qB} = \frac{9{,}1.10^{-31}.4{,}18.10^8}{1{,}6.10^{-19}.2.10^{-3}} = 1{,}18m$$

$\boxed{R = 1{,}18m}$

3°) Nature du mouvement

L'influence de F est disparue dans cette zone a = 0m/s² $\Longrightarrow M.R.U$

4°)

$$sin(\alpha) = \frac{l}{r} = \frac{l.q.B}{m.v_0} = \frac{10^{-2}.1{,}6.10^{-19}.2.10^{-3}}{9{,}1.10^{-31}.4{,}18.10^8} = 0{,}084 \Longrightarrow \alpha = \approx 4{,}8$$

α *très petite* $sin(\alpha) \approx tg(\alpha) \approx \alpha^{rd}$

$$tg(\alpha) = \frac{y}{D} = \frac{l}{r} = \frac{l.q.B}{m.v_0} \Longrightarrow y = \frac{D.l.q.B}{m.v_0}$$

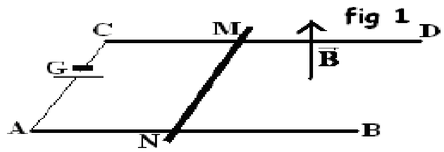
$$\boxed{y = \frac{D.l.q.B}{m.v_0}}$$

$$v_0 = \frac{D.l.q.B}{m.y} = \frac{40.10^{-2}.10^{-2}.1{,}6.10^{-19}.2.10^{-3}}{9{,}1.10^{-31}.3{,}35.10^{-2}} = 4{,}18.10^8\, {}^{m}/_{s}$$

$\boxed{v_0 = 4{,}18.10^8\, {}^{m}/_{s}}$

Chapitre 8 Laplace et l'induction magnétique

Force de Laplace *F = ilB*



- *Si B // I ou I=0 ou B = 0 => F = 0*

Le flux magnétique ϕ

$\phi = NBSCOS(\alpha)$; *ϕ : s'exprime en weber*

La force électromotrice induite (f.e.m) : $e = -\frac{d\phi}{dt}$

- **intensité du courant induit** $i = \frac{e}{R_{total}} = -\frac{1}{R_T}\frac{d\phi}{dt} = \begin{cases} -\frac{BlV}{R_T} & si\ \Delta\phi > 0 \\ \frac{BlV}{R_T} & si\ \Delta\phi < 0 \end{cases}$

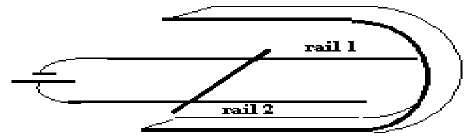
*NB : * $\Delta\phi < 0 \Rightarrow i > 0 \Rightarrow e > 0$*

** $\Delta\phi > 0 \Rightarrow i < 0 \Rightarrow e < 0$*

Exercice 1

Deux rails conducteurs rectilignes sont disposés horizontalement comme indiqué sur la figure. Ils sont distants de L=10 cm. Une tige de cuivre de masse m=20 g est libre de se déplacer sur ces deux rails et assure le contact électrique. L'ensemble est placé à l'intérieur d'un aimant en U qui crée un champ magnétique uniforme B vertical et de valeur B=100 mT.

1-Si la tige est parcourue par un courant I, elle se déplace de la gauche vers la droite. Représenter et nommer la force responsable de ce déplacement.



2-Indiquer le sens du courant sur le schéma puis en déduire le sens du champ magnétique dans l'aimant.

3-Calculer la valeur de la force F lorsque I=2 A.

4-A l'instant t=0, la tige est placée à l'extrémité gauche des rails et le circuit est fermé. Faire l'inventaire des forces agissant sur la tige et les représenter sur un schéma. Les forces de frottements seront notées f.

5-On s'intéresse à la phase d'accélération pendant laquelle la tige parcourt 2,0 cm de rail. La force F=0,02 N et on peut négliger les frottements. Calculer le travail de chacune des forces pendant cette phase.

6-Quelle est la variation d'énergie cinétique pendant cette phase ?

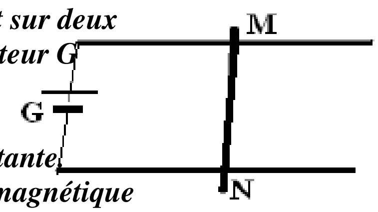
7-En déduire la vitesse de la tige à la fin de cette phase d'accélération.

8-Que vaut la variation d'énergie potentielle de pesanteur lors de cette accélération ?

9-Après avoir accéléré, on ne peut plus négliger les forces de frottements et la tige possède alors une vitesse constante. En déduire la valeur de la force f de frottements.

Exercice 2

Une barre de longueur MN l=20cm et de masse m=30g peut glisser sans frottement sur deux rails parallèles et horizontaux de résistance négligeable qui sont reliés à un générateur G (voir fig).Le générateur G a une f.e.m E=1,5V et une résistance interner=0,5Ω; la barre MN a une résistance R=0,5Ω.



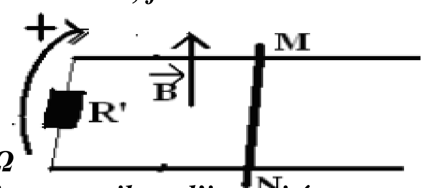
L'ensemble est plongé dans un champ magnétique dont l'intensité B=1T reste constante.

1 Déterminer, dans chacun des cas suivants, les caractéristiques de la force électromagnétique exercée sur la barre en précisant chaque fois si cette force peut la faire glisser sur les rails ; faire un schéma dans chaque cas et calculer l'accélération du mouvement.

1.1 B est vertical et ascendant.

1.2 B est horizontal, perpendiculaire à MN et dirigé de gauche vers la droite.

1.3 B est horizontal et parallèle à MN.



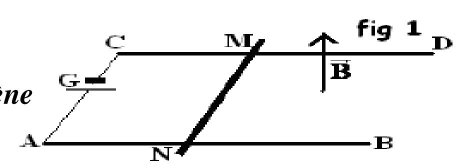
2- Le générateur est remplacé par un conducteur ohmique de résistance R'=0,5Ω le circuit formé est placé dans un champ magnétique uniforme B perpendiculaire aux rails et d'intensité B=1T (fig 2). A l'instant de date t=0s, la surface du circuit est S_0 et la barre commence à se déplacer de droite vers la gauche avec une vitesse constante V.

2.1 Etablir l'expression du flux magnétique à travers le circuit à une date t quelconque.

2.2 La valeur de la vitesse de déplacement de la barre est V=1m/s ; Calculer la f.e.m induite, l'intensité du courant induit dans le circuit et préciser son sens. Montrer que ce sens vérifie la loi de Lenz.

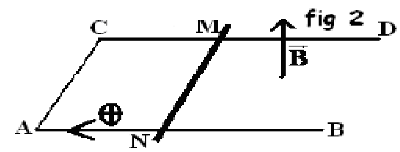
3- On déplace maintenant la barre MN initialement immobile de gauche vers la droite d'un mouvement accéléré d'accélération a=0,4m/s² entre les instants t_1 =0s et t_2 =1s puis d'un mouvement uniforme avec la vitesse acquise à la date t_2. Etablir l'expression du courant induit dans le circuit en fonction du temps t dans les deux phases.

Exercice 3



Dans l'exercice on néglige le champ magnétique terrestre. Le phénomène

d'induction est également négligé sauf dans la quatrième question.
Un circuit électrique comporte : Un générateur G
-Deux rails métalliques AB et CD horizontaux et parallèles de résistances négligeables.
- Une tige métallique MN horizontale de longueur l=10 cm et de masse m=10 g.
Le circuit est soumis à un champ magnétique uniforme dont le vecteur B qui reste toujours perpendiculaire au plan des rails a pour intensité B=0,8 T.
Lorsqu'on ferme le circuit, le générateur débite un courant d'intensité constante I=0,5A et la tige commence à se déplacer tout en restant perpendiculaire aux rails.
1 Déterminer les caractéristiques de la force électromagnétique F qui déplace la tige.
2 Quelle est la nature du mouvement de la tige ? Sachant qu'on ferme l'interrupteur à t=0 alors que la tige est immobile, écrire l'équation de ce mouvement.
3 De quel angle α et dans quel sens faut-il incliner les rails pour que la tige reste en équilibre ?
4 On ramène les rails à leur position horizontale précédente et on remplace le générateur par un fil conducteur de résistance R=2Ω. De la gauche vers la droite, on déplace la tige de résistance r =1Ω à vitesse constante V=6m/s.



4.1 Calculer la force électromotrice (f.e.m) induite e.
4.2 Déterminer l'intensité du courant induit et préciser son sens.
4.3 Préciser les caractéristiques de la force électromagnétique f créée lors du déplacement.

Exercice 4

Dans un plan horizontal deux rails conducteurs AA' et CC' rectilignes parallèles sont distants de l=10cm. Le rail CC' est supposé en avant par rapport à AA'. Une tige MN en cuivre de masse m = 20g peut glisser sans frottement sur les rails en restant perpendiculaire à ces rails. Un aimant crée dans la zone des rails un champ magnétique B de valeur supposée constante (voir fig1).Dans la suite on pourra négliger devant B le champ magnétique crée par le circuit lui-même.
1 - A et C étant relié par un conducteur ohmique de résistance Négligeable (voir fig1).

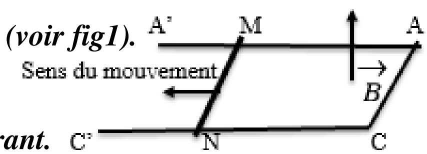


Fig 1

1.1 On déplace la tige à vitesse constante V= 8m/s .Déterminer l'intensité du courant dans le circuit dont la résistance totale est R.
Pour un sens déterminé de la vitesse préciser sur un schéma le sens du courant.
A.N: B = 0,2T ; R = 16Ω.

1.2 Déterminer le sens et l'intensité de la force électromagnétique f calculer la puissance correspondante.
2 On remplace le conducteur précèdent par un générateur (voir fig2).
On néglige les effets d'induction.

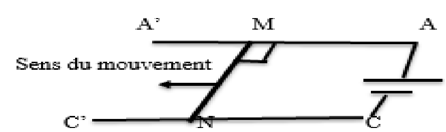


Fig 2

2.1 Quel doit être le sens de B pour que la tige MN se déplace de A vers A'?
2.2 Calculer et représenter la force électromagnétique agissant sur la tige si elle est traversée par un courant d'intensité I=10A. Déterminer la nature du mouvement de la tige et écrire son équation horaire.

3 On dispose maintenant les rails verticalement (voir fig3). La tige est maintenue à une position prise comme référence.
3.1 Quelle est maintenant la direction et le sens de $\vec{B}$ pour que la tige MN s'élève lorsqu'elle est libérée à elle-même sachant qu'elle restera en contact avec les rails au cours de son déplacement.
3.2 Déterminer la valeur minimale de l'intensité I pour que le mouvement puisse se produire.

3.3 On fait maintenant passer dans la tige un courant d'intensité 20A. Si l'aimant crée une zone de champ magnétique uniforme sur une hauteur h = 10cm en dehors de laquelle il est nul ; déterminer la vitesse de

la tige à la sortie du champ magnétique sachant que la position de référence de la tige est celle de la figure 3. A quelle altitude remonte la tige à partir de sa position de référence initiale ?

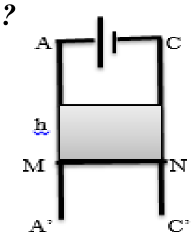


Fig 3

Exercice 5

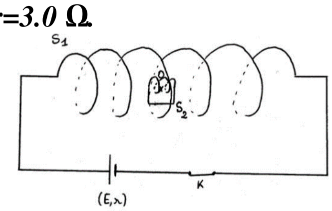
On dispose d'une bobine de 10 cm de diamètre, elle est constituée d'un enroulement de 50 spires. Elle est initialement placée dans un champ magnétique, produit par un aimant, parallèle à l'axe de la bobine. $B = 15$ mT.

1. ***Déterminer la surface de cette bobine en m².***
2. ***Calculer le flux Φ_1 qui traverse la bobine dans ces conditions.***
3. ***On fait faire à la bobine un demi-tour, calculer le flux Φ_2 qui traverse maintenant la bobine.***
4. ***La durée du demi-tour a été $\Delta t = 5$ ms, en déduire la valeur absolue de la force électromotrice d'induction, e, qui est apparue dans la bobine.***
5. ***Quelle est le circuit induit et l'inducteur.***

Exercice 6

Donnée : $\mu_0 = 4\pi\, 10^{-7}$ S.I

Un solénoïde S_1 de 80cm de long est formé de 1000 spires ; il a une résistance R=2.0 Ω. On le branche aux bornes d'une pile de force électromotrice E=4,5V et de résistance interne r=3.0 Ω.



