Niveau : Terminales C, D

Discipline : Physique-Chimie

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME: MECANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : MOUVEMENTS DANS LES CHAMPS $\vec{g}$ et $\vec{E}$ UNIFORMES

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Thibaut, élève en classe terminale C, découvre dans une revue scientifique, que le mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur uniforme est indépendant de sa masse. Ce qui n'est pas le cas d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme. Il partage cette information avec ses camarades de classe ; soucieux d'en savoir davantage, ils entreprennent, avec l'aide de leur Professeur de Physique-Chimie, de définir un champ uniforme, d'établir les équations horaires du mouvement d'un solide et d'une particule de charge q et de déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire.

II. CONTENU

1. CHAMP UNIFORME

Un champ est uniforme dans une région de l'espace, si les caractéristiques du vecteur-champ (direction, sens, intensité) sont les mêmes en tout point de cette région.

Exemples

- Dans une région de l'espace au voisinage de la terre, le champ de pesanteur $\vec{g}$ peut être considéré comme uniforme.
- Entre les armatures d'un condensateur plan chargé, le champ électrostatique $\vec{E}$ est uniforme.

2. MOUVEMENT D'UN PROJECTILE DANS LE CHAMP DE PESANTEUR UNIFORME

2.1 Conditions initiales

On étudie le mouvement d'un projectile, de masse m, dans le référentiel terrestre supposé galiléen muni d'un repère cartésien (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$). Le projectile est lancé à l'instant t = 0 avec une vitesse initiale $\vec{v}$ faisant un angle α par rapport à l'horizontale.

On néglige les frottements dus à l'air par rapport au poids du projectile.

2.2 Vecteur accélération

Le théorème du centre d'inertie appliqué au projectile donne :

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

2.3 Equations horaires du mouvement

Dans le repère (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$) on tire :

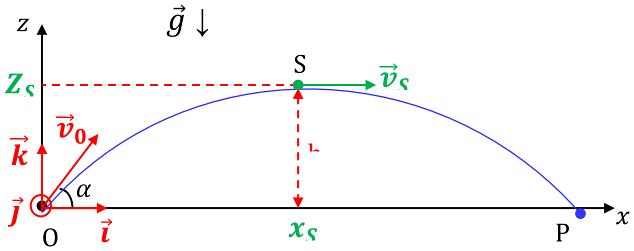
$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = 0 \\ a_z = -g \end{cases} \quad \vec{v}\begin{cases} \boldsymbol{v_x = v_0\, cos\alpha} \\ \boldsymbol{v_y = 0} \\ \boldsymbol{v_z = -gt + v_0\, sin\alpha} \end{cases}$$

$$\overrightarrow{\mathbf{OG}}\begin{cases} \boldsymbol{x = (v_0 cos\alpha).t} \qquad \mathbf{(1)} \\ \boldsymbol{y = 0} \\ \boldsymbol{z = -\frac{1}{2}g.t^2 + (v_0 sin\alpha).t} \qquad \mathbf{(2)} \end{cases}$$

2.4 Equation cartésienne de la trajectoire

(1) $\Rightarrow \boldsymbol{t} = \frac{x}{v_0 cos\alpha}$

(2) donne$\mathbf{z} = -\frac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}\boldsymbol{x^2} + \boldsymbol{x}.\mathbf{tan\alpha}$



Elle correspond à la hauteur maximale (h_{max}=Zs) atteinte par le projectile au cours de son mouvement.
À la hauteur maximale,$\boldsymbol{v_{sz} = 0}$ **;**$\boldsymbol{-gt_s + v_0\, sin\alpha = 0}$ **;**$\boldsymbol{t_s = \frac{v_0\, sin\alpha}{g}}$

DoncZs =$\mathbf{h_{max}} = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2\,g}$.

2.5 La portée

C'est la distance entre le point O de lancement du projectile et son point de chute P sur l'axe horizontal (Ox).

