TRAVAUX DIRIGES DE PHYSIQUES

APPLICATIONS DES LOIS DE NEWTON **Classe : Tle C, D & Ti**

Proposé par M. LONTOUO Senghor

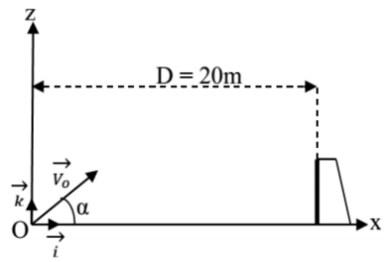
EVALUATIONS DES RESSOURCES

Exercice 1 :

D'un point O d'une terrasse située au sommet d'une tour de hauteur h = 80m, un projectile est lancé verticalement vers le haut avec une vitesse V_0 = 40m/s.

1. Etablir l'équation horaire z(t) du mouvement sur un axe (O,z) vertical ascendant.
2. A quelle hauteur s'élèvera le projectile ? On prendra : g = 9,8m/s^2.
3. Quelle est sa vitesse lorsqu'il repasse au niveau de la terrasse ?
4. Au bout de combien de temps et avec quelle vitesse le projectile atteindra-t-il le sol ?

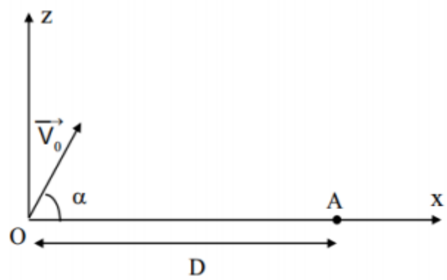
Exercice 2 : ETUDE DU COUP FRANC EN FOOTBALL



La balle considérée comme point matériel est posée sur le sol horizontal à une distance D des buts. Le jouer, tirant le coup franc, donne à la balle une vitesse initiale $\vec{V}_0$ inclinée sur l'horizontale d'un angle $\alpha = 30°$. La balle, dont on néglige la rotation sur elle-même suit une trajectoire curviligne. On néglige la résistance de l'air et l'influence du vent. On prendra $g = 10\ m/s^2$.

1. Donner la nature du mouvement de la balle suivant l'axe (ox) et suivant l'axe (oz).
2. Déterminer l'équation de la trajectoire de la balle.
3. A quelle condition doit satisfaire la vitesse initiale V_0 pour que la balle passe au-dessus du mur formé par les adversaires situés à $d = 9\ m$ de la position initiale de la balle ? La hauteur des adversaires à dépasser est $h = 1,80\ m$.
4. Entre quelles limites le module de la vitesse $\vec{V}_0$ doit-il être compris pour que la balle pénètre dans le but vide ? La hauteur H des buts est $2,44\ m$.
5. Calculer la durée du tir, c'est-à-dire le temps qui sépare le départ de la balle de son entrée dans les buts, pour les deux limites de la question précédente.
6. Pour $V_0 = 16\ m/s$, Calculer l'altitude maximale atteinte par la balle et le temps mis pour l'atteindre.

Exercice 3 :



Un héros légendaire Amangoua, ayant refusé de saluer son chef est condamné par ce dernier à une rude épreuve qui consiste à transpercer à l'aide d'une flèche, une pomme placée sur la tête de son fils. On assimilera la flèche à sa pointe G et la pomme à son centre d'inertie A. on prendra $g = 10\ m/s^2$ et on négligera la résistance de l'air. Amangoua, placé à une distance $D = 50m$ de son fils, en un point O envoie la flèche avec un vecteur vitesse $\vec{V}_0$ faisant un angle α avec l'horizontale (voir figure).

1. Etablir les équations du mouvement de G dans le repère (O, x, z).
2. En déduire l'équation cartésienne de sa trajectoire.
3. Montrer que l'équation de la trajectoire est de la forme : $z = -\frac{gx^2}{2V_0^2}tan^2\alpha + xtan\alpha - \frac{gx^2}{2V_0^2}$. Faire l'application numérique. On donne $V_0 = 23,8\ m/s$.
4. **a.** Montrer qu'il existe deux angles de tir α_1 et α_2 $(\alpha_1 < \alpha_2)$ de α pour atteindre la pomme.

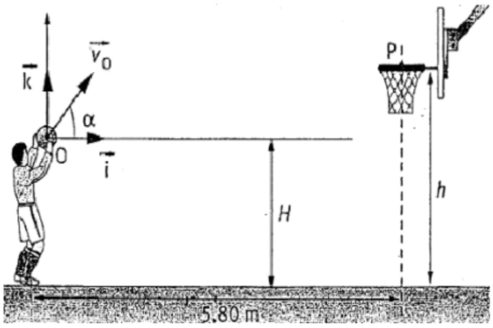
b. Vérifier que ces deux angles sont complémentaires. Préciser l'angle correspondant à un tir tendu et celui qui correspond à un tir en cloche.

5. Quelques jours plus tard, Amangoua aperçoit le chef sur le toit d'un immeuble. Il décide de l'abattre pour se venger. Le chef sera assimilé à un cible ponctuelle B située à une hauteur $h = 40m$ par rapport au sol et à une distance $d = 50m$ du point O. Amangoua envoie sa flèche avec une $\vec{V_0}'$ sous l'angle α_2. Le chef sera abattu si la flèche l'atteint avec une vitesse minimale de $100km/h$.

   a. Déterminer la valeur de V_0'.

   b. Le chef sera-t-il abattu ? justifier.