1. ***Représenter, en justifiant, le vecteur $\vec{B}$ au point O (schéma ci-dessus).***
2. ***Calculer l'intensité du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde S_1.***

Dans la suite, on prendra $B=3{,}8.10^{-4}$T. Dans le solénoïde S_1 est placée une petite bobine S_2 de 2.0 cm de diamètre formée de 10 spires.

3. ***Calculer le flux du champ magnétique à travers la bobine.***
4. ***Déterminer le sens du champ magnétique induit qui est généré par la bobine et en déduire le sens de l'intensité induite qui parcourt la bobine.***
5. ***Déterminer la valeur de cette intensité sachant que le conducteur ohmique a une résistance***

R= 5Ω et que la bobine a une résistance r = 2Ω.

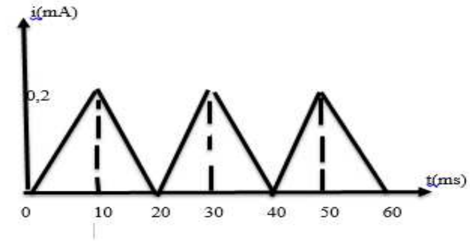
Exercice 7

Un solénoïde composé de n=1000spire par unité de longueur, un courant d'intensité variable traversant le solénoïde (fig. ci-contre)

1) ***Déterminer les caractéristiques du champ magnétique B crée par l'intensité du courant dans le solénoïde***
2) ***Ecrire les expressions i =f(t) en fonction du tempe dans l'intervalle [0 ; 20ms].***
3) On pose dans le solénoïde une bobine plane son axe est confondu à celui de solénoïde la bobine est composée de 100 spire surface de chaque spire est S=10cm².

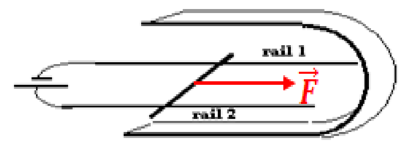
3.1) Donner l'expression de flux Φ dans l'intervalle [0 ; 20ms].

3.2) Déduire les expressions f.é.m. dans l'intervalle [0 ;20ms].



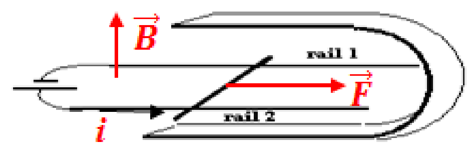
Les solutions

Exercice 1



1°) Cette force est appelée force de Laplace

2) *le courant déplace de la borne positive vers la borne négative*

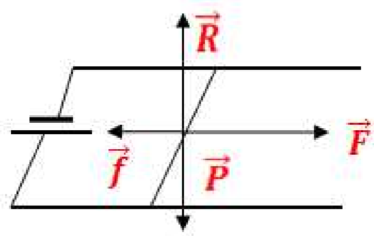


3) $F = ilB = 2.10.10^{-2}.100.10^{-3} = 2.10^{-2}N$

$\boxed{F = 2.10^{-2}N}$

4) *Les forces exercées sur la tige sont :*

- *Le poids*
- *La réaction*
- *La force de la place*
- *La force de frottement*



5) $w_P = 0;\ w_R = 0$

$w_F = F.d = 0,02.0,02 = 4.10^{-4}J$

$\boxed{w_F = 4.10^{-4}J}$

6) $\Delta E_C = \sum w = w_F = 4.10^{-4}J$

$\boxed{\Delta E_C = 4.10^{-4}J}$

7) $\Delta E_C = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2\Delta E_C}{m}}$ *AN:* $v = \sqrt{\frac{2.4.10^{-4}}{2.10^{-3}}} = 0,63m/s$

$\boxed{v = 0,63m/s}$

8) $\Delta E_P = -w_P = 0$

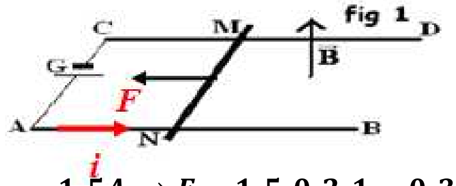
9) la tige a une vitesse constante $\Rightarrow$ *a = 0*

$\sum \vec{F}\,exe = 0 \Rightarrow F - f = 0 \Rightarrow F = f = 2.10^{-2}N$

$\boxed{f = 2.10^{-2}N}$

Exercice 2

1.1 Les caractéristiques de $\vec{F}$



- *Point d'application : centre de la tige*
- *Direction : horizontale*
- *Sens : de la droite vers la gauche*
- *Valeur : F =I.l.B.* $I = \frac{E}{R+r} = \frac{1,5}{0,5+0,5} = 1,5A \Longrightarrow F = 1,5.0,2.1 = 0,3N$

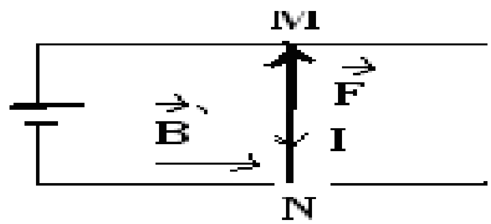
$\boxed{F = 1,5.0,2.1 = 0,3N}$

Pour calculer l'accélération a :

$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m\vec{a} \Longrightarrow F = ma \Longrightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{0,3}{0,03} = 10m/S^2$

$\boxed{a = 10m/S^2}$

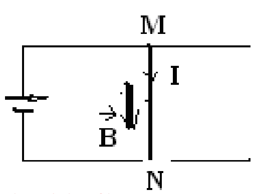
1.2 Les caractéristiques de $\vec{F}$



** Point d'application : centre de la*
** Direction : verticale*
** Sens : vers le haut*
** Valeur : F= 0,3N*

1.3 Les caractéristiques de $\vec{F}$

B//MN ⇒F = 0



2.1) Calcul le flux

En appliquant la règle de main droite on trouve que le vecteur uniteur de surface est orienté vers le bas $(\widehat{\vec{B},\vec{n}}) = \pi$ *alors*

$$\phi = -SB = -(S_0 - lx)B = -S_0B + lxB$$

2.2 Calcul la f.e.m et l'intensité du courant induite

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d(-S_0B+lxB)}{dt} = -lvB = -0,2.1.1 = -0,2V$$

$\boxed{e = -0,2V}$

$i = \frac{e}{r_{eq}} = \frac{-0,2}{0,5+0,5} = -0,2A$ *Le courant circule dans sens opposé de l'orientation choisi*

Le flux diminue et cela veut dire que le champ $\vec{B_i}$ produit par le courant induit i a le même sens du champ $\vec{B}$. En utilisant la règle de la main droite on trouve qu'il se dirige dans le sens opposé du sens positif choisi.

3)- Expression de i

La tige déplace de gauche vers la droite

$$\phi = -SB = -(S_0 + lx)B = -S_0B - lxB$$

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d(-S_0B - lxB)}{dt} = lvB$$

L'accélération est égale = 0,4m/s² ⟹ $M.R.U.V$ alors $x = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow v = at$

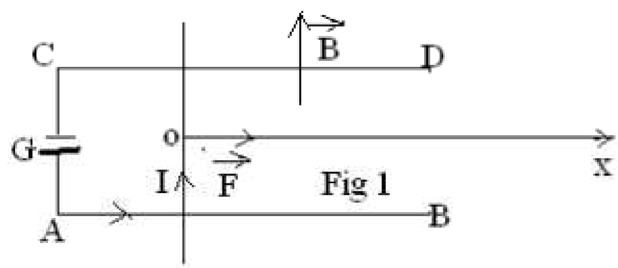
L'intensité $i = \frac{lvB}{r} = \frac{lBat}{R+R'} = \frac{0{,}2.1.0{,}4t}{0{,}5+0{,}5} = 0{,}08t$

$\boxed{i = 0{,}08t}$

Après t_2 le mouvement est uniforme avec une vitesse v=at₂= 0,4.1=0,4m/s

$\boxed{v=0{,}4m/s}$

Exercice 3

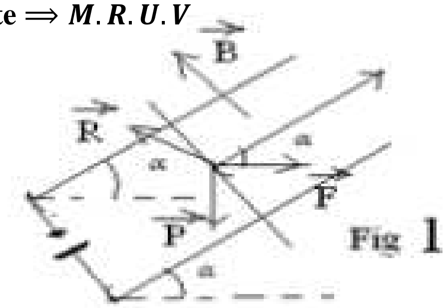


1-Les caractéristiques

- *Point d'application : milieu de la tige*
- *Direction : horizontale*
- *Sens : de la gauche vers la droite*
- *Valeur F = ILB = 0,2.10.*$10^{-2}.0{,}8 = 4.10^{-2}N$

2- La nature du mouvement

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{4.10^{-2}}{10.10^{-3}} = 4m/s^2 = \text{cte} \Rightarrow M.R.U.V$$



Les équations horaires sont $\begin{cases} v = at = 4t \\ x = \frac{1}{2}at^2 = 2t^2 \end{cases}$

3)-Angle d'inclinaison pour que la tige reste en équilibre

On doit incliner les rails vers la gauche avec

Un angle α qui rend la tige en équilibre. (fig1)

4.1)- Calculer la force électromotrice (f.e.m) induite e

En appliquant la règle de main droite on trouve que le vecteur uniteur de surface est orienté vers le bas $(\widehat{\vec{B},\vec{n}}) = \pi$ *alors*

$$\phi = -SB = -(S_0 + lx)B = -S_0B - lxB$$

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d(-S_0B - lxB)}{dt} = Blv = 0{,}8.10.10^{-2}.6 = 0{,}48V$$

$\boxed{e = 0,48V}$

4.2)- L'intensité du courant induite

$$i = \frac{e}{R+R'} = \frac{0,48}{1+2} = 0,16A$$

$\boxed{i = 0,16A}$

Le courant induit circule dans le sens d'orientation choisit (voir fig2)

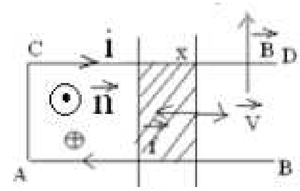


Fig 2

4.3 Les caractéristiques de la force électromagnétique :

** point d'application : milieu de la tige*
** Direction : parallèle aux rails*
** Sens : opposé au sens du déplacement de la tige*

**Valeur* $f = ilB = 0,16.10.10^{-2}.0,8 = 0,0128N$

Exercice 4

1.1)-l'intensité du courant dans le circuit

$$i = \frac{e}{R} = -\frac{1}{R}\frac{d\phi}{dt} = -\frac{1}{R}\frac{d(S_0+lx)B}{dt} = -\frac{Blv}{R} = -\frac{0,2.0,1.8}{16} = 0,01A$$

$\boxed{i = 0,01A}$

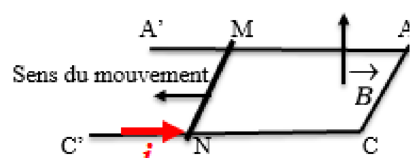


Fig 1

Le courant circule dans sens opposé de l'orientation choisi

(Le courant circule de N vers M)

1.2)-le sens et la valeur de la force électromagnétique

On a que f est toujours orientée dans le sens opposé de déplacement

$f = ilB = 0,01.0,1.0,2 = 2.10^{-4}N$

$\boxed{f = 2.10^{-4}N}$

La puissance $P = -F.v = -2.10^{-4}.8 = -16.10^{-2}W$

$\boxed{P = -16.10^{-2}W}$

2.1)- Le sens de $\vec{B}$

D'après la règle de la main droite $\vec{B}$ doit être vertical ascendant pour que la tige MN se déplace de A vers A'

2.2)- Calcul de F

F= ILB = 10.0, 1.0, 2 = 0,2N

$\boxed{F = 0,2N}$

En appliquant la R.F.D

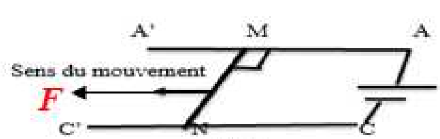
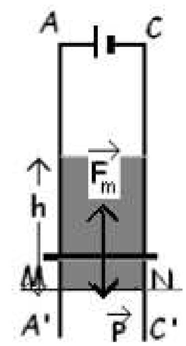


Fig 2

$\vec{P}+\vec{R}+\vec{F}=m\vec{a} \Longrightarrow F=ma \Longrightarrow a=\frac{F}{m}=\frac{2.10^{-1}}{20.10^{-3}}=10m/s^2=\text{cte} \Longrightarrow M.R.U.V$