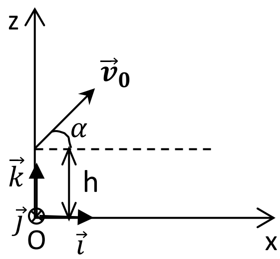
À la portée,**Zp = 0 ;** alors$\boldsymbol{x_P} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

Remarque : la portée est maximale pour sin2α = 1 c'est à direα = 45°

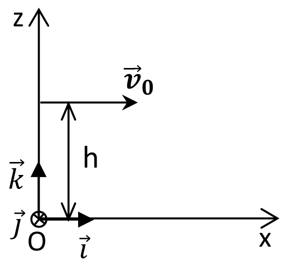
<u>Activité d'application</u>

Détermine les équations horaires puis l'équation cartésienne dans chaque cas.

a)



b)



Solution

a)

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = 0 \\ a_z = -g \end{cases} ; \quad \vec{v}\begin{cases} v_x = v_0 cos\alpha \\ v_y = 0 \\ v_z = -gt + v_0 sin\alpha \end{cases} ; \quad \overrightarrow{\mathrm{OG}}\begin{cases} x = (v_0 cos\alpha).t \\ y = 0 \\ z = -\frac{1}{2}g.t^2 + (v_0 sin\alpha).t + h \end{cases}$$

$z = -\frac{g}{2\,v_0^2\cos^2\alpha}x^2 + x.\tan\alpha + h$

b)

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = 0 \\ a_z = -g \end{cases} ; \quad \vec{v}\begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = 0 \\ v_z = -gt \end{cases} ; \quad \overrightarrow{OG}\begin{cases} x = (v_0).t \\ y = 0 \\ z = -\dfrac{1}{2}g.t^2 + h \end{cases}$$

$z = -\frac{g}{2\,v_0^2}x^2 + h$

3. MOUVEMENT D'UNE PARTICULE CHARGÉE DANS UN CHAMP ELECTROSTATIQUE UNIFORME

3.1 Conditions initiales

On étudie le mouvement d'une particule chargée (q> **0**) de masse m dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen, muni d'un repère (O, $\vec{\imath}, \vec{\jmath}, \vec{k}$). La particule pénètre en O entre les armatures d'un condensateur plan avec une vitesse initiale $\vec{v}_o$telle que $\vec{v}_o = v_o\vec{\imath}$.

La particule est soumise dans le champ électrostatique à son poids $\vec{P}$ et à la force électrostatique $\vec{F}_e$.

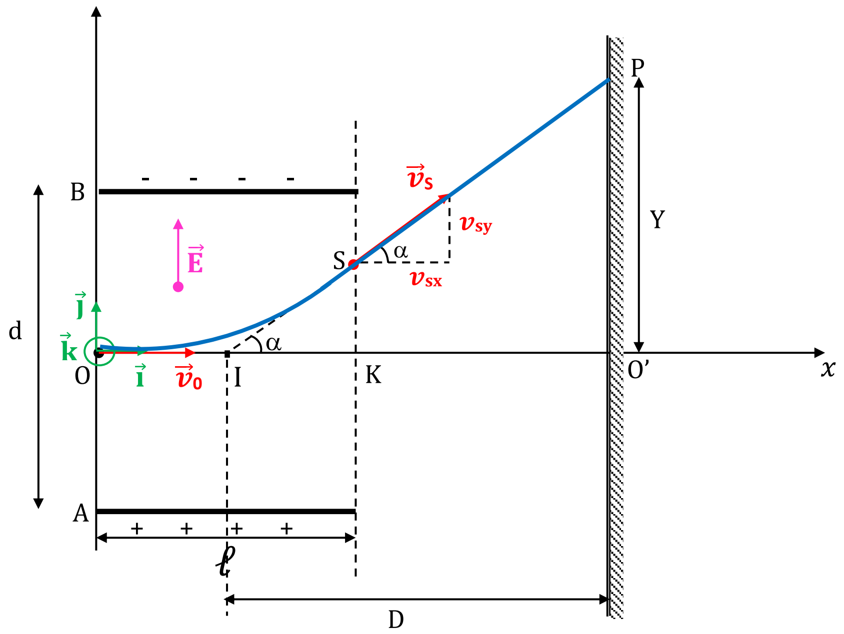
On néglige le poids $\vec{P}$ de la particule devant la force électrostatique $\vec{F}_e$.