<u>Exercice 4</u> : LANCER FRANC AU BASKET



Le jeu de basket a été inventé en 1891 dans un gymnase de Spring-field (États-Unis). La hauteur des paniers $h = 3{,}055\ m$ a été conservée. Au cours d'un match, chaque faute commise sur un adversaire est sanctionnée par deux lancers francs. Le joueur chargé du lancer se place derrière une ligne située à 5,80 m du panier.
On considère l'exemple suivant :

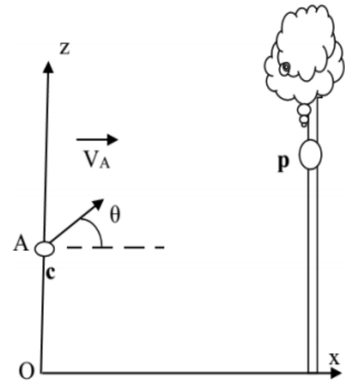
- Lorsque la balle quitte la main, son centre G se trouve à la position O, situé à une hauteur $H = 2,34\ m$ et à une distance horizontale $D = 5,80\ m$ du centre du panier ;
- le vecteur vitesse initial $\vec{V_0}$ fait un angle 5,2° avec l'horizontale.

On considère le mouvement de chute libre de la balle dans le repère lié au référentiel terrestre.

1. Établir l'expression littérale de l'équation $z = f(x)$ de la trajectoire de G.

2. Calculer la valeur que doit avoir V_0 pour que G passe au centre du panier.

<u>Exercice 5</u> : MOUVEMENT D'UN CAILLOU DANS LE CHAMP DE PESANTEUR



Un enfant décide de cueillir une papaye solo (p) qui se trouve à 2,92 m à l'aide d'un caillou c qu'il lance à l'aide de sa main à partir d'un point A situé à 1,7 m du sol à la vitesse $V_A = 10\ m/s$ faisant un angle $\theta = 30°$ avec l'horizontale. Le pied du papayer se trouve à 5 m du point O. On néglige l'action de l'air sur le caillou de masse $m = 100g$. Prendre $g = 10\ m/s^2$.

1. Établir les équations horaires du mouvement du centre d'inertie G caillou dans le repère Oxz.

2. Donner la nature du mouvement du centre d'inertie du caillou sur l'axe Ox et sur l'axe Oz.

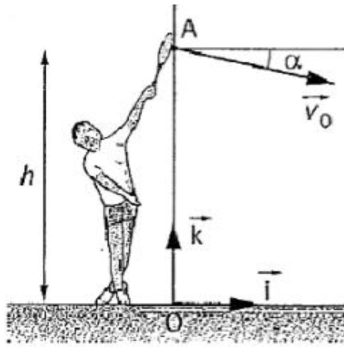
3. Établir l'équation cartésienne de la trajectoire du centre d'inertie G du caillou.

4. Déterminer la flèche et le temps mis par le caillou pour l'atteindre.

5. Le caillou va-t-il toucher la papaye ? La papaye et le caillou sont considérés comme des objets ponctuels.

6. En supposant que le papayer n'est plus dans le champ de tir, déterminer la portée du caillou.

<u>Exercice 6</u> :



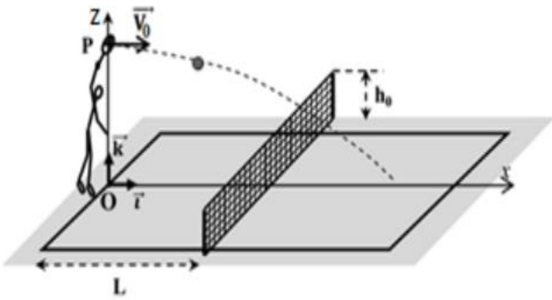
Lors d'un service, un joueur de tennis frappe la balle d'une hauteur h = 2, 41 m. Il lui communique alors une vitesse de valeur $V_0 = 54{,}2\ m/s$. À cette date, choisie comme origine des temps, la balle est au point A. Le vecteur-vitesse initiale $\vec{V_0}$ est dirigé vers le bas et fait un angle $\alpha = 5{,}2°$ l'horizontale. On étudie le mouvement de chute libre du centre d'inertie G de la balle dans un référentiel terrestre muni d'un repère $(O, \vec{\imath}, \vec{k})$. L'origine O est située au niveau du sol, à la verticale de A.

1. Établir les équations horaires du mouvement de G.

2. À quelle date t_P la balle atteindra-t-elle le sol si elle n'est pas interceptée ?

3. À quelle distance P de O se trouvera-t-elle alors ?

Exercice 7 :

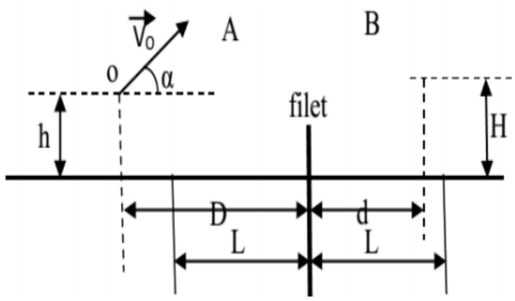


Au point P situé à une hauteur $h = 2{,}7\ m$ au-dessus du sol, une balle de tennis, assimilée à un point matériel, est frappée avec une raquette, elle part de ce point à un instant pris comme origine des dates ($t = 0$) avec une vitesse initiale horizontale, de valeur $V_0 = 25\ m/s$ (voir figure). Le mouvement de la balle sera étudié dans le repère $(O, \vec{\imath}, \vec{k})$, O point du sol. Le filet a une hauteur $h_0 = 1\ m$ et est placée à une distance $L = 12\ m$ de O.

1. Etablir l'expression littérale des lois horaires $x(t)$ et $z(t)$ du mouvement de la balle. En déduire l'équation de la trajectoire de la balle dans le repère $(O, \vec{\imath}, \vec{k})$.

2. La balle franchira-t-elle le filet ? Justifier votre réponse.

Exercice 8 :



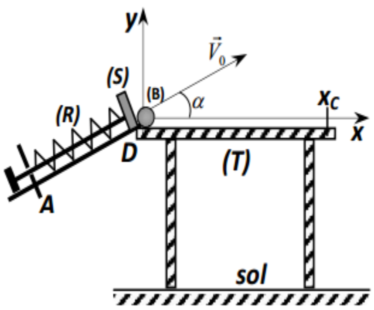
Dans cet exercice, on assimile la balle à un point matériel, on néglige l'action de l'air et on suppose la surface du jeu parfaitement horizontale ; on prendra $= 10\ m/s^2$. Un joueur de tennis ($zone\ A$) tente faire passer la balle au-dessus de son adversaire ($zone\ B$) situé à une distance d derrière le filet. Il frappe la balle alors que celle-ci est en O, à la distance D du file et à la hauteur h au-dessus du sol. Celle-ci part avec une vitesse V_0 inclinée d'un angle α par rapport au sol.