Les équations horaires sont $\begin{cases} v=at=10t \\ x=\frac{1}{2}at^2=5t^2 \end{cases}$

3.1)- Direction et sens de $\vec{B}$



- *Direction : B et F toujours orthogonaux donc B doit être horizontale*
- *Sens : d'après la règle de la main droite B rentrant*

3.2)- L'intensité minimale

En appliquant la R.F.D

$\vec{P}+\vec{R}+\vec{F}=m\vec{a}$

En projetant suivant axe vertical orienté vers le haut on trouve

$-P+F=ma \Longrightarrow F=m(a+g) \Longrightarrow ILB=m(a+g)$

$\Longrightarrow I=\frac{m(a+g)}{LB}$ *I est minimale si a = 0* $\Longrightarrow I=\frac{mg}{LB}=\frac{20.10^{-3}.10}{0{,}1.0{,}2}=10A$

$\boxed{I=10A}$

3.3)- vitesse de la tige à la sortie du champ magnétique

En appliquant la R.F.D

$\vec{P}+\vec{R}+\vec{F}=m\vec{a}$

En projetant suivant axe vertical orienté vers le haut on trouve

$-P+F=ma \Longrightarrow a=\frac{ILB-mg}{m}=\frac{20.0{,}1.0{,}2-0{,}02.10}{0{,}02}=\frac{10m}{s^2} \Longrightarrow M.R.U.V$

$v^2=2ah \Longrightarrow v=\sqrt{2ah}=\sqrt{2.10.0{,}1}=\sqrt{2}=1{,}41m/s$

$\boxed{v=1{,}41m/s}$

pour déterminer la hauteur maximale on a v_{max} *est nulle. Alors en appliquant la T.E.C*

$\frac{1}{2}mv_{max}^2\frac{1}{2}mv^2=-mg(h'-h) \Longrightarrow -v^2=-2g(h'-h) \Longrightarrow v^2=2g(h'-h) \Longrightarrow h'=\frac{v^2}{2g}+h$

$h'=\frac{2}{2.10}+0{,}1=0{,}2m$

$\boxed{h'=0{,}2m}$

Exercice 5

1)- la surface de la bobine

$S=\pi r^2=\pi(0{,}05)^2=78{,}5.10^{-4}m^2$

2)- Calcul le flux Φ_1

$\Phi_1=NBS == 50.15.10^{-3}.78{,}5.10^{-4}=5{,}89.10^{-3}wb$

3)- Calcul le flux Φ_2

Lorsqu'on tourne la bobine par un demi-tour les direction $\vec{n}$ et $\vec{B}$ s'opposent

$\Phi_2 = NBSCOS(\widehat{\vec{B},\vec{n}})$ $\quad COS(\widehat{\vec{B},\vec{n}}) = -1$

$\Phi_2 = -NBS = -50.15.10^{-3}.78,5.10^{-4} = -5,89.10^{-3}wb$

4)- Calculer la force électromotrice (f.e.m) e

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} = -\frac{-5,89.10^{-3} - -5,89.10^{-3}}{5.10^{-3}} = 2,35V$$

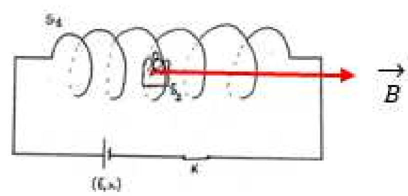
5)- le circuit induit et l'inducteur

Le circuit induit est la bobine et l'inducteur est le solénoïde

Exercice 6

1. Représentation le vecteur $\vec{B}'$

Le courant déplace de la borne positive vers la borne négative alors le courant est descendant dans le solénoïde En appliquant la règle de main droite on trouve que $\vec{B}'$ orienté de gauche vers la droite



2. Calculer l'intensité du champ magnétique

$B = \mu_0 \frac{N}{l} I$ Avec $I = \frac{E}{r+R} = \frac{4,5}{3+2} = 0,9A$ $\quad B = 4\pi\ 10^{-7}\frac{1000}{0,8}0,9 = 1,41.10^{-3}T$

$\boxed{B = 1,41.10^{-3}T}$

3. Calculer le flux

$\Phi = NBS = 10.3,8.10^{-4}.\pi.10^{-4} = 1,1910^{-4}Wb$

$$i = \frac{e}{R} = -\frac{1}{R}\frac{d\phi}{dt} = -\frac{1}{R}\frac{d(S_0 + lx)B}{dt} = -\frac{Blv}{R} = -\frac{0,2.0,1.8}{16} = -0,01A$$

Exercice 7

1-Les caractéristiques du champ magnétique B

- *Point d'application : milieu solénoïde*
- *Direction : // à l'axe de solénoïde*
- *Sens : déterminé par la règle demain droite*

- *Valeur :* $B = \mu_0 ni = 4\pi\, 10^{-7}.1000.i = 1,25.10^{-3}i.$

2) les expressions de i

$[0ms; 10mS] \quad i = at$

$$\begin{cases} \text{à } t = 10ms & i = 0,2mA \\ \text{à } t = 0 & i = 0mA \end{cases} \Rightarrow a = \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{0,2.10^{-3}.}{10..10^{-3}} = 0,02$$

$i = 0,02t$

$[10ms; 20mS] \quad i = at + b$

$$\begin{cases} \text{à } t = 10ms & i = 0,2mA \\ \text{à } t = 20ms & i = 0mA \end{cases} \Rightarrow a = \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{0 - 0,2.10^{-3}.}{(20-10).10^{-3}} = -0,02$$

$0 = -0,02(20.10^{-3}) + b \Rightarrow b = 4.10^{-4}$

$i = -0,02t + 4.10^{-4}$

3.1) les expressions de flux Φ

$\Phi = NSB = 100.10.10^{-4}.1,25.10^{-3}i = 1,25.10^{-4}i$

$[0ms; 10mS] \quad i = 0,02t$

$\Phi = 1,25.10^{-4}.0,02t = 2,5.10^{-6}t$

$[10ms; 20mS] \quad i = -0,02t + 4.10^{-4}$

$\Phi = 1,25.10^{-4}.(-0,02t + 4.10^{-4}) = -2,5.10^{-6}t + 5.10^{-8}$

3.2) les expressions f.é.m

$$e = -\frac{d\phi}{dt}$$

$[0ms; 10mS] \quad \Phi = 2,5.10^{-6}t \Rightarrow \quad e = -2,5.10^{-6}V$

$[10ms; 20mS] \quad \Phi = -2,5.10^{-6}t + 5.10^{-8} \Rightarrow e = 2,5.10^{-6}V$

Chapitre 9 : mouvement vibratoire

L'essentiel :

Un phénomène est dit périodique s'il se produit identique à lui-même à des intervalles de temps constants appelés période.

1-Stroboscope

- ***Stroboscopie :donne une image ralentie.***
- ***Si N = kN' on a alors une immobilité apparente***

- ***Si N = est légèrement supérieur à N' le mouvement est ralenti dans le sens direct.***
- ***Si N = est légèrement inferieur à N' le mouvement est ralenti dans le sens inverse.***
- ***La fréquence du mouvement apparent ralenti est*** $n = |N - N'|$
- ***Propagation d'un mouvement vibratoire***

Vitesse de propagation ou célérité d'un ébranlement : $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$

Longueur d'onde λ : $\lambda = VT = \frac{V}{N}$ ***(λ en m)***

Déphasage Δφ :

****Δφ = 2kπ où k ∈ ℤ. Les deux phénomènes sont dits en phase.***

****Δφ = (2k+1)π où k ∈ ℤ. Les deux phénomènes sont dits en opposition de phase.***

****Δφ = (2k+1)$\frac{\pi}{2}$ où k ∈ ℤ. Les deux phénomènes sont dits en quadrature de phase.***

**** les équations horaires***

- $Y_S = a\cos(\omega t + \varphi)$
- $Y_M = a\cos(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda})$

Interférences mécaniques :

$$Y_M = 2a\cos\frac{\pi}{2}(d_2 - d_1).\cos\left[\omega t - \frac{\pi}{2}(d_2 + d_1)\right]$$

- ***Point vibrant avec une amplitude maximale*** $d_2 - d_1 = k\lambda$ ***(k : entier)***
- ***Point vibrant avec une amplitude nulle*** $d_2 - d_1 = (2k' + 1)\frac{\lambda}{2}$ ***(k' : entier)***
- ***Pour déterminer le nombre de franges*** $|d_2 - d_1| \leq O_1O_2$

Exercice1

A) L'équation du mouvement d'une source est de la forme y(t)= acos(ωt + φ) .

La période du mouvement est égale à 8 s. La trajectoire est un segment de droite de 12 cm de longueur. A l'origine des temps la source passe par sa position d'équilibre et se déplace vers le bas.

Déterminer :

a) les valeurs des trois paramètres a,ω et φ.

b) l'élongation Y_S***, la vitesse Vy et l'accélération ay de la source après 1 s.***

c) le temps au bout duquel la source se trouve pour la première fois à 3 cm au-dessus de la position d'équilibre.

B) On suppose que le mouvement vibratoire se propage sans amortissement dans le milieu

environnant, la période dans l'espace (où longueur d'onde) étant égale à 320 cm. Calculer :

a) la célérité c dans le milieu considéré.

b) l'élongation Y_M, à l'instant t = 6 s, d'un point M du milieu situé à 20 cm de la source.

Exercice 2

Une corde tendue très longue est excitée à l'une de ses extrémités par un mouvement transversal d'amplitude A = 10 cm et d'équation $Y = a\cos(\frac{2\pi}{T}t)$
a) En admettant que la corde ait une masse de 100 g pour 10 m de longueur, et qu'elle soit soumise à une tension F = 15 N, calculer la célérité c du phénomène de propagation ainsi que sa longueur d'onde λ sachant que la fréquence vaut 16 Hz.
b) Ecrire l'équation du mouvement d'un point M distant de 5 m de la source. Calculer son élongation à l'instant t = 2,5 s.
c) A quelle distance se trouvent 2 points voisins vibrant en opposition de phase. Cette distance dépend-elle de la tension F ?
d) Comment faut-il varier F pour doubler la longueur d'onde?

Exercice 3

On relie l'extrémité O d'une lame vibrante à une corde tendue de longueur OO'=2m. La lame vibrante subit des oscillations sinusoïdales verticales de fréquence N=100Hz et d'amplitude a=3mm. Ces vibrations se propagent le long de la corde sans amortissement ni réflexion avec une célérité
c = 20m/s.
1) Calculer la longueur de l'onde λ.
2) Décrire le phénomène observé au moment où la corde est éclairée par un stroboscope dont les fréquences prennent les valeurs: Ne = 200 Hz ; Ne = 25 Hz ; Ne = 50 Hz et Ne = 102 Hz.
3) En considérant l'origine des temps l'instant où O passe par sa position d'équilibre dans le sens positif ; écrire l'équation horaire y_O du mouvement de la source O et donner l'élongation y_M d'un point M situé à la distance x de la source O.
4)Déterminer l'expression des abscisses des points qui vibrent en phase avec la source O, préciser leur nombre et la valeur de l'abscisse du point le plus proche de O.
5) Mêmes questions pour les points qui vibrent en opposition de phase avec O.
6)Représenter l'aspect de la corde à l'instant t = 0,03s.