3.2 Vecteur accélération

Le théorème du centre d'inertie appliqué à la particule donne :

$\vec{F}_e = q\vec{E}$=m$\vec{a}$;$\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E}$

3.3 Équations horaires du mouvement



Dans le repère (O, $\vec{\imath}, \vec{\jmath}, \vec{k}$), on tire :

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \frac{q}{m}E \\ a_z = 0 \end{cases} ; \quad \vec{v}\begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = \frac{q}{m}E\,t \\ v_z = 0 \end{cases} ; \quad \overrightarrow{OG}\begin{cases} x = v_0 t \quad (1) \\ y = \frac{q}{2\,m}E\,t^2 \quad (2) \\ z = 0 \end{cases}$$

3.4 Equation cartésienne de la trajectoire

Par élimination de t entre (1) et (2), on a :

$$\boldsymbol{y = \frac{q\,E}{2\,m\,v_0^2}x^2}$$

3.5 Déviation électrostatique α ou déviation angulaire α

C'est l'angle formé par les directions des vecteurs-vitesses $\vec{v}_0$ (vitesse de pénétration) et $\vec{v}_S$ (vitesse de sortie).

Avec $\mathbf{t_s} = \frac{\ell}{v_o}$; $\tan\alpha = \frac{v_{sy}}{v_{sx}} = \frac{q\,E\,\ell}{m\,v_0^2}$

3.6 Déflexion électrostatique Y

C'est la distance Y = O'P où P est le point d'impact de la particule déviée sur un écran et O' son point d'impact si elle n'est pas déviée.

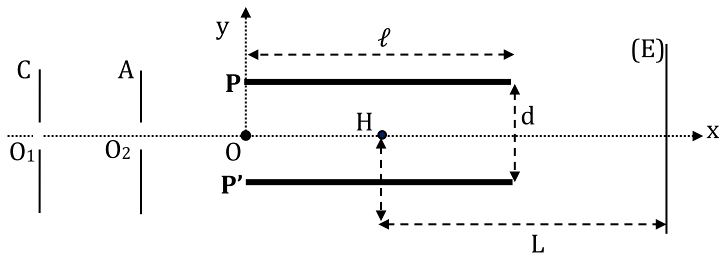
$\mathbf{Y} = \frac{q\,\ell\,D}{m\,d\,v_0^2}\cdot \mathbf{U_{AB}}$ avec U_{AB} tension entre les plaques A et B du condensateur plan.

SITUATION D'ÉVALUATION

Au cours d'une séance de travaux dirigés de physique, votre Professeur met à la disposition de votre groupe les résultats des expériences réalisées sur le parcours des électrons dans un oscilloscope.

Expérience

La cathode C d'un oscillographe électronique émet des électrons avec une vitesse négligeable. Les électrons arrivent ensuite sur l'anode A et la traversent par l'ouverture O_2. Entre la cathode C et l'anode A, existe une différence de potentiel $U_0 = V_A - V_C$. Le poids d'un électron est négligeable par rapport aux autres forces appliquées.



Les électrons pénètrent en O entre les armatures horizontales P et P' d'un condensateur. Les armatures, de longueur ℓ, sont distantes de d. On établit entre les armatures une tension positive $U_{PP'} = V_P - V_{P'} = 120$ V. Le faisceau d'électrons arrive ensuite sur un écran fluorescent (E) situé à la distance L du centre de symétrie H des plaques.

Données : $|U_o|$ = 1,27 kV ; e = 1,6. 10^{-19}C ; m = 9,1. 10^{-31}kg ; L = 18 cm ; d = 3 cm ; ℓ = 8 cm

Le Professeur vous demande de déterminer le déplacement ou la déflexion électrostatique Y du spot sur l'écran.

1

1.1. Indique le signe de U_0.

1.2. Calcule :

1.2.1 l'énergie cinétique E_C des électrons à leur passage en O_2.

1.2.2 la vitesse v_0 des électrons en O_2.

2.

2.1 Donne les caractéristiques du vecteur champ électrique $\vec{E}$ créé entre les plaques et représente le qualitativement.

2.2 Détermine l'expression a_y de l'accélération des électrons entre les deux armatures dans le système d'axes (Ox, Oy).

3.