1. Etablir, dans le repère (oxy) , l'équation de la trajectoire de la balle après le choc avec la raquette. $\alpha = 60°, V_0 = 14\ m/s$.

2. Sachant que le joueur de la $zone\ B$, tenant la raquette à bout de bras, atteint la hauteur H, peut-il intercepter la balle ? $H = 3m, d = 2m, D = 13m, h = 0{,}5m$.

3. L étant la distance de la ligne de fond à la base du filet, la balle peut-elle retomber dans la surface de jeu ? $L = 12m$.

Exercice 9 :



Senghor utilise le dispositif ci-contre pour déterminer expérimentalement l'intensité g de la pesanteur dans sa localité. Ce dispositif est constitué des éléments suivants :

- ✓ Un ressort (R) à spires non jointives, de longueur à vide $l_0 = AD$, de constante de raideur $K = 20\ N/m$ et de masse négligeable ;
- ✓ Un solide (S) de masse $m = 500g$, assimilable à un point matériel ;
- ✓ Une bille (B) de masse $m = 500g$, elle aussi assimilable à un point matériel ;
- ✓ Une tige rigide (t) liée au solide (S).

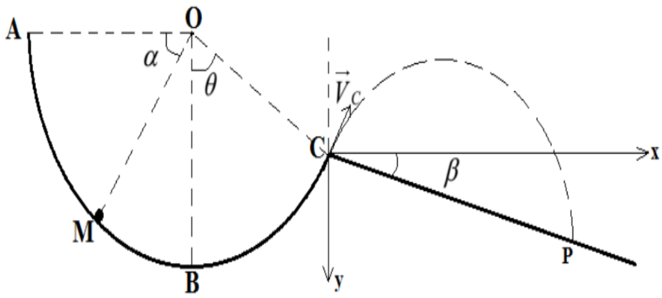
En tirant sur la tige (t), Zagalo comprime le ressort d'une longueur "a". Dès qu'il lâche la tige, celle – ci se met spontanément en mouvement et vient percuter la bille (B). N.B : Le choc entre $(S)\ et\ (B)$ se produit toujours à un instant où le ressort n'est ni comprimé, ni allongé. Après le choc, le solide (S) s'immobilise et la bille (B) se met en mouvement avec une vitesse $\vec{V_0}$ faisant un angle α avec l'horizontale.

1. Etablir la relation donnant V_0 en fonction de $, K, m, g\ et\ \alpha$. On prendra pour origine des énergies potentielles de pesanteur, le plan horizontal de la table.
2. Pour la suite de l'exercice, nous négligeons la variation de l'énergie potentielle de pesanteur.
3. Montrer que dans ces conditions, $V_0 = |a|\sqrt{\frac{K}{m}}$.
4. Etablir l'équation et la nature de la trajectoire de la bille (B) après le choc, dans le repère orthonormé (O, x, y).
5. En déduire l'expression de l'abscisse x_C du point de chute C de la bille sur la table, en fonction de V_0, $g\ et\ \alpha$.
6. **Senghor** établit après une série de tirs le tableau ci-contre :
   - **a.** Compléter ce tableau.
   - **b.** Tracer le graphe $x_C = f(a^2)$ sur un papier millimétré. Echelle : $1cm\ pour\ 10^{-3}m$; $1cm\ pour\ 10^{-4}m^2$
   - **c.** En déduire l'intensité g de l'accélération de la pesanteur dans la localité où vit **Senghor**. On donne : $\alpha = 39°$.

$a(m)$	0,01	0,02	0,03	0,04
$x_C(10^{-3}m)$	0,39	1,57	3,6	6,4
$a^2(10^{-4}m^2)$				

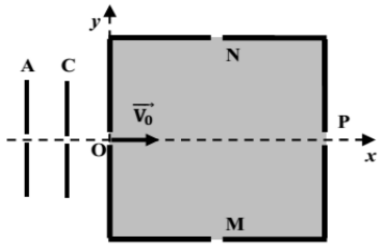
Exercice 10 :

Un solide (S) assimilable à un point matériel de masse m se déplace à l'intérieur d'une glissière circulaire de centre O et de rayon r. On lâche ce solide à partir du point A avec une vitesse V_0 de telle sorte que le mouvement ait lieu dans le plan vertical. Sa position est repérée par l'angle α formé par l'horizontale et le rayon OM



1. Exprimer la norme V du vecteur vitesse en un point M en fonction de V_0, g, r et α.
2. Exprimer les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}$, dans la base de Freinet.
3. Calculer les normes V et a pour les deux position $\alpha_1 = 30°$ et $\alpha_2 = 90°$. Représenter le vecteur accélération dans ces deux positions sur la figure. On donne $m = 100g, r = 1m$, $g = 10N/kg$, $V_0 = 2\ m/s$.
4. En réalité, le solide (S) arrive en B ($\alpha_2 = 90°$) avec une vitesse $V_B = 4{,}4\ m/s$. La glissière exerce donc sur lui des
   forces de frottements équivalentes à une force unique opposée à la vitesse et d'intensité f constante.
   - **a.** Déterminer f.
   - **b.** Déterminer au point B l'intensité de la réaction R et le représenter.
5. Le solide quitte la glissière au point C repéré par l'angle θ formé par la verticale et le rayon OC. Il tombe au point P de la piste, faisant un angle β avec l'horizontale au point C.
   - **a.** Exprimer V_C en fonction de θ.
   - **b.** Etablir dans le repère $(C, \vec{\imath}, \vec{\jmath})$ l'équation de la trajectoire du solide (S) au de la du point C.
   - **c.** Montrer que la portée définie comme l'abscisse x_P du point P est tel que $x_P = \frac{2V_C^2\cos\theta\sin(\theta+\beta)}{g\cos\beta}$.
   - **d.** Déterminer dans le repère $(C, \vec{\imath}, \vec{\jmath})$ l'expression des coordonnés du point F sommet de la trajectoire de S.