Les Solutions

Exercice 1

a) les valeurs des trois paramètres a ,ω et φ

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{8} = \frac{\pi}{4} rd/s \quad \overline{AB} = 2a \Rightarrow a = \frac{\overline{AB}}{2} = \frac{12}{2} = 6cm$$

$$y = a\cos\varphi = 0 \Rightarrow \cos\varphi = 0 \Rightarrow \begin{cases} \varphi = \dfrac{\pi}{2} \\ \varphi = -\dfrac{\pi}{2} \end{cases} \Rightarrow v > 0 \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}$$

a) l'élongation Y_S, la vitesse Vy et l'accélération ay

$$y_s = 6.10^{-2}\cos\left(\frac{\pi}{4}t - \frac{\pi}{2}\right) = 6.10^{-2}\cos\left(\frac{\pi}{4}1 - \frac{\pi}{2}\right) = 6.10^{-2}.0,7 = 4,2.10^{-2}m$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = -6.10^{-2}.\frac{\pi}{4}.\sin\left(\frac{\pi}{4}t - \frac{\pi}{2}\right) = -4,71.10^{-2}\sin\left(\frac{\pi}{4}1 - \frac{\pi}{2}\right) = 3,29.10^{-2}m/s$$

$$\boxed{v_y = 3,29.10^{-2}m/s}$$

$$a_y = -6.10^{-2}.(\tfrac{\pi}{4})^2.\cos\left(\frac{\pi}{4}t - \frac{\pi}{2}\right) = -6.10^{-2}.\left(\frac{\pi}{4}\right)^2.\cos\left(\frac{\pi}{4}1 - \frac{\pi}{2}\right) = -2,62\,.10^{-2}m/s^2$$

$$\boxed{a_y = -2,62\,.10^{-2}m/s^2}$$

b) calcul le temps

la source se trouve au 3cm au dessus $y = -3cm$

$$y = -3.10^{-2} = 6.10^{-2}\cos\left(\frac{\pi}{4}t - \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow \cos\left(\frac{\pi}{4}t - \frac{\pi}{2}\right) = -\frac{3.10^{-2}}{6.10^{-2}} = -\frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{\pi}{4}t - \frac{\pi}{2}\right) = \frac{2\pi}{3} + 2k\pi \Rightarrow \frac{\pi}{4}t = \frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{3} + 2k\pi \Rightarrow t = \frac{\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{3} + 2k\pi}{\frac{\pi}{4}} = \frac{14}{3} + 8k$$

$$\text{au premier passage } k = 0 \Rightarrow t = \frac{14}{3} = 4,66s$$

B)

a)Calcul la célérité c

$$C = \lambda N = \lambda\frac{\omega}{2\pi} = 0,32\frac{\frac{\pi}{4}}{2\pi} = 0,04m/s$$

b) l'élongation Y_M

$$y_M = 6.10^{-2}\cos\left(\frac{\pi}{4}t - \frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{\pi}{2}\right) = 6.10^{-2}\cos\left(\frac{\pi}{4}6 - \frac{2\pi}{0,32}0,2 - \frac{\pi}{2}\right) = -0,042m$$

Exercice 2

1) Calcul la célérité et la longueur de l'onde

$$V=\sqrt{\frac{F}{\mu}}\quad avec\quad \mu\ =\frac{m}{l}\Rightarrow V=\sqrt{\frac{Fl}{m}}=\sqrt{\frac{15.10}{0,1}}=\sqrt{1500}=38,72m/s$$

$$\lambda=VT=\frac{V}{N}=\frac{38,72}{16}=2,42m$$

2)- l'équation du mouvement d'un point M

$$y_M=acos\left(\omega t-\frac{2\pi}{\lambda}x\right)\qquad \omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi N$$
$$y_M=0,1cos\left(32\pi t-\frac{2\pi}{2,42}5\right)=0,1cos(32\pi t-4,13\pi)$$

$$y_M(t=2,5s)=\ 0,1cos(32\pi(2,5)-4\pi)\approx 0,1m$$

C) distance où se trouvent 2 points voisins vibrant en opposition de phase

$$d_2-d_1=\frac{\lambda}{2}=\frac{2,42}{2}=1,21m$$

$$d_2-d_1=\frac{\lambda}{2}\ \ avec\ \ \lambda\ =VT\ \ et\ V=\sqrt{\frac{Fl}{m}}\ \ cette\ distance\ dépend\ \ de\ la\ tension\ F.$$

$$\lambda\ =VT=T\sqrt{\frac{Fl}{m}}\Leftrightarrow\lambda'\ =2\lambda=T\sqrt{\frac{F'l}{m}}\ \Leftrightarrow 4\lambda^2\ =T^{2\frac{F'l}{m}}\Rightarrow F'\ =\frac{4\lambda^2m}{T^2l}\Rightarrow$$
$$F'\ =\frac{4(2,42)^2 0,1}{(0,0625)^2.10}\approx 60N$$

Exercice 3

1 Calculer la longueur de l'onde λ.

$$\lambda=\frac{c}{N}=\frac{20}{100}=0,2m$$

2 Description de l'aspect de la corde lorsque Ne prend les valeurs suivantes :

Pour que le phénomène parait unique et immobile, il faut que N_e=N/k

- *Lorsque N_e=200Hz (N=$\frac{Ne}{2}$) on observe 2 cordes immobiles.*
- *Lorsque N_e=25Hz (N=4Ne) la corde parait unique et immobile.*
- *Lorsque N_e=50Hz (N=2Ne) la corde parait unique et immobile.*

• Lorsque N_e= 102Hz (N_e > N) la corde parait en mouvement ralenti dans le sens contraire du mouvement réel.

3 L'équation horaire du mouvement de la source O:

Le mouvement étant sinusoïdal son équation serait de la forme $Y_0 = a\cos(\omega t + \varphi)$ *Avec* $\omega = 2\pi N = 200\pi$ *et* $a = 3.10^{-2}m$

à t=0

$$\begin{cases} x_0 = a\cos\varphi \\ v_0 = -\omega x_m \sin\varphi \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos\varphi = 0 \\ \sin\varphi = -1 \end{cases} \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2} \Rightarrow Y_0 = 3.10^{-2}\cos\left(200\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$$

4-L'équation horaire du mouvement d'un point M situé à la distance x de la source O :

$$y_M = 3.10^{-2}\cos\left(200\pi t - \frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{\pi}{2}\right)$$

4 Les abscisses des points M qui vibrent en phase avec O :

$$\Delta\phi = \phi_O - \phi_M = -\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{\lambda}x + \frac{\pi}{2} = 2k\pi$$

$\Leftrightarrow$ **x= kλ.** *Le point le plus proche de O correspond à k =1 soit x = λ = 0,2m.*

Le nombre des points qui vibrent en phase avec O :

0 < x ≤ OO' ⟺ 0 < kλ ≤ OO' ⟺ **0 < k ≤ $\frac{OO'}{\lambda}$ ⟺ 0 < k ≤ 10 soit 10 points.**

5 Les abscisses des points M qui vibrent en opposition de phase avec O :

$$\Delta\phi = \phi_O - \phi_M = -\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{\lambda}x + \frac{\pi}{2} = (2k+1)\pi \Leftrightarrow x = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

Le point le plus proche de O correspond à k=0 soit x = λ/2 = 0,1m.

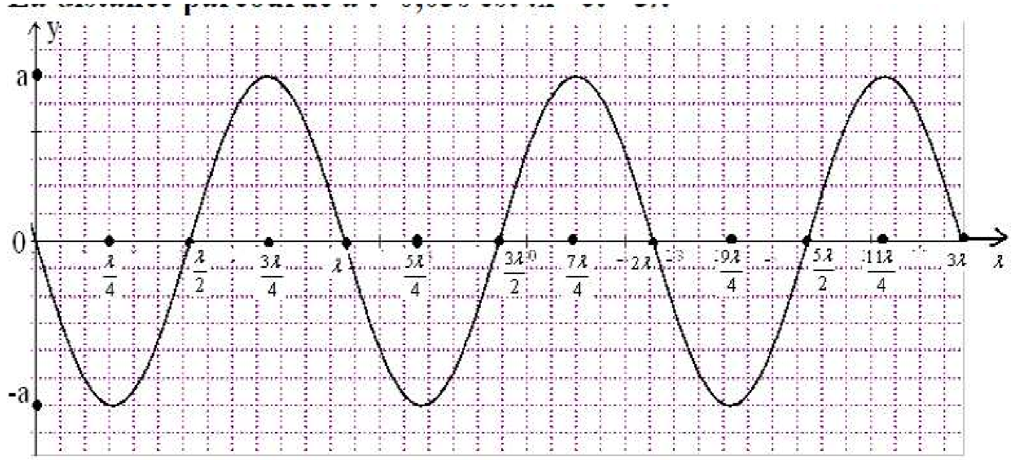
Le nombre des points qui vibrent en opposition de phase avec O :

0 < x ≤ OO' ⟺ 0 < (2k+1)λ/2 ≤ OO' ⟺ 0 < k ≤ OO'/λ - 1/2 ⟺ 0 ≤ k ≤ 9,5 soit 9points.

6 La représentation de la forme de la corde à l'instant t_1=0,03s (Courbe).

$$y_M = 3.10^{-2}\cos\left(200\pi(0,03) - \frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{\pi}{2}\right) = 3.10^{-2}\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \frac{\pi}{2}\right)$$

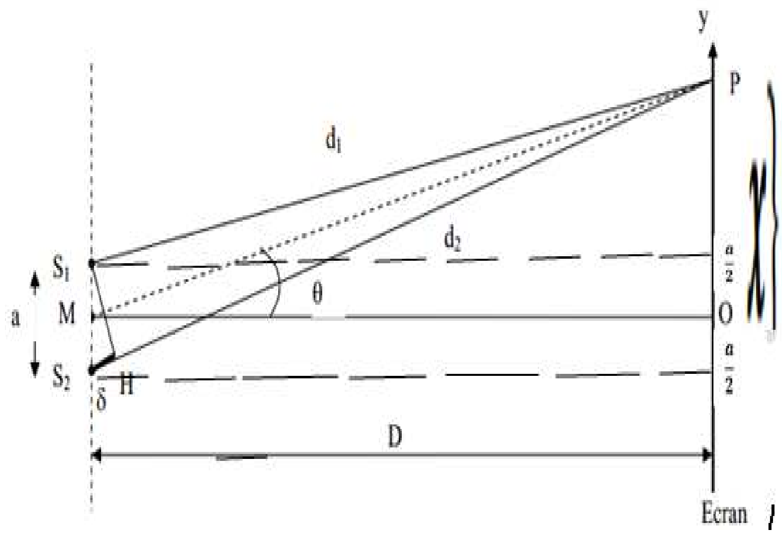
La courbe représentative est sous forme :



Chapitre 10 : ***fentes d'Yong***

L'essentiel

La différence de marche σ



OP = x; $S_1M = S_2M = \frac{a}{2}$; MO = D

$$\sigma = \frac{ax}{D}$$

Interfrange I $\quad i = \frac{\lambda D}{a}$

Position de franges brillantes

$$x = \frac{k\lambda D}{a}$$

Position des franges obscures

$$x = \frac{(2k'+1)\lambda D}{2a}$$

Exercice 1

On considère une onde plane monochromatique de longueur d'onde λ=656,3 nm, se propageant le long de l'axe Oz. On intercale sur le trajet de cette onde un écran percé de deux trous de dimension négligeables, écartés d'une distance a, comme représenté sur la figure ci-dessous.

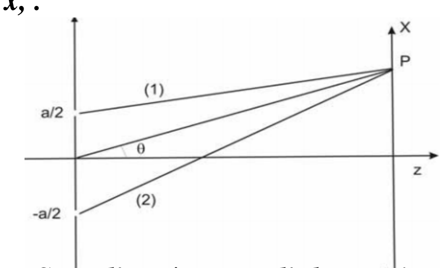
Chaque trou peut être considéré comme une source ponctuelle.

On place un écran à une distance D. On observe la figure d'interférence au point P situé sur l'écran, à la côte x. La distance D est beaucoup plus grande que l'écart a et que la côte x.

1. Ecrire l'expression de la différence de marche, en fonction de D, a, x, .

2. Calculer l'interfrange.

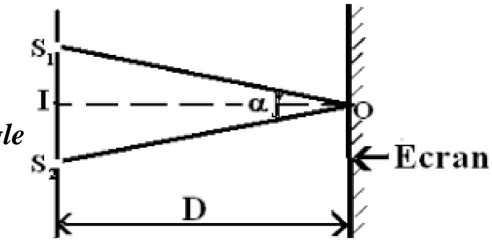
3. Faire les applications numériques pour D=2m, a=2mm et x=10cm.



Exercice 2

On dispose d'un dispositif d'interférence constitué de deux sources S_1 et S_2 et d'un écran E d'observation placé perpendiculairement à la trajectoire moyenne de la lumière et situé à la distance D=2,5m du plan des sources.

1 On éclaire le dispositif à l'aide d'une source S qui émet unelumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0,6\mu m$.



1.1 On observe la distance S_1S_2 à partir du centre O de l'écran sous l'angle $\alpha = 8.10^{-4}$ rad (voir figure).Calculer la distance $a = S_1S_2$.

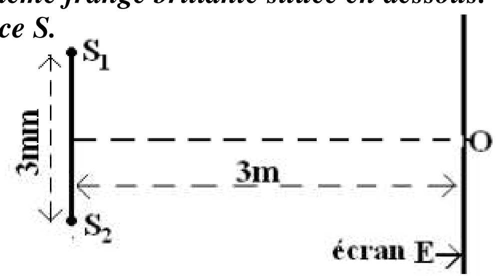
1.2 Calculer l'interfrange i du phénomène d'interférence et préciser la nature des franges dont les milieux sont situés aux points d'abscisses respectives $x_1 = 4,5mm$ et $x_2 = 6mm$.