3.1Etablis l'équation cartésienne de la trajectoire des électrons entre les plaques en fonction de e, U, m, d, v_0.

3.2Exprime la condition que doit vérifier $U_{PP'}$ pour que les électrons puissent sortir du condensateur PP'.

4. Détermine la déflexion électrostatique Y.

Solution

1

1.1. Signe de la tension U_0 :

Les électrons, particules chargées négativement, sont attirés par l'anode A.

Donc $V_A > V_C$ d'où $V_A - V_C = U_0 > 0$.

1.2.

1.2.1 Energie cinétique

Système : L'électron

Référentiel : terrestre supposé galiléen

Bilan des forces : $\vec{F}$: force électrostatique

D'après le théorème de l'énergie cinétique entre O_1 et O_2, on a :

$E_C - E_{C_{O_1}} = W(\vec{F}) = -e(V_C - V_A)$Soit $\mathbf{E_C = e\,U_0}$ car $V_C - V_A = -U_0$ et $v_{01} = 0$;

A. N : $E_C = 2{,}03.\ 10^{-16}$J

1.2.2 Vitesse en O_2 :

On a :$E_C = e\,U_0 = \frac{1}{2} m v_0^2 \Longrightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2\,e\,U_0}{m}}$

A. N :v_0 = 2,11. 10^7 m/s

2.

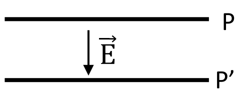
2.1 Caractéristiques de $\vec{E}$:

Direction : Perpendiculaire aux armatures

Sens : De l'armature P vers l'armature P'

Norme : $E = \frac{U}{d}$ = 4000 V/m

Représentation du vecteur $\vec{E}$:



2.2 Expression de l'accélération des électrons.

Appliquons le théorème du centre d'inertie :

$\vec{F} = - e \vec{E} = m \vec{a}$

Soit : $\vec{a} = \frac{-e}{m}\vec{E}$ D'où : $\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \frac{e}{m} E \end{cases}$

3.

3.1 Equation cartésienne de la trajectoire des électrons **:**

- Equations horaires :

A l'instant t = 0 :

$\overrightarrow{OG}_0 \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases}$ et $\vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0 \\ v_{0y} = 0 \end{cases}$

A l'instant t ≠ 0

$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \frac{e}{m} E \end{cases}$, on a : $\vec{v}\begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = \frac{e\,E}{m} t \end{cases}$ et $\overrightarrow{OG}\begin{cases} x = v_0\, t \ \ (1) \\ y = \frac{e\,E}{2m} t^2 \ (2) \end{cases}$

- Etablissons l'équation cartésienne :

(1) $\Longrightarrow t = \frac{x}{v_0}$; Portons t dans (2) : $y = \frac{e\,E}{2m}(\frac{x}{v_0})^2$

D'où : $y = \frac{e\,E}{2mv_0^2}x^2$ or $E = \frac{U}{d}$

Par conséquent: $\mathbf{y = \frac{e\,U}{2\,m\,d\,v_0^2}x^2}$.

3.2 Condition vérifiée par U pour que les électrons sortent du condensateur :

Les électrons sortent du condensateur si $\begin{cases} x = \ell \\ y < \frac{d}{2} \end{cases}$

Soit $\mathbf{\frac{e\,U}{2\,m\,d\,v_0^2}\ell^2 < \frac{d}{2}}$

D'où : $\mathbf{U < \frac{m\,d^2 v_0^2}{e\,\ell^2}}$ **;** A.N : <u>U < **356,1 V**</u>

4. Calcul du déplacement Y :

Y = L tanα or dans le triangle IKS est rectangle en K. On alors tanα $= \frac{SK}{IK} = \frac{y_S}{\frac{\ell}{2}}$

soit tanα $= \frac{2\,y_S}{\ell}$ avec $y_S = \mathbf{\frac{e\,U}{2\,m\,d\,v_0^2}\ell^2}$

On a : $\mathbf{Y = \frac{eL\ell}{mdv_0^2} U}$ **;**

<u>**Y = 2,27. 10^{-2} m = 2,27 cm**</u>

III. EXERCICES

Exercice 1

Ecris Vrai ou Faux pour chacune des affirmations suivantes :

1-L'accélération du centre d'inertie d'un point mobile en chute libre dépend de sa masse.