Exercice 11 :



Dans le dispositif suivant règne un vide poussé. La force de pesanteur sera négligée par rapport aux autres forces. Un faisceau homocinétique de protons d'abord accéléré par une tension appliquée entre deux plaques A et C, pénètre en O à une vitesse $V_0 = 800\ km/s$ dans une enceinte de section carrée de côté $2R = 100\ cm$ où les ouvertures O, M, P, N sont situées aux milieux des côtés (voir figure ci-contre).

Données : charge électrique élémentaire $e = 1{,}6 \times 10^{-19}\ C$, masse du proton $m = 1{,}67 \times 10^{-27}\ kg$

1. En justifiant, donner le signe de la tension $U = V_A - V_C$.

2. Dans cette enceinte on applique un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ pour que les protons sortent par l'ouverture N.

a. Préciser la direction et le sens de $\vec{B}$

b. Etablir l'expression de la valeur B du champ magnétique en fonction de V_0, $e, m\ et\ R$. Calculer numériquement B.

3. On supprime le champ magnétique précédent et on applique maintenant un champ électrique uniforme $\vec{E}$ pour que les protons sortent par l'ouverture M.

a. Préciser la direction et le sens de $\vec{E}$

b. Etablir l'expression de l'équation cartésienne de la trajectoire d'un proton dans le repère (Ox, Oy).

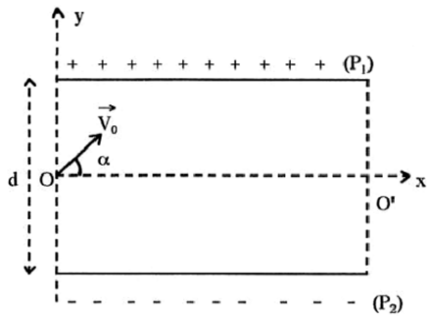
c. Donner l'expression de la valeur E du champ électrique en fonction de V_0, $e, m\ et\ R$. Calculer numériquement E.

4. On applique maintenant simultanément les champs $\vec{B}$ et $\vec{E}$ qui conservent leurs directions et sens précédents.

a. Quelle relation doit vérifier leurs valeurs pour que les protons sortent par l'ouverture P sans être déviés ?

b. Donner alors l'expression de la durée Δt du trajet OP. Calculer numériquement sa valeur.

Exercice 12 :



Données : charge électrique élémentaire $e = 1{,}6 \times 10^{-19}\ C$, masse de la particule α : $m = 6{,}64 \times 10^{-27}\ kg$.

Un faisceau de particules α ($ions\ He^{2+}$) pénètre entre les plaques horizontales P_1 et P_2 d'un condensateur à la vitesse de valeur $V_0 = 448\ km/s$ dont la direction fait un angle $\alpha = 45°$ avec l'horizontale. La longueur des plaques est $L = 10\ cm$; La distance entre les armatures est $d = 8\ cm$; La tension entre les armatures est U.

1. Etablir les équations horaires du mouvement d'une particule α entre les armatures du condensateur.

2. Etablir l'équation de la trajectoire d'une particule α entre les armatures du condensateur. Donner son expression numérique.

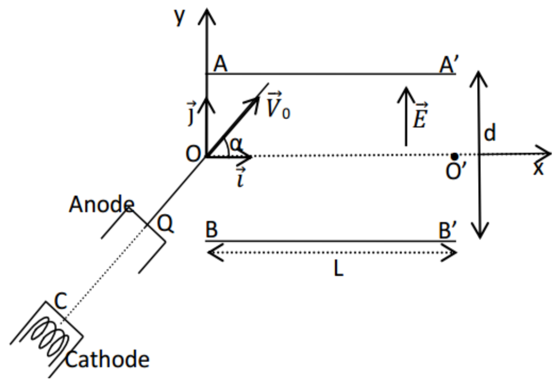
3. Quelle est la condition d'émergence d'un faisceau de particules α ? (valeur de U pour que le faisceau ne rencontre pas l'une des armatures du condensateur).

4. Déterminer la valeur de U pour que le faisceau sorte des armatures au point O'. Déterminer alors les caractéristiques du vecteur vitesse $\vec{V_0}'$ des particules α à leur sortie au point O'.

Exercice 13 :

Des électrons sont émis par une cathode C avec une vitesse initiale négligeable. Ils sont alors accéléré par une tension $U_{QC} = U_0 = 500\ V$ et arrivent en Q avec une vitesse $\vec{V_0}$ faisant un angle α avec l'axe (Ox). Le poids des électrons a un effet négligeable.

1. Calculer le module V_0 de la vitesse $\vec{V_0}$.



2. Les électrons venant de Q arrivent en O, avec la vitesse $\vec{V}_0$. Ils pénètrent à l'intérieur du condensateur plan constitué par les plaques AA' et BB' (voir figure) le champ électrique $\vec{E}$ uniforme et la tension $U_{AB} = U$ est positive.

a. Dans le repère $(O, \vec{\imath}, \vec{\jmath})$; exprimer en fonction de e, V_0, U, α et d les composantes du vecteur accélération, vecteur vitesse et vecteur position à l'intérieur des plaques.

b. En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire en fonction de U_0, U, α et d.

c. Exprimer en fonction de U_0, U, α et d, les coordonnées du point M où le vecteur vitesse est parallèle à l'axe (Ox). En déduire la relation liant $U_0, U\ et\ \alpha$ pour que l'électron ne touche pas la plaque supérieure AA'.

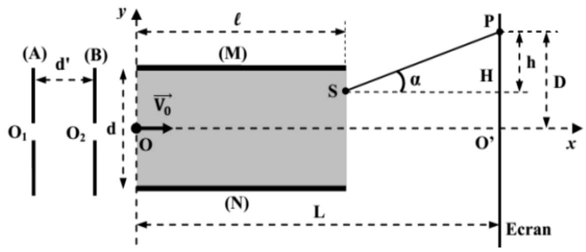
3. On veut que l'électron sorte du champ en O' :

a. Déterminer en fonction de α ; L ; $d\ et\ U_0$ la tension à appliquer entre les plaques. Donner sa valeur numérique.

b. Montrer alors que le vecteur vitesse en O' a la même valeur qu'en O.