1.3 Trouver l'expression de la différence de marche δ

2 La source S émet simultanément deux radiations de longueurs d'onde $\lambda_1 = 0,42\mu m$ et $\lambda_2 = 0,63\mu m$. A quelle distance du milieu de la frange centrale observe t-on la 1ère coïncidence entre les franges brillantes des deux radiations?
3 La source S émet à présent de la lumière blanche.
Soit un point P de l'écran situé à x = 5mm du milieu de la frange centrale.
Trouver les longueurs d'onde des radiations qui présentent en P une frange noire. On donne les limites du spectre visible sont [0,4µm ; 0, 8µm].

Exercice 3

1 Une Source S émettant une radiation monochromatique éclaire deux fentes S_1 et S_2 parallèles distantes de 3mm. On observe les interférences sur un écran E situé à 3m du plan des deux fentes.
1 Quelle est l'interfrange i si le milieu de la troisième frange brillante située au dessus de la frange centrale se trouve à la distance l=3,6mm du milieu de la troisième frange brillante située en dessous.
Déduire la longueur d'onde de la radiation émise par la source S.

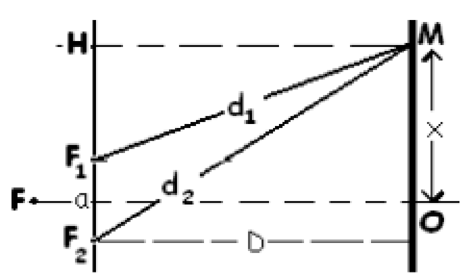


2 La source S émet à présent deux radiations de longueur d'onde respective λ_1=0,48µm et λ_2=0,54µm m.
2.1 Qu'observe-t-on sur l'écran E ?
2.2 A quelle distance de la frange centrale observe-t-on la première coïncidence entre franges brillantes ?
3 La source S émet de la lumière blanche.
3.1 Qu'observe-t-on sur l'écran E?
3.2 On place la fente d'un spectroscope dans le plan de l'écran E et parallèlement à la frange centrale et à 4mm de celle-ci.
Quel est le nombre des franges brillantes observées en ce point et leurs longueurs d'ondes ?
On rappelle que les limites du spectre visible sont [0,4µm ; 0, 8µm].

Les solutions

Exercice1

1) ***L'expression de la différence de marche δ***



$$d_1^2 = \left(D - \frac{a}{2}\right)^2 \quad Et \quad d_2^2 = (D + \frac{a}{2})^2$$

$$d_2 - d_1 = \frac{2ax}{d_2+d_1} \; Or \; d_2 + d_1 \approx 2D$$

$$d_2 - d_1 = \delta = \frac{ax}{D}$$

2) ***L'interfrange i***
L'interfrange i est la distance entre deux franges consécutives de même nature.
Par exemple prenons deux franges brillantes consécutives

$$x_{k+1} = \frac{(k+1)\lambda D}{a} \ Et \ x_k = \frac{k\lambda D}{a} \Leftrightarrow i = x_{k+1} - x_k = \frac{(k+1)\lambda D}{a} - \frac{k\lambda D}{a} \Rightarrow$$

$$\boxed{i = \frac{\lambda D}{a}}$$

3) Le calcul

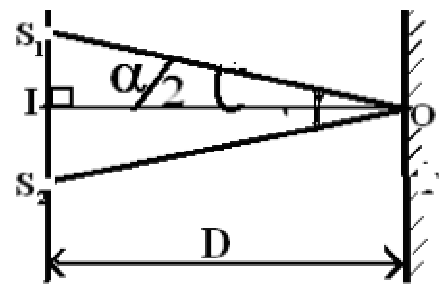
$$d_2 - d_1 = \sigma = \frac{ax}{D} = \frac{2.10^{-3}.10.10^{-2}}{2} = 10^{-4}m$$

$$i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{656,3.10^{-9}.2}{2.10^{-3}} = 656,3.10^{-6}m = 656,3\mu m$$

Exercice 2

1.1) Calcul la distance a = S_1S_2

D'après le schéma



$$tg\frac{\alpha}{2} = \frac{IS_1}{D} \quad \alpha \text{ trés petit} \Rightarrow tg\alpha \approx \alpha^{rd}$$

Alors $\frac{\alpha}{2} = \frac{IS_1}{D}$ *avec* $IS_1 = \frac{a}{2}$ *Donc*

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{a}{2D} \Rightarrow a = \alpha D = 8.10^{-4}.2,5 = 2.10^{-3}\ m$$

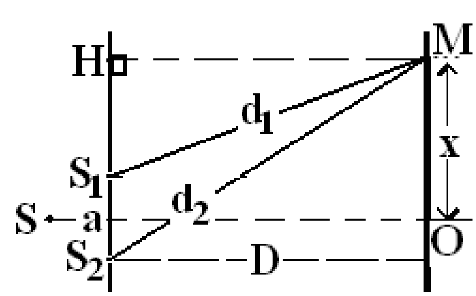
1.2 Calculer l'interfrange i

$$i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{0,6.10^{-6}.2,5}{2.10^{-3}} = 0,75.10^{-3}m$$

Nature des franges : on calcul l'ordre de frange P

$\frac{x_1}{i} = \frac{4,5}{0,75} = 6$ *Et* $\frac{x_2}{i} = \frac{6}{0,75} = 8$ *Donc* x_1 *et* x_2 *sont milieux de deux franges brillantes.*

1.3 Expression de la différence de marche δ



$$d_1^2 = \left(D - \frac{a}{2}\right)^2 \quad Et \quad d_2^2 = (D + \frac{a}{2})^2$$

$$d_2 - d_1 = \frac{2ax}{d_2+d_1} \ Or \ d_2 + d_1 \approx 2D$$

$$d_2 - d_1 = \delta = \frac{ax}{D}$$

2) Distance de 1ère coïncidence

Il y'a coïncidence entre franges brillantes si et seulement si : $x_2 = x_1 \Leftrightarrow \frac{k_2\lambda_2 D}{a} = \frac{k_1\lambda_1 D}{a} \Leftrightarrow k_2\lambda_2 = k_1\lambda_1 \Leftrightarrow \frac{k_2}{k_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{0,42}{0,63} = \frac{2}{3}$ *alors* $k_1 = 3$ *et* $k_2 = 2$ *donc la distance à la quelle est située la première coïncidence :*

$$x_2 = \frac{k_2\lambda_2 D}{a} = \frac{0,63.10^{-6}.2,5}{2.10^{-3}} = 1,57mm$$

3) les longueurs d'onde des radiations qui présentent en P

Au point M défini par x=5mm, les franges obscures sont caractérisées par

$x_k = \frac{(2k+1)\lambda D}{2a} \Leftrightarrow \lambda = \frac{2a.x_k}{(2k+1)D} = \frac{8.10^{-6}}{2k+1}$ *D'après les limites du spectre on a :*

$0,4.10^{-6} \leq \lambda \leq 0,8.10^{-6} \Leftrightarrow 0,4.10^{-6} \leq \frac{8.10^{-6}}{2k+1} \leq 0,8.10^{-6} \Leftrightarrow 10 \leq 2k+1 \leq 20 \Leftrightarrow$

$4,5 \leq k \leq 9,5 \Longrightarrow k \in \{5,6,7,8,9\}$

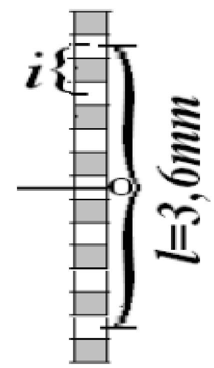
On observe 5 franges Obscures au point P.
Les longueurs d'ondes correspondantes à ces franges sont :

$\lambda_1 = \frac{8.10^{-6}}{11} = 0,73\mu m$; $\lambda_2 = \frac{8.10^{-6}}{13} = 0,62\mu m$; $\lambda_3 = \frac{8.10^{-6}}{15} = 0,53\mu m$

$\lambda_4 = \frac{8.10^{-6}}{17} = 0,47\mu m$; $\lambda_5 = \frac{8.10^{-6}}{19} = 0,42\mu m$

Exercice 3

1) L'interfrange i



La distance entre le milieu de la troisième frange brillante d'un coté et le milieu de la troisième frange brillante de l'autre coté représente six interfranges (voir figure).

$$d = 6i \Longrightarrow i = \frac{d}{6} = \frac{3,6.10^{-3}}{6} = 0,6mm$$

Pour Calculer la longueur d'onde : on a $i = \frac{\lambda D}{a} \Longrightarrow \lambda = \frac{i.a}{D} = \frac{0,6.10^{-3}3.10^{-3}}{3} = 0,6.10^{-6} = 0,6\mu m$

2.1) L'observation

On observe deux systèmes de franges qui se superposent et dont les franges centrales coïncident. De part et d'autre de la frange centrale O d'autres coïncidences peuvent être observées.

2.2 Distance de 1ère coïncidence

Il y'a coïncidence entre franges brillantes si et seulement si : $x_2 = x_1 \Leftrightarrow \frac{k_2\lambda_2 D}{a} = \frac{k_1\lambda_1 D}{a} \Leftrightarrow k_2\lambda_2 = k_1\lambda_1 \Leftrightarrow \frac{k_2}{k_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{0,48}{0,54} = \frac{8}{9}$ *alors* $k_1 = 9$ *et* $k_2 = 8$ *doncla distance à la quelle est située la première coïncidence :*

$$x_2 = \frac{k_2\lambda_2 D}{a} = \frac{8.0,54.10^{-6}.3}{3.10^{-3}} = 4,32mm$$

3.1) L'observation

On observe une frange centrale très blanche et de part et d'autre de celle-ci l'écran parait blanc d'un blanc dit sale.

3.2) Nombre de franges

Au point M défini par x=4mm, les franges brillantes sont caractérisées par : $x_k = \frac{k\lambda D}{a} \Leftrightarrow \lambda = \frac{a.x_k}{kD}$

$\Rightarrow \lambda = \frac{3.10^{-3}.4.10^{-3}}{3k} = \frac{4.10^{-6}}{k}$ *D'après les limites du spectre on a :* $0,4.10^{-6} \leq \lambda \leq 0,8.10^{-6} \Leftrightarrow$

$0,4.10^{-6} \leq \frac{4.10^{-6}}{k} \leq 0,8.10^{-6} \Leftrightarrow \frac{1}{0,8} \leq \frac{k}{4} \leq \frac{1}{0,4} \Leftrightarrow 5 \leq k \leq 10 \Rightarrow k \in \{5,6,7,8,9,10\}$

On observe 6 franges brillantes au point M.
Les longueurs d'ondes correspondantes à ces franges sont :

$\lambda_1 = \frac{4.10^{-6}}{5} = 0,8\mu m$; $\lambda_2 = \frac{4.10^{-6}}{6} = 0,66\mu m$; $\lambda_3 = \frac{4.10^{-6}}{7} = 0,57\mu m$

$\lambda_4 = \frac{4.10^{-6}}{8} = 0,5\mu m$; $\lambda_5 = \frac{4.10^{-6}}{9} = 0,44\mu m$ $\lambda_6 = \frac{4.10^{-6}}{10} = 0,4\mu m$

Chapitre 11 : Photoélectrique

L'essentiel

Définition : *photoélectrique est l'extraction d'électrons de la matière sous l'action d'un rayonnement électromagnétique.*

La longueur d'onde maximale λ_0 produisant l'effet photoélectrique est appelée seuil de longueur d'onde du métal.

l'effet photoélectrique se produit si $\lambda \leq \lambda_0$.

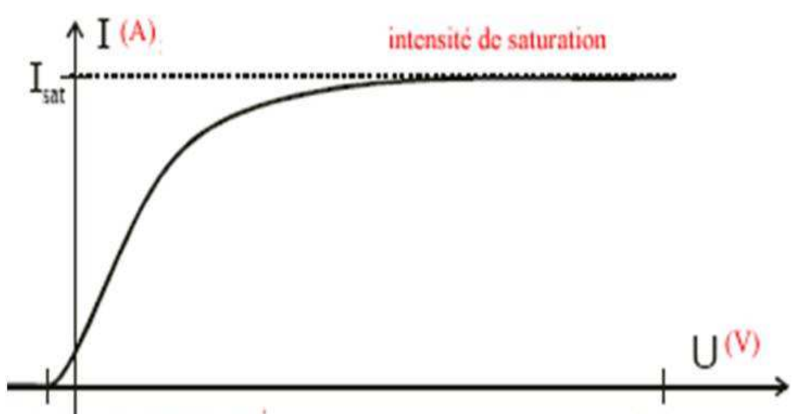
Travail d'un électron $E_0 = h\gamma_0$ ***énergie d'un photon*** $E_{photon} = h\gamma$

Intensité de saturation I_S $I_S = \frac{P.r.e}{h\gamma}$

Energie cinétique maximale des électrons $\frac{1}{2}mV_{max}^2 = h(\gamma - \gamma_0)$

Potentiel d'arrêt U_0 $\begin{cases} U_{AC} = 0 <=> I \neq 0 \\ U_{AC} = -U_0 <=> I = 0 \end{cases} <=> \frac{1}{2}mV_{max}^2 = eU_0$

La caractéristique $I = f(U_{AC})$



Constantes :

$h = 6.63\ 10^{-34}$ J.s ; $c = 3.00\ 10^{8}$ m.s^{-1} ; 1eV = $1.6\ 10^{-19}$ J ; $e = 1.6\ 10^{-19}$ C ; $m_e = 9.1\ 10^{-31}$ Kg.