2-Un champ électrostatique $\vec{E}$est uniforme si sa norme est constante.

3-Un champ est uniforme si ses caractéristiques sont les mêmes en tout point de l'espace.

4- Le mouvement du centre d'inertie de la particule chargée dans un champ électrostatique dépend de sa masse.

Solution

1. Faux ; 2. Faux ; 3. Vrai ; 4. Vrai.

Exercice 2

Un projectile de masse 860 g est lancé dans l'air à une vitesse v_o = 200 m/s.

Le vecteur vitesse$\vec{v}_O$ fait un angle α = 20° par rapport à l'horizontal.

Détermine, pour une portée horizontale d = 2500 m :

1. la hauteur atteinte par le projectile.
2. la durée du lancer.
3. la vitesse du projectile au point d'impact.

Solution

1 Hauteur :

Système : le projectile

Force exercée : le poids $\vec{P}$

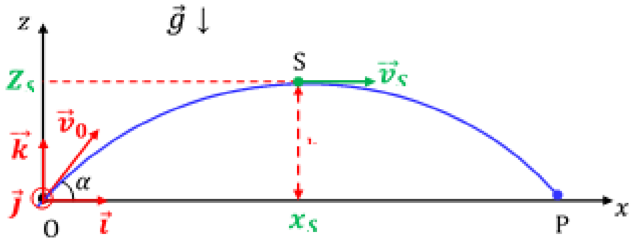
L'étude se fait dans le référentiel terrestre supposé galiléen

Le théorème du centre d'inertie appliqué au projectile donne :

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

Dans le repère (O, $\vec{\imath}$, $\vec{\jmath}$, $\vec{k}$) on tire :

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = 0 \\ a_z = -g \end{cases} \quad \vec{v}\begin{cases} v_x = v_0\ cos\alpha \\ v_y = 0 \\ v_z = -gt + v_0\ sin\alpha \end{cases}$$



$$\overrightarrow{OG}\begin{cases} x = (v_0 cos\alpha).t & (1) \\ y = 0 \\ z = -\frac{1}{2}g.t^2 + (v_0 sin\alpha).t & (2) \end{cases}$$

(1) $\Rightarrow t = \frac{x}{v_0 cos\alpha}$

(2) donne z = - $\frac{g}{2\ v_0^2 cos^2\alpha}x^2 + x$.tanα

La flèche : hauteur maximale (h_{max} = Zs) atteinte par le projectile au cours de son mouvement.

À la hauteur maximale, $v_{sz} = 0$; $-gt_s + v_0\ sin\alpha = 0$;$t_s = \frac{v_0\ sin\alpha}{g}$ donc Zs = h_{max} = $\frac{v_0^2\ sin^2\alpha}{2\ g}$.

$h = 238.7$ m

À la portée, Zp = 0 ; alors $x_P = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

2.Durée du lancer : temps mis par projectile pour atteindre le point P.

Au point P, z = 0, $t_p = \frac{2v_o sin\alpha}{g}$: $t_p = 13,96$ s

3.Vitesse au point d'impact.

$$v_{pz} = -gt_p + v_0 \sin\alpha = -v_0 \sin\alpha$$
$$v_{px} = v_0 \cos\alpha$$

$v_p = \sqrt{(v_{px})^2 + (v_{pz})^2} = \sqrt{(v_o\cos\alpha)^2 + (-v_o\sin\alpha)^2}$; $v_p = v_o = 200$ m/s

<u>Exercice</u> 3

Réarrange les mots et groups de mots suivants de manière à former, dans chaque cas, une phrase qui a du sens.

1) /en tout / a/ uniforme / et / si / même valeur. /de ce champ, / le vecteur-champ / Un champ / même direction, /est / point / même sens/
2) / de la tension /est /subie / déflectrices / La déflexion /, à la sortie /appliquée / d'un condensateur, /par / un faisceau / homocinétique / proportionnelle / électrique / à la valeur/ de ce condensateur. / d'électrons / aux plaques/