Données : charge électrique élémentaire $e = 1{,}6 \times 10^{-19}\ C$, masse de l'électron $m = 9{,}1 \times 10^{-31}\ kg$
$\alpha = 30°$; $d = 7{,}0\ cm$; $L = 20\ cm = OO'$.

Exercice 14 :



La charge de l'électron: $q = -e$ avec $e = 1{,}6 \times 10^{-19}\ C$; masse de l'électron $m = 9{,}1 \times 10^{-31}\ kg$. L'effet du poids de l'électron sera toujours négligé.

I. Étude du canon à électrons : Le canon à électrons est constitué d'un filament qui, lorsqu'il est porté à haute température, émet des électrons de vitesse initiale négligeable. Ces électrons sont ensuite accélérés à partir d'un point O_1 à l'intérieur d'un condensateur plan dont les armatures $A\ et\ B$ sont verticales et distantes de d'. La différence de potentiel entre les deux plaques est telle que de $|U_{AB}| = |U_0| = 1{,}8\ kV$.

1. Montrer que la tension U_{AB} aux bornes du condensateur doit être négative pour permettre à un électron d'être accéléré.
2. Déterminer l'expression de la vitesse V_0 d'un électron lorsqu'il parvient à la plaque B du condensateur au point O_2 en fonction de $e, m\ et\ U_0$; puis calculer sa valeur.

II. Étude de la déflexion due au condensateur: On s'intéresse maintenant à la déviation du faisceau dans le condensateur, constitué de plaques planes parallèles M et N. Celui-ci est soumis à une tension $U_{MN} = U > 0$. On considère que le mouvement de l'électron est plan et s'effectue dans le plan (Oxy). Un électron arrive en O avec la vitesse $\vec{V}_0$ de direction (Ox) à la date $t_0 = 0$. On appelle M la position de l'électron à la date t.

1. En utilisant le théorème du centre d'inertie, établir l'équation de la trajectoire d'un électron dans le condensateur.
2. L'électron sort du condensateur en un point S, avec une vitesse $\vec{V}_S$ faisant un angle α avec l'horizontale, puis vient frapper l'écran en un point P. On appelle H la projection orthogonale du point S sur l'écran. On définit la distance $h = HP$. La distance du centre O' de l'écran au point d'impact P est appelée déflexion électrique, on la note D. On note ℓ la longueur d'une plaque, d la distance entre les plaques, et L la distance OO'.

a. Quelle est la nature de la trajectoire entre $S\ et\ P$? Justifier.

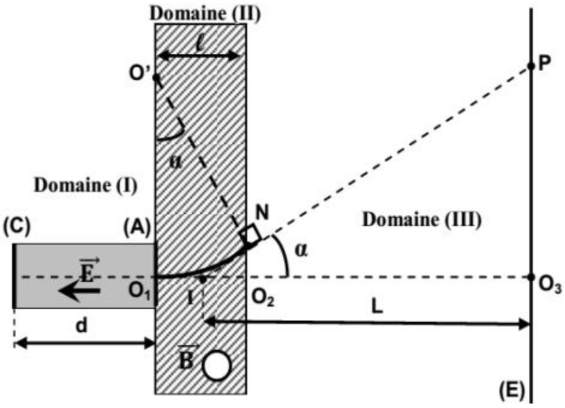
b. Exprimer les composantes du vecteur vitesse au point S. En déduire une expression de $\tan\alpha$ en fonction de e, U, ℓ, m, d, V_0.

c. Exprimer $tan\ \alpha$ en fonction de h, L, ℓ.

d. Exprimer alors h en fonction de $e, U, \ell, m, d, V_0\ et\ L$.

e. Démontrer que la déflexion électrique D a pour expression : $D = \frac{eUl(2L-l)}{2mdV_0^2}$. Cet appareil peut être utilisé comme voltmètre. Justifier cet emploi à partir de l'expression donnée ci-dessus.

Exercice 15 :



Données : $L = 40\ cm$; $l = 1\ cm$; $d = 10\ cm$; $m = 9{,}1 \times 10^{-31}\ kg$; $E = 5 \times 10^4 V/m$.

Dans tout l'exercice, on négligera le poids de l'électron devant les autres forces qui agissent sur lui.

1. 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 $\vec{E}$.

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. Arrivé en O_1, les électrons subissent sur la distance l'action d'un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la figure (le domaine où règne ce champ est hachuré).

a. Quel doit être le sens du vecteur $\vec{B}$ pour que les électrons décrivent l'arc de cercle O_1N ? Justifier la réponse.

b. Etablir l'expression du rayon $R = O'O_1 = O'N$ de cet arc de cercle. Calculer R pour $B = 2.10^{-3}\ T$.

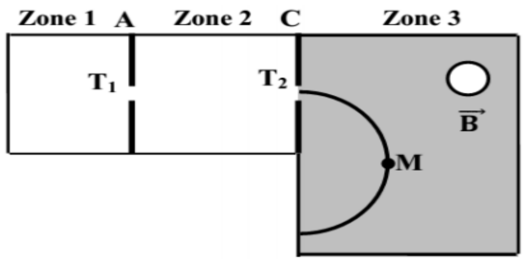
3. **a.** Quel est la nature du mouvement de l'électron dans le domaine (III) où n'existe aucun champ ?

b. Le domaine (III) est limité par un écran (E) sur lequel arrivent les électrons. La droite NP coupe l'axe O_1O_2 au point M. L'écran (E) est à la distance L du point M. Exprimer en fonction de $m, e, B, L, et\ V_0$, la déflexion magnétique $O_3P = Y$ subie par un électron à la traversée du système $(II) + (III)$. **NB :** On fera les hypothèses simplificatrices suivantes :

- Dans le domaine (II) de l'espace, on peut confondre la longueur de l'arc avec la longueur $O_1O_2 = l$ où règne le champ ;
- On supposera que la déviation angulaire α est faible.

c. Sachant que $Y = 3{,}35\ cm$, retrouver la valeur V_0 de la vitesse de l'électron au point O_1.