Exercice n°1

A°) On dispose d'une photocathode au césium éclairée par une lumière monochromatique.

1. ***La longueur d'onde seuil pour le césium est $\lambda_0 = 0.66$ mm. Déterminer le travail d'extraction W_0 d'un électron.***
2. ***La lumière qui éclaire cette photocathode a une longueur d'onde $\lambda = 0.44$ mm.***
   a- Déterminer l'énergie cinétique maximale d'un électron émis par la cathode.
   b- déterminer la vitesse de cet électron.
   c- Déterminer la tension d'arrêt dans ces conditions.

B°)

Une cellule photoémissive à vide est éclairée par un rayonnement de fréquence $5.5\ 10^{14}$ Hz. A l'aide d'un générateur, on applique une tension $U_{AC} = 20$ V qui accélère les électrons émis par effet photoélectrique. On observe une intensité de saturation Is = 2.0 mA lorsque la puissance reçue par la photocathode vaut 0.360 W.

1. ***Déterminer la sensibilité, s, de cette cellule.***
2. ***Calculer le rendement quantique de la cellule.***

Exercice n°2

On dispose d'une cellule photoélectrique dont le seuil d'extraction est de 2.4 eV. Elle est éclairée par un faisceau poly chromatique composé de deux radiations de longueurs d'ondes $\lambda_1 = 430$ nm et $\lambda_2 = 580$ nm.

1. ***Effet photoélectrique.***
   a- définir l'effet photoélectrique.
   b- représenter la variation de l'intensité traversant la cellule en fonction de la tension à ses bornes, U_{AC}. Représenter le schéma du montage électrique permettant de réaliser ces mesures.
2. ***On éclaire la cellule à l'aide des deux radiations.***
   a- Les deux radiations permettent-elles l'effet photoélectrique ?
   b- Quelle est la vitesse maximale des électrons qui sont arrachés à la photocathode ?
   c- Définir et calculer le potentiel d'arrêt.

Exercice n°3

Un faisceau éclaire une cathode d'une cellule photoélectrique. Le seuil de cette cathode au césium vaut $f_0 = 4.54\ 10^{14}$ Hz et son rendement quantique vaut r = 0.05. On a $U_{AC} = V_A - V_C$.

1. ***Donner l'allure de la caractéristique $I = f(U_{AC})$.***
2. ***Calculer le travail d'extraction W_0 en eV et la vitesse d'un électron sortant de la cathode si la longueur d'onde de rayonnement émis est $\lambda = 500$ nm.***
3. ***Calculer la vitesse d'un électron lorsqu'il atteint l'anode si U = 100 V.***
4. ***Etablir la relation entre Is, l'intensité de saturation et la puissance lumineuse P reçue par la cathode. Déterminer Is sachant que $P = 10^{-3}$ W.***
5. ***L'intensité de ce courant étant faible, on l'amplifie en utilisant un photomultiplicateur : la lumière vient provoquer un effet photoélectrique sur la photocathode et les électrons arrachés sont accélérés par des dynodes sur lesquelles ils arrachent à leur tour 3 électrons secondaires. Le photomultiplicateur contient 10 dynodes.***
   Déterminer l'intensité du courant à la sortie du photomultiplicateur.

Exercice n°4

On dispose d'une cellule photoélectrique au potassium dont le travail d'extraction est $W_0 = 2.2$ eV.

On détermine pour cette cellule, la tension d'arrêt en fonction de diverses fréquences d'éclairage. On obtient les résultats suivants : (On a indiqué dans le tableau la valeur absolue de la tension d'arrêt).

n (Hz)	***7.00 10^{14}***	***8.00 10^{14}***	***9.00 10^{14}***
$\|U_0\|$ (V)	***0.69***	***1.10***	***1.52***

1. ***Tracer la courbe n = f ($|U_0|$) et conclure.***
2. ***En déduire la valeur du seuil photoélectrique de cette photocathode. Ce résultat est –il en accord avec la valeur de W_0 ?***
3. ***Déterminer la valeur de la constante de Planck (h) à partir de la courbe réalisée. Cette valeur correspond-elle à la valeur admise ?***

Exercice 1

A°)

1) ***Le travail***

On a $W_0 = \frac{h.c}{\lambda_0} = \frac{6{,}63.10^{-34}}{0{,}66.10^{-6}} = \mathbf{3.10^{-19}J = 1.9eV}$

2)

a) L'énergie cinétique maximale $\boldsymbol{\lambda}$ **= 0.44 µm**

$$E_c = h\gamma - W_0 = \frac{h.c}{\boldsymbol{\lambda}_0} - W_0 = 1{,}5.10^{-19}J$$

b) ***La vitesse***

$$E_C = \frac{1}{2}mv^2 \Longrightarrow \boldsymbol{v} = \sqrt{\frac{\mathbf{2}.E_C}{\boldsymbol{m_e}}} = 5{,}8.10^5\text{m/s}$$

C) tension d'arrêt

Théorème de l'énergie cinétique : $Ec_2 - Ec_1 = W$.

Il n'y a ici qu'un seul travail effectué, le travail électrique résistif qui sert à annuler la vitesse de l'électron : $W=eU_0$

$Ec_2 = 0$ puisqu'à l'arrivée la vitesse de l'électron est nulle.

$Ec_1 = Ec$ c'est l'énergie initiale de l'électron.

$$\boldsymbol{Donc\ -E_c = eU_0 \Longrightarrow U_0 = \frac{-E_c}{e} = -0{,}94V}$$

B°)

1) ***sensibilité***

on a . σ = $\frac{I_S}{P}$ = 5.5 10^{-3}A.W^{-1}.

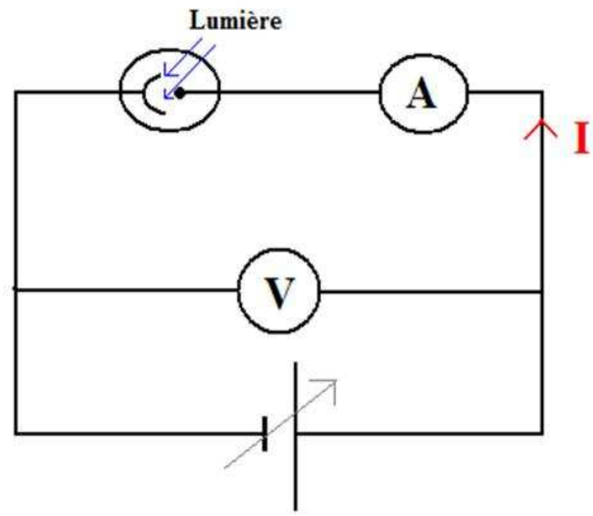
2) ***Le rendement***

On a r = $\frac{I_S.h.\gamma}{e.P}$ = 1.3 10^{-2}. Soit un rendement de 1.3%.

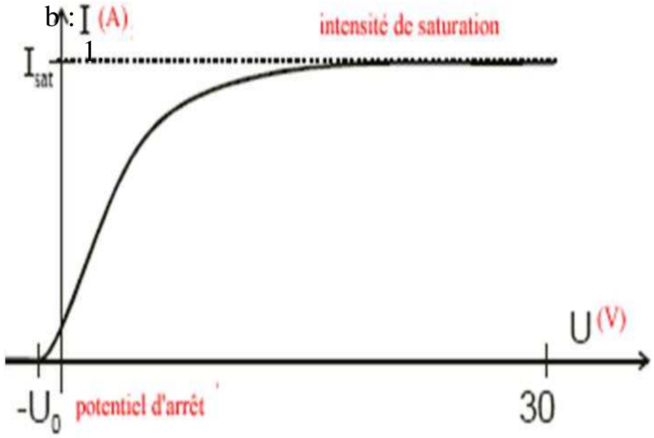
Exercice 2

a) Définition

L'effet photoélectrique consiste en l'extraction d'électrons d'un métal convenablement (condition sur la fréquence) éclairé.



b) Représentation



a : détermination de la longueur d'onde seuil : $W_0 = h\nu_0 = hc/\lambda_0$ donc $\lambda_0 = hc/W_0 = 517$ nm

Avec $W_0 = 2.4 \times 1.6\ 10^{-19} = 3.84\ 10^{-19}$ J

Donc : λ_1 permet l'effet photoélectrique ($\lambda_1 < \lambda_0$ donc elle est plus énergétique) mais pas λ_2. Dans ces conditions, le faisceau contenant les deux longueurs d'onde permet l'effet photoélectrique.

b : Les électrons n'étant arrachés que par la radiation 1, seule la vitesse de ces électrons sera calculée (pour le faisceau total, la vitesse des électrons arrachés correspondra à celle de la radiation 2).

On a l'énergie cinétique des électrons : $Ec = E_{ph} - W_0$ avec $Ec = ½\ m\ v^2$ et $E_{ph} = hc/\lambda$

donc $v^2 = 2\ (E_{ph} - W_0) / m_e$ et $v = \sqrt{2(E_{ph} - W_0) / m_e} = 4.14\ 10^5$ m.s^{-1}.

c : Le potentiel d'arrêt correspond à la tension qu'il faut appliquer entre les électrodes afin d'annuler l'énergie cinétique des électrons. Cette tension U_0 ($U_{AC} = V_A - V_C = -V_0 - 0$) est négative et permet d'obtenir une intensité nulle sur la courbe ci-dessus (faute de vitesse les électrons ne se déplacent plus, il n'y a plus de courant.) On prend le potentiel de la cathode comme potentiel de référence, Vc = 0 (dans l'expérience initiale il est relié à la borne N du générateur et $V_N = 0$) et on associe un potentiel négatif à la cathode : $Vc = - V_0$, afin d'avoir $U_0 < 0$.

On a $Ec = -eU_0$ (ou $Ec = eV_0$ formule du cours, avec $U_0 = -V_0$) soit $U_0 = -Ec/e = -\frac{m\,v^2}{2e} = -0.49$ V.

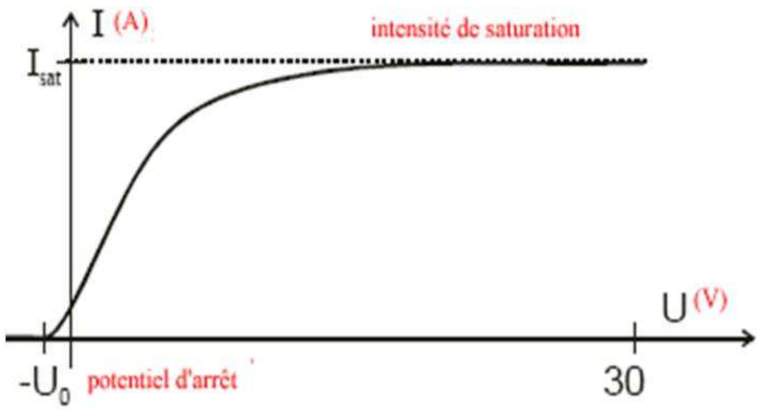
On peut montrer cette relation en appliquant le théorème de l'énergie cinétique pour un électron arraché : $Ec_2 - Ec_1 = \sum W_F$ (somme des travaux des forces appliquées) ici $W = eU_0$. W est le travail électrique, il est ici négatif puisqu'il s'agit d'un travail résistant qui décélère l'électron.

$Ec_1 = ½ m v^2$ (énergie cinétique de l'électron lorsqu'il est arraché de la cathode)
$Ec_2 = 0$ puisque la vitesse de l'électron est nulle après l'application du travail résistif.

Soit $0 - ½ m v^2 = eU_0$ et $U_0 = -\dfrac{m v^2}{2e} = - 0.49$ V

Exercice3

1. courbe :



2. ***On a $W_0 = h\nu_0 = 3.10^{-19}$ J = 3.9 10^{-19}/1.6 10^{-19} = 1.88 eV***
   Et l'énergie cinétique de l'électron ($Ec = ½ m v^2$) : $Ec = E_{ph} – W_0$
   soit $v^2 = 2 (E_{ph} – W_0) / m_e$ et $v = \sqrt{2(E_{ph} – W_0) / m_e} = 4.62\ 10^5\ m.s^{-1}$. Avec $E_{ph} = hc/\lambda$.