Exercice 16 :



On se propose de déterminer le nombre x de masse de l'un des isotopes du potassium, à partir d'un mélange de deux types d'isotopes : ^{39}K et ^{x}K. L'isotope ^{39}K est plus abondant. On utilise alors un spectrographe de masse constitué essentiellement de trois compartiments (voir figure ci-contre). Dans le premier compartiment, les atomes de potassium sont ionisés en cations ($^{39}K^+\ et\ ^{x}K^+$) ; dans le deuxième compartiment, les ions sont accélérés, leurs vitesses initiales étant négligeables et dans le troisième compartiment, les ions sont soumis à l'action d'un champ magnétique ; en fin de course, ils atteignent un écran luminescent. **Données :** Le mouvement des particules a lieu dans le vide ; le poids d'un ion est négligeable devant la force électrique et la force magnétique. La charge élémentaire est $e = 1{,}6 \times 10^{-19}\ C$; la tension U établie entre les plaques A et C a pour valeur $U = VA - VC = 10^3\ V$; l'intensité du champ magnétique régnant dans la **zone 3** est $B = 100\ mT$; la masse d'un nucléon est $m_0 = 1,67 \times 10^{-27}\ kg$; la masse de l'ion ${}^{39}K^+$ est $m_1 = 39m_0$; la masse de l'ion ${}^{x}K^+$ est $m_2 = xm_0$.

1. Entre les plaques A et C, les ions sont accélérés par un champ électrique uniforme. Leur vitesse au point T_1 de la plaque A est supposée nulle.

a. Montrer que, arrivés au niveau de la plaque C, en T_2, tous les ions potassium ont la même énergie cinétique.

b. Montrer qu'en T_2, la vitesse de chaque ion ${}^{39}K^+$ a pour expression : $V_1 = \sqrt{\frac{2eU}{39m_0}}$.

c. En déduire sans démonstration, l'expression de la vitesse V_2 des isotopes ${}^{x}K^+$ en T_2.

2. A partir de T_2, les ions pénètrent dans la **zone 3** avec des vitesses perpendiculaires à la plaque C. Chaque type d'isotope effectue, dans le plan de la figure, un mouvement circulaire uniforme.

a. Reproduire sur la feuille de composition la **zone 3** et représenter au point M de l'une des trajectoires, la vitesse d'un ion potassium et la force magnétique qui s'exerce sur cet ion. Représenter le sens du champ magnétique $\vec{B}$ régnant dans cette zone.

b. Montrer que le rayon de la trajectoire des ions ${}^{39}K^+$ a pour expression $R_1 = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{78m_0U}{e}}$.

c. En déduire l'expression du rayon R_2 de la trajectoire des isotopes ${}^{x}K^+$.

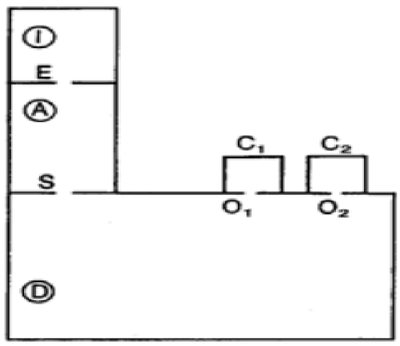
3. Les deux types d'isotopes rencontrent l'écran luminescent en deux points d'impact I_1 et I_2.

a. Préciser, en justifiant, le point d'impact de chaque type d'isotopes.

b. Montrer que le rapport des rayons des trajectoires des isotopes du potassium dans la **zone 3** est $\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{39}{x}}$.

c. La distance entre les points d'impact est $d = 2,5\ cm$. Déterminer la valeur du nombre de masse x de isotope ${}^{x}K^+$.

Exercice 17 : SPECTROGRAPHE DE MASSE



$|U_0| = 4000\ V$; $B = 0,1\ T$; $e = 1,6 \times 10^{-19}\ C$.

1.Des ions de masse m et de charge $q < 0$ sont produits dans la chambre d'ionisation (I) avec une vitesse pratiquement nulle. Ils entrent en E dans l'enceinte A, sous vide, où ils sont accélérés et ressortent en S. Les orifices $E\ et\ S$ sont pratiquement ponctuels, et on note $U_0 = V_E - V_S$ a différence de potentiel accélératrice. La vitesse des ions reste suffisamment faible pour que les lois de la mécanique classique soient applicables.

1. Etablir l'expression littérale de la norme du vecteur vitesse d'un ion à sa sortie en S, en fonction de $m, q\ et\ U_0$.

2. A leur sortie en S, les ions pénètrent dans une deuxième enceinte sous vide D, dans laquelle règne un champ magnétique uniforme vertical.

a. Quel doit être le sens du vecteur champ magnétique pour que les ions puissent atteindre les points O_1 ou O_2 ? Justifier la réponse.

b. En S, le vecteur vitesse des ions est perpendiculaire à la droite passant par les points O_1 , $O_2\ et\ S$.

3. Montrer que la trajectoire d'un ion dans l'enceinte D est plane. Montrer que la vitesse de l'ion est constante, que la trajectoire est un cercle de rayon R. Déterminer l'expression du rayon R.

Le jet d'ions sortant de la chambre d'ionisation est un mélange d'ions ${}^{79}Br^-$, de masse $m_1 = 1,3104 \times 10^{-25}\ kg$ et d'ions ${}^{81}Br^-$, de masse $m_1 = 1,3436 \times 10^{-25}\ kg$.

a. Dans quel collecteur sont reçus les ions de masse m_1 ? Justifier la réponse.

b. Calculer la distance entre les entrées O_1 et O_2 des deux collecteurs C_1 et C_2 chargés de récupérer les deux types d'ions.

4. En une minute, les quantités d'électricité reçues respectivement par les collecteurs C_1 et C_2 sont $q_1 = -6{,}60 \times 10^{-8}\ C$ et sont $q_2 = -1{,}95 \times 10^{-8}\ C$. Déterminer la composition du mélange d'ions. Justifier votre réponse.

Exercice 18 :

La constante de gravitation universelle est $G = 6{,}67.10^{-11}\ S.I.$ On considère une planète P de masse M. Le mouvement de l'un de ses satellites S, assimilé à un point matériel de masse m, est étudié dans un référentiel considéré comme galiléen, muni d'un repère dont l'origine coïncide avec le centre O de la planète P et les trois axes dirigés vers trois étoiles fixes. On admet que la planète a une distribution de masse à symétrie sphérique et que l'orbite de son satellite est un cercle de centre O et de rayon r.

1. Donner les caractéristiques de la force de gravitation exercée par la planète P sur le satellite S. Faire un schéma.
2. Donner l'expression du vecteur champ de gravitation créé par la planète P au point où se trouve le satellite S. Représenter ce vecteur champ sur le schéma précédent.
3. Déterminer la nature du mouvement du satellite S dans le référentiel d'étude précisé.
4. Exprimer le module de la vitesse linéaire V et la période de révolution T du satellite S en fonction de la constante de gravitation G, du rayon r de la trajectoire du satellite et de la masse M de la planète P.
5. Démontrer la troisième loi de Kepler.
6. Sachant que l'orbite du satellite S a un rayon $r = 185\ 500\ km$ et que sa période de révolution vaut $T = 22{,}6\ heures$, déterminer la masse M de la planète P.
7. Un autre satellite S' de la planète P a une période de révolution $T = 108{,}4\ heures$. Déterminer le rayon r' de son orbite.

Exercice 19 :

Les cinq plus gros satellites de la planète Uranus sont Miranda, Ariel, Umbriel, Titania et Obéron. Le tableau qui suit précise le rayon de la trajectoire décrite par chaque satellite autour d'Uranus et la période de révolution :

Satellite	Rayon de la trajectoire $r(\ 10^6 m)$	Période de révolution T(jour)
Miranda	129,8	1,4
Ariel	191,2	2,52
Umbriel	266,0	4,14
Titania	435,8	8,75
Obéron	582,6	13,5

Dans toute la suite, on suppose que la répartition de masse des astres est à symétrie sphérique. Les mouvements des différents satellites d'Uranus sont étudiés dans le référentiel « Uranocentrique » supposé galiléen. On donne $G = 6{,}67.10^{-11}\ S.I.$ On prendra $1 jour = 86400 s$.

1. On se propose de déterminer la vitesse d'un satellite d'Uranus.

a. Montrer que le mouvement d'un satellite d'Uranus est uniforme.

b. Etablir l'expression de la vitesse V d'un satellite en fonction de $r\ et\ T$.

c. Faire l'application numérique pour le satellite Umbriel.

2. Dans la suite, on cherche a déterminé la masse M d'Uranus.

a. Etablir la troisième loi de Kepler : $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$.

b. Construire sur le papier millimétré le graphe donnant les variations de T^2 en fonction r^3 : $T^2 = f(r^3)$. On précisera l'échelle utilisée.

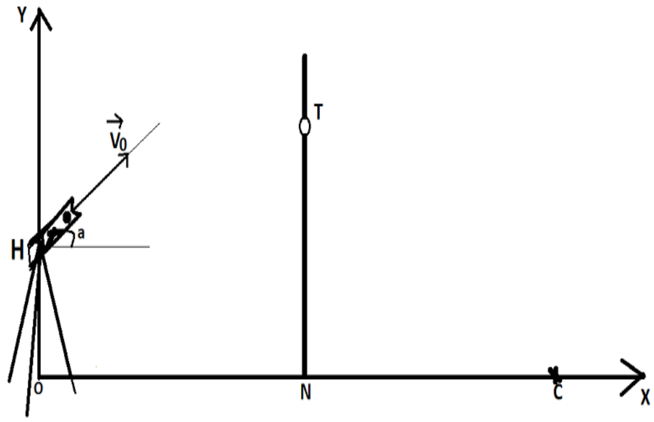
c. En déduire du graphe une valeur de la masse d'Uranus.

EVALUATIONS DES COMPETENCES

Exercice 20 :

Compétence visée : Application du théorème du centre d'inertie.

Monsieur FOTSI pendant une partie de chasse cible à l'aide de son fusil positionné à un mètre du sol **(point H)** un gibier placé au pied d'un arbuste **(point C)** situé 132 m de lui. Un obstacle **(point N)** de hauteur h' = 5,85 m sépare l'animal du chasseur et est situé pratiquement à 100 m de ce dernier. Toutes ces dispositions imposent à monsieur FOTSI une inclinaison de son canon **(point H)** d'un angle $\alpha = 15°$ par rapport à l'horizontale tel que modélisé par le schéma ci-contre.



La vitesse de la balle est $V_0 = 50$ m/s et l'intensité de la pesanteur est g = 9,8 N/kg.
Monsieur FOTSI réussira-t-il à abattre ce gibier ?

Exercice 21 :

Compétence visée: mettre en œuvre le théorème du centre d'inertie pour détecter les médicaments contrefaits.

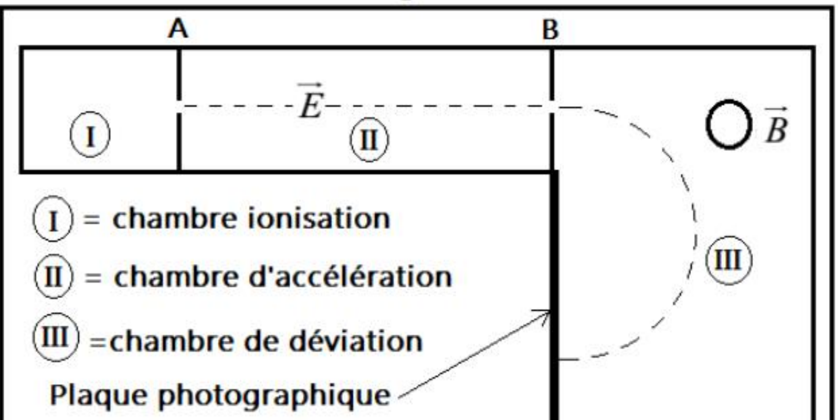
L'Organisation Mondiale de la Santé alerte sur le commerce illicite des médicaments contrefaits qui s'étend aujourd'hui à l'échelle mondiale. On peut citer l'exemple d'un sirop contre la toux (figure1) dans lequel l'un des constituants, le glycérol, a été substitué par un antigel toxique, l'éthylène glycol.