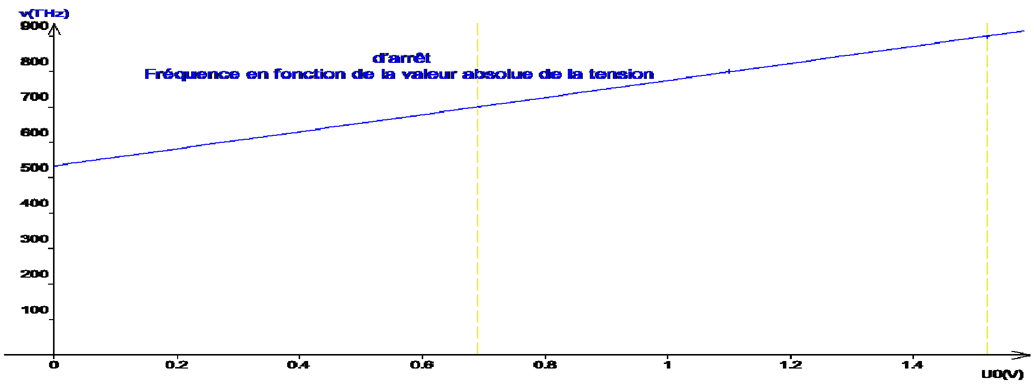
3. ***Le travail électrique appliqué est W = eU. L'énergie cinétique totale de l'électron lorsqu'il atteint l'anode est donc égale à celle qu'il avait en quittant la cathode plus l'énergie acquise grâce à la tension accélératrice d'après le théorème de l'énergie cinétique :***
   $Ec_{anode} - Ec_{cathode} = W$
   Donc $Ec_{anode} = Ec_{cathode} + eU = E_{ph} – W_0 + eU = 1.6\ 10^{-17}$ J
   $V_{anode} = \sqrt{2Ec_{anode} / m_e} = 5.9\ 10^6\ m.s^{-1}$.

4. ***r= n/N où n est le nombre de photons efficaces (ceux qui arrachent des électrons) et N le nombre total de photons reçus par la cathode.***
   Pendant une durée Δt on a : $n = Isat\ \Delta t / e$ et $N = P\ \Delta t / h\nu$.
   Donc $r = Isat\ \Delta t\ .\ h\nu / (P\ \Delta t\ e)$ soit $Isat = r\ P\ e / h\nu$.
   Application numérique : Isat = 20 10^{-6}A.

5. ***$I = Isat\ n^k = 20\ 10^{-6}.\ 3^{10} = 1.2$ A***

Exercice4

1. ***On obtient la courbe suivante***



On obtient une droite d'équation $\nu = 2.41\ 10^{14}\ |U_0| + 5.34\ 10^{14}$ ***.***

On a d'après le théorème de l'énergie cinétique : $U_0 = \frac{-E_c}{e}$ ***donc*** $|U_0| = \frac{Ec}{e}$ ***.***

On a également $h\nu = W_0 + Ec$ ***avec*** $W_0 = h\nu_0$ ***d'où l'équation suivante :***

$h\nu = h\nu_0 + e.|U_0|$***. Et donc :*** $\nu = \frac{e}{h}.|U_0| + \nu_0$ ***Qui est l'équation de la droite ci-dessus.***

2. ***D'après l'équation ci-dessus, le seuil photoélectrique correspond à l'ordonnée à l'origine de la droite.***

   $\nu_0 = 5.34\ 10^{14}$***Hz.***

   Remarque : $W_0 = h.\nu_0 = 3.5\ 10^{-19}$ ***soit*** $W_0 = \frac{3.5\ 10^{-19}}{1.6\ 10^{-19}} = 2.2$ ***eV cette valeur de*** ν_0 ***est compatible avec le travail d'extraction.***

3. ***D'après l'équation de la droite, le coefficient directeur*** $a = \frac{e}{h}$ ***donc*** $h = \frac{e}{a} = \frac{1.6\ 10^{-19}}{2.41\ 10^{14}} = 6.64\ 10^{-34}$ ***J.s ce qui est très proche de la valeur admise.***

Chapitre 12 : Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

L'essentiel

L'énergie de l'atome de l'hydrogène est donnée par la relation $E = \frac{-13{,}6}{n^2}$

Le passage de l'atome d'hydrogène d'un niveau supérieur n à un niveau inférieur p s'accompagne d'une émission de photon d'énergie $E_n - E_P = -13,6(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{P^2})$

$\frac{1}{\lambda_{n-p}} = R_H\left(\frac{1}{P^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ ***avec n > p*** R_H ***: constate de Rydberg = 1,09.10***^{7}***m***$^{-1}$ ***.***

Exercice1

1) L'énergie de l'atome H dans un état caractérisé par le nombre n est donnée par :

En = (-13,6)/n2 (en eV). Rappeler comment s'appelle le nombre n et indiquer les valeurs qu'il peut prendre.

2) Calculer, en eV, les quatre niveaux d'énergie les plus bas E_1, E_2, E_3 ***et*** E_4

($E_1 < E_2 < E_3 < E_4$) ***de l'électron de l'atome H. Les valeurs trouvées seront arrondies aux valeurs les plus proches avec la précision de 0,01 eV.***

3) Calculer, en nm, les longueurs d'onde $\lambda_{1\text{-}2}$, $\lambda_{1\text{-}3}$ ***et*** $\lambda_{1\text{-}4}$ ***des photons permettant de faire passer l'électron de l'atome H du niveau fondamental aux trois premiers niveaux excités.***

4) On admettra dans la suite de cet exercice que des photons dont les longueurs d'onde diffèrent de moins de 1 nm des valeurs trouvées dans la question précédente peuvent exciter l'atome d'hydrogène. On considère un rayonnement électromagnétique formé de quatre types de photons a, b, c et d de longueurs d'onde respectives λ_a ***= 97,5 nm,*** λ_b***= 106,8 nm ,*** λ_c ***= 121,9 nm et*** λ_d ***= 150,1 nm. Ce rayonnement, enregistré sur une pellicule photographique, se présente sous la forme de 4 raies d'égales intensités. Si on place sur le trajet de ce rayonnement, une ampoule contenant un gaz d'atomes H, on observe après l'ampoule, que le rayonnement est modifié : expliquer les différences observées entre le rayonnement incident et le rayonnement issu de l'interaction avec le gaz.***

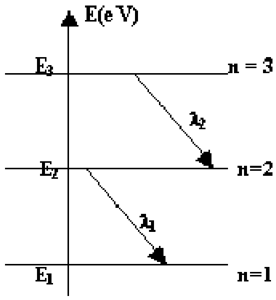
5) On envoie un faisceau monochromatique de photons d'énergie 13,7 eV (un seul type de

photons) sur une ampoule contenant un gaz d'atomes H dans leur état fondamental. Calculer, en m.s-1, la vitesse des électrons qui se trouvent éjectés des atomes H lors de l'interaction avec le rayonnement.

Exercice 2

On s'intéresse dans ce qui suit aux niveaux d'énergie des atomes d'hydrogène et de sodium, tous deux éléments de la première colonne du tableau de classification périodique.
1/ Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation : $E = \frac{-13{,}6}{n^2}$ ***où En en eV et n un entier naturel non nul.***

1-1 Déterminer l'énergie minimale en eV, qu'il faut fournir à l'atome d'hydrogène pour l'ioniser dans les cas suivants :



1-1.1 L'atome d'hydrogène est initialement à son état fondamental (n = 1)
1-1.2 L'atome d'hydrogène est à l'état excité correspondant au niveau d'énergie (n = 2).
1-2 Faire le schéma du diagramme des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène en utilisant l'échelle :
1 cm pour 1 eV. On ne représentera que les six premiers niveaux.
2/ On donne ci-après le diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'a tome de sodium (l'échelle n'est pas respectée).
L'état fondamental correspond au niveau d'énergie E_1. Les niveaux d'énergie E_2et E_3 correspondant à des états excités.
2-1 Lorsque l'atome passe de E_2 à E1 il émet une radiation de longueur d'onde λ1=589 nm lorsqu'il passe de E_3 à E_2, il émet une radiation de longueur d'onde λ_2=568,8nm.
En expliquant le raisonnement, calculer la différence d'énergie (E_3-E_1) en eV.
2-2 Lorsque l'atome, initialement dans son état fondamental, est éclairé par un faisceau monochromatique de longueur d'onde λ convenable, il peut directement passer du niveau d'énergie E1au niveau d'énergie E_3.
Exprimer la longueur d'onde λ de ce faisceau en fonction des longueurs d'onde $\lambda_1$et λ_2.
Faire l'application numérique.

Exercice 3

Données : célérité de la lumière dans le vide :3 10^8 m/s; constante de Plank : h=6,62 10^{-34} Js ; charge élémentaire : e = 1,6 10^{-19} C.

On rappelle que l'énergie d'un atome d'hydrogène est quantifiée et ne peut prendre que les valeurs suivantes : $E_n = E_0/ n^2$ avec E_0 = -13,6 eV et n = 1, 2, 3....
1-Représenter sur un diagramme les niveaux d'énergie en électron-volts de l'atome d'hydrogène pour n compris entre 1 et 5. Préciser ce qu'on appelle état fondamental et état excité. S'aider de ce diagramme pour justifier le caractère discontinu du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène.
2-Qu'appelle-t-on énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène ? Quelle est sa valeur ?
3-L'atome d'hydrogène passe du niveau d'énergie correspondant à n=5 au niveau n=3.
- Calculer la longueur d'onde de la radiation émise.
- A quelle domaine de radiation cette longueur d'onde appartient-elle ?
4-L'atome d'hydrogène étant dans un état correspondant au niveau n=3, il reçoit un photon d'énergie 0,5 eV. Le photon est-il absorbé ?
- L'atome d'hydrogène étant dans un état correspondant au niveau n=3, il reçoit un photon d'énergie 2 eV. Montrer que l'électron est arraché. Calculer son énergie cinétique en eV.

Les solutions

Exercice1

1) Rappel

n : nombre quantique principal ou numéro de la couche occupée par l'électron

les valeurs de n sont : 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7

2) ***Calcul, en eV, les quatre niveaux d'énergie :***

$$E = \frac{-13,6}{n^2}$$

$E_1 = \frac{-13,6}{(1)^2} = -13,6eV$ $E_2 = \frac{-13,6}{(2)^2} = -3,4eV$ $E_3 = \frac{-13,6}{(3)^2} = -1,51eV$ $E_4 = \frac{-13,6}{(4)^2} = -0,87eV$

3) ***Les longueurs d'ondes***

La longueur d'onde est calculée par la relation de Bohr

$$\Delta E = |E_n - E_p| = h\gamma = h\frac{c}{\lambda}$$

$$E_{1-2} = E_1 - E_2 = -13,6 + 3,4 = -10,2.1,6.10^{-19} = -16,32.10^{-19}J$$

Le signe moins(–) exprime l'énergie absorbée par l'électron lors de déplacement.

$$\lambda_{1-2} = \frac{hc}{E_1 - E_2} = \frac{6,63.10^{-34}.3.10^8}{16,32.10^{-19}} = 122nm$$

$$E_{1-3} = E_1 - E_3 = -13,6 + 1,51 = -12,09.1,6.10^{-19} = -19,34.10^{-19}J$$

$$\lambda_{1-3} = \frac{hc}{E_1 - E_3} = \frac{6,63.10^{-34}.3.10^8}{16,32.10^{-19}} = 102nm$$

$$E_{1-4} = E_1 - E_4 = -13,6 + 0,85 = -12,75.1,6.10^{-19} = -20,4.10^{-19}J$$

$$\lambda_{1-4} = \frac{hc}{E_1 - E_4} = \frac{6,63.10^{-34}.3.10^8}{20,4.10^{-19}} = 97,5nm$$

4) ***L'explication***

ces rayonnement contient deux dont $\lambda_a = 97,5nm$ *et* $\lambda_C = 121,9nm$ *possédant d'énergie capable d'extrait l'électron dans l'atome d'hydrogène.*

5) ***La vitesse***

$\boxed{v = 2,19.10^{-6}m/S}$ $E_{ph} = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2.E_{ph}}{m}} = \sqrt{\frac{2.13,7.1,6.10^{-19}.}{9,1.10^{-31}}} = 2,19.10^{-6}m/S$