L'une des techniques d'identification des faux médicaments est la spectrométrie, elle utilise le spectrographe de masse (figure2) qui permet d'analyser une substance chimique. Une petite quantité de la substance liquide à analyser est injectée dans la chambre d'ionisation. Le liquide se vaporise et les molécules présentes dans le gaz sont ionisées sous forme d'ions de charge $q = e$. Ces ions pénètrent dans la chambre d'accélération où ils acquièrent une vitesse sous l'action d'un champ électrique uniforme $\vec{E}$. En suite les ions pénètrent dans une chambre de déviation où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$. Une plaque photographique à la sortie de la chambre de déviation permet de mesurer le rayon de la trajectoire des ions.

figure 1

Sirops de meme emballage mais l'un contrefait

figure 2



Principe de fonctionnement d'un spectrographe de masse

Données :

- Charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19}\ C$;
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$;
-

	Glycérol	Éthylène glycol
Noms systématiques	Propane-1, 2, 3-triol	Ethane-1, 2-diol
Masses molaires atomiques	M(O)=16g/mol, M(C)=12g/mol, M(H)=1g/mol	

- Le spectrographe est réglé avec les paramètres suivants : $U_{AB} = 25,0\ kV$; $B = 28,37\ T$.

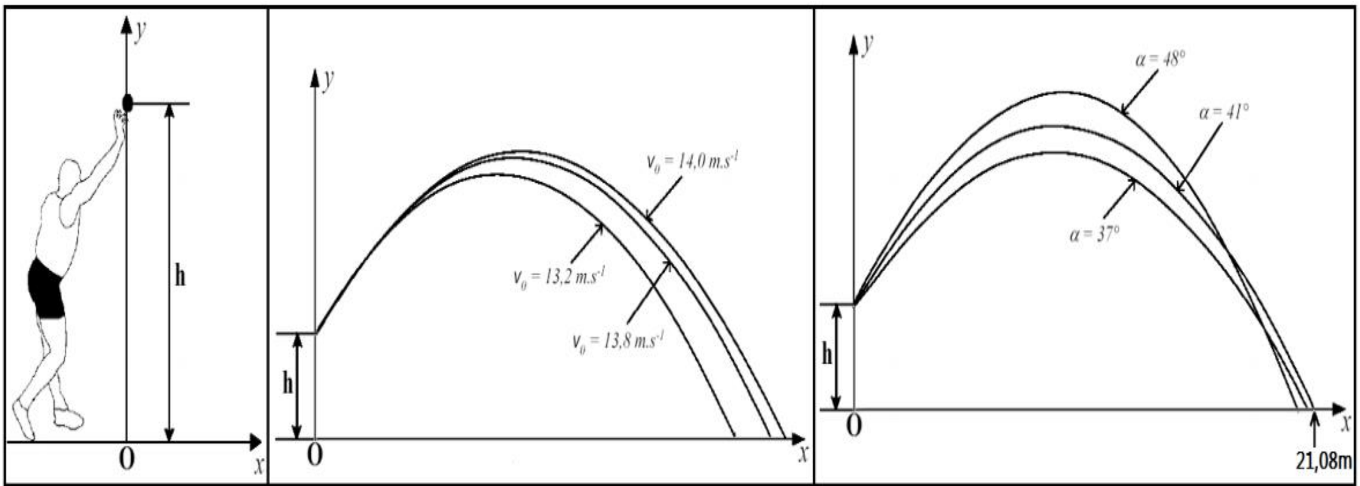
Tache 1 : Identifier le problème posé dans le texte puis donner une conséquence dans le domaine de la santé.

Tache 2 : On introduire une petite quantité du sirop 1 dans la chambre d'ionisation, la mesure du rayon de la trajectoire des molécules donne $R = 20\ cm$. En faisant l'hypothèse que les molécules à la sortie de la chambre d'ionisation ont une vitesse nulle, détecte le faux sirop contre la toux entre les sirops 1 et 2.

<u>Exercice 22</u> :

Compétence visée: mettre en œuvre le théorème du centre d'inertie pour évaluer la performance d'un athlète.

Lors de la 21ième édition des championnats d'Afrique d'athlétisme qui eurent lieu au Nigéria en Août 2018, le vainqueur de l'épreuve de lancer du « poids » a réalise un jet à une distance de 21,08m. Avant d'orienter les dépenses vers ce sport, le président de la fédération camerounaise d'athlétisme aimerait savoir s'il serait possible pour son champion de battre ce record à la prochaine édition. Ainsi, après plusieurs essais, l'entraineur de cette discipline décide d'étudier l'influence de la valeur V_0 de la vitesse de lancement et l'angle d'envol α du « poids ». Les résultats de cette étude sont contenus dans le document ci-dessous.



champion en action	figure 1: Angle d'envol maintenu constant, soit $\alpha = 41°$	figure 2 : vitesse de lancement maintenue constante, $v_0 = 13,8\ m.s^{-1}$

Données :

- Intensité de la pesanteur du lieu : $g = 9,81\ m/s^2$;
- Hauteur initiale du « poids » lors des lancers : $h = 2,45\ m$.

Tâche : en confrontant les courbes des figures 1 et 2, en déduire si, parmi les combinaisons obtenues, il en existe une satisfaisante pour battre le record Africain à la 22ième édition. Motiver le président de la fédération avec la longueur du jet correspondant.