Exercice 2

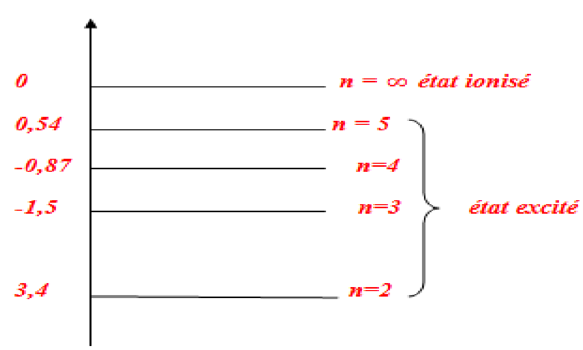
1.1.1 l'énergie minimale

- $\Delta E = |E_1 - E_\infty| = 13,6eV$

1.1.2 L'énergie minimale

- $\Delta E = |E_2 - E_\infty| = 3,4eV$

1.2 Le schéma



2.1)- Calcul l'énergie d'émission

Le déplacement d'électron entre le niveau 3 et niveau 1 peut être directe et peut être aussi passer par le niveau 2

$$E_{3-1} = E_3 - E_2 + E_2 - E_1 = h\frac{c}{\lambda_2} + h\frac{c}{\lambda_1} = \frac{6,63.10^{-34}.3.10^8}{568,8.10^{-9}} + \frac{6,63.10^{-34}.3.10^8}{589.10^{-9}} = 4,23eV$$

$$\boxed{E_{3-1} = 4,23eV}$$

2.2)- Expression de λ

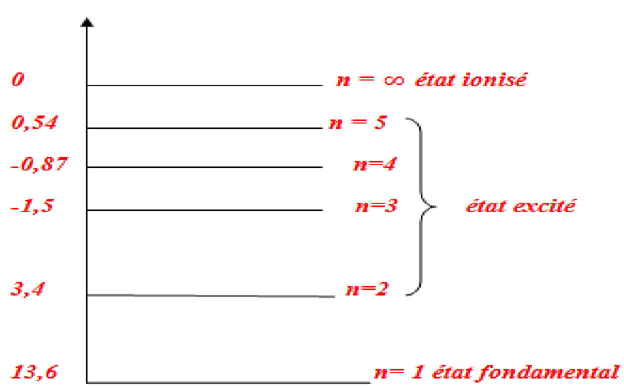
$$E_{3-1} = h\frac{c}{\lambda} = E_3 - E_2 + E_2 - E_1 = h\frac{c}{\lambda_2} + h\frac{c}{\lambda_1} \Leftrightarrow h\frac{c}{\lambda} = h\frac{c}{\lambda_2} + h\frac{c}{\lambda_1} \Leftrightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\boxed{\lambda = \frac{\lambda_1.\lambda_2}{\lambda_2 + \lambda_1} \qquad AN: \lambda = \frac{568,8.10^{-9}.589.10^{-9}}{568,8.10^{-9} + 589.10^{-9}} = 289,36nm}$$

Exercice 3

$$E_1 = \frac{-13,6}{(1)^2} = -13,6eV \quad E_2 = \frac{-13,6}{(2)^2} = -3,4eV \quad E_3 = \frac{-13,6}{(3)^2} = -1,51eV \quad E_4 = \frac{-13,6}{(4)^2} = -0,87eV$$

$$E_5 = \frac{-13,6}{(5)^2} = -0,54\ eV$$



2) L'énergie d'ionisation : *est l'énergie qu'il faut fournir pour arracher l'électron soit 13,6eV*

3) Calcul longueur d'onde

$$E_{5-3} = E_5 - E_3 = -0,54 + 1,51 = 0,97.1,6.10^{-19} = 1,55.10^{-19}J$$

$$\lambda_{5-3} = \frac{hc}{E_5 - E_3} = \frac{6,63.10^{-34}.3.10^{8}}{1,55.10^{-19}} = 1,28.10^{-6}m.$$

Cette longueur d'onde appartient la domaine (U.V) spectre invisible.

4)- L'énergie de photon absorbé

Le photon peut être absorbé si son énergie est égale à la différence d'énergie entre deux niveaux d'énergie de l'atome

$E_{4-3} = E_4 - E_3 = -0,87 + 1,51 = 0,66eV$ *Donc le photon d'énergie 0,5eV ne peut pas être absorbé par l'atome.*

Un photon d'énergie 2eV peut être absorbé par l'atome (car avec cette valeur qu'elle est >0,66 peut s'ioniser l'atome de l'hydrogène).

Chapitre 12 La Radioactivité

Le défaut de masse : $\Delta m = Zm_p + (A-Z)m_n - m_{noy}$

L'énergie de liaison : $E_l = \Delta mC^2$; E_A : énergie de liaison par nucléons $= \frac{E_l}{A}$; A :est le n^{br} de masse

Lois de conservation : ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A_1}_{Z_1}Y_1 + {}^{A_2}_{Z_2}Y_2$ $A = A_1 + A_2$ et $Z = Z_1 + Z_2$

Réaction de fission : ${}^{1}_{0}n + {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{A_2}_{Z_2}X_2 + k{}^{1}_{0}n$ $\Delta m = m_{réactifs} - m_{prduits}$

Réaction de fusion : ${}^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{1}He + E$

La radioactivité α : est l'émission de noyau d'hélium ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A-4}_{Z-2}Y$

La radioactivité β^- : est l'émission d'électron ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}_{Z+1}^{A}Y + {}^{0}_{0}\nu$

La radioactivité β^+ : est l'émission de positon ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{0}_{1}e + {}_{Z-1}^{A}Y + {}^{0}_{0}\nu$

La radioactivité γ : est l'émission de photon ${}^{A}_{Z}Y^* \rightarrow {}^{A}_{Z}Y + \gamma$

$$\Delta m = (m_{prduits} - m_{réactifs})$$

Loi de décroissance radioactive : $N = N_o\ e^{-\lambda t}$

Activité : C'est le nombre de désintégrations par unité du temps $A = \frac{-dN}{dt}\ \lambda N_0 e^{-\lambda t} = \lambda N$

Période radioactive : C'est le temps T au bout duquel la moitié des noyaux initialement présents s'est désintégrée $T = \frac{Ln2}{\lambda}$

Exercice 1

Le polonium $^{210}_{84}\mathrm{Po}$ est un isotope radioactif. L'atome de polonium se désintègre en émettant une particule α. L'élément fils est le plomb.

1- Ecrire l'équation de désintégration.

2- Calculer en joule et en MeV l'énergie émise au cours de cette désintégration.

3- La période du nucléide $^{210}_{84}\mathrm{Po}$ est T=136jours. Calculer la masse du polonium 210 restant au bout de 414jours dans un échantillon qui en contenait initialement 20g.

Masse de l'atome de polonium 210 : 210,0482u Masse de l'atome de plomb : 206 ,0385u

Masse de la particule α : 4,0039u Célérité de la lumière $c=3.10^{8}$m/s

$1u=1,67.10^{-27}$kg

Exercice 2

La méthode potassium- argon permet de dater les roches dont la teneur en potassium est significative dans une gamme d'âges de trois milliards d'années à quelques dizaines de milliers d'années. Les roches volcaniques contiennent l'isotope 40 du potassium ; ce dernier est radioactif et se désintègre en argon 40 avec une demi-vie ou période $t_{1/2}= 1,4\ 10^{9}$ ans. L'argon est un gaz qui est en général retenu par la roche.

Lors d'une éruption la roche perd l'argon 40 : c'est le dégazage. A la date de l'éruption la lave ne contient donc plus d'argon. Au cours du temps l'argon 40 s'accumule à nouveau dans la roche alors que le potassium 40 disparaît peu à peu. On considère les masses des atomes de potassium 40 et d'argon 40 identiques.

1- Qu'appelle-t-on isotopes ? $^{40}{}_{19}K$ Que signifie les nombres 19 et 40 ? Quelle est la composition du noyau de potassium 40 ? Quel nombre caractérise l'élément chimique ?

2- L'analyse d'un échantillon de basalte montre qu'il contient m=1,4 mg de potassium 40 et une masse m'=0,2 mg d'argon 40. On prend l'origine des dates au moment de l'éruption volcanique.

a - Ecrire l'équation de désintégration du potassium 40 en argon 40 (Z=18).

b - Quelle était la masse m_0 de potassium 40 à la date de l'éruption ? Justifier.

c - Exprimer le nombre de noyaux de potassium 40, noté N en fonction de la constante radioactive, du temps et du nombre de noyaux initiaux noté N_0.

d - Etablir l'expression entre la constante radioactive et la demi-vie .

e- Exprimer N(t) en fonction de N_0 et $t_{1/2}$.

f - Exprimer l'âge de la roche en fonction de m_0, m et $t_{1/2}$. Faire le calcul.

Les solutions

Exercice1 :

1) l'équation de désintégration :

$$^{21°}_{84}P \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{206}_{82}Pb$$

2)- l'énergie émise au cours de cette désintégration est :

$E = \Delta mc^2$

Δm=*m(α)+m(Pb)-m(Po)* $= (4,0039 + 206,0385 - 2010,0482).1,67.10^{-27}$ =*-0,00928*$.10^{-27}kg$

$\Delta m = -.0,0092810^{-27}Kg$

$E = -.0,0092810^{-27}.9.10^{16}$ =*-0.08352.* 10^{-11}J

$E = \frac{-0.08352.10^{-11}}{1,6.10^{-19}} = -0,0522.\ 10^{8}eV$

E =-5, 22 Mev

3) La masse du polonium 210 restant

T=136J

$\lambda = \frac{Ln2}{136.86400}$

$\lambda = \frac{0,69}{1,1.10^{7}} = 0,62.10^{-7}m$

$m = m_0 e^{-0,62.10^{-27}t}$$=20.e^{-0,62\ .\ 3,5} = 20e^{-2,17} = 20.0,11 = 2,28g$

$m_r = m_0 - m = 20 - 2,28 = 17,2g$

Exercice2

1°) Les isotopes : *sont des éléments ont le même nombre de charge mais nombre de masse différent.*

- $^{40}_{19}K$ *19 : représente nombre de proton et 20 représente nombre de masse*
- *il est constitué de 19 proton ,19 électron et 21 neutron*
  Le nombre qui caractérise l'élément chimique et le nombre de masse.
  2°) a) L'équation désintégration

$^{40}_{19}K \xrightarrow{\beta^+} {}^{0}_{1}e + {}^{40}_{18}Ar$

b)- la masse m_0 de potassium 40

$m = m_0 e^{-\lambda t}$ *à la date t = 0s* $m = m_0 = 1,4mg$

c°) Le nombre de noyaux de potassium 40

$N = N_o\ e^{-\lambda t}$

d)- L'expression entre la constante radioactive et la demi-vie

$$T = \frac{Ln2}{\lambda} \Longrightarrow \lambda = \frac{Ln2}{T}$$

e)- N(t) en fonction de N_0 et $t_{½}$.

$$N = N_o \ e^{-\lambda t} \ avec \ \lambda = \frac{Ln2}{T} \ e^{-\frac{Ln2}{T} t} \ N = N_o \ e^{-\frac{Ln2}{T} t}$$

f- L'âge de la roche en fonction de m_0, m et $t_{½}$

$$m = m_0 e^{-\lambda t} \Leftrightarrow m = m_0 e^{-t \frac{Ln2}{T}} \Rightarrow \frac{m}{m_0} = e^{-\frac{Ln2}{T} t} \Rightarrow ln \frac{m}{m_0} = -\lambda t \Leftrightarrow ln \frac{m_0}{m} = \lambda t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{T}{ln2} \ ln \frac{m_0}{m}$$

Tableau de matière

Curriculum vitae

Etat civil :

Nom et prénom : Mohamed Saleck O/ Sghally
Date et lieu de Naissance : 07/11/1973 Nouakchott
Nationalité : Mauritanienne
Contact : 46466374 Adresse électronique : saleksakaly4@gmail.com

Diplôme:

Diplôme de maîtrise en chimie faculté des sciences et technologie.

Les formations :

Formations linguistiques (FLENS)

Session informatique (média max)

Formations gestion de labo (cellule de promotion les matières scientifiques).

Formation sur les mesures de sécurités au labo (lycée adame de Craponne Marseille France).

Langues Parlées et écrites :

-Arabe : très bien ; -Français : bien ; -Anglais : moyen

Bibliographie

Physique (Terminale C et D).

Série Dima-Dima

Exercices corrigés BORDAS Terminale D.

Physique Terminale (NATHAN).

Les Sites :

www.chimix.fr

www.devoirat.net

www.ipn.mr

www.iledephysique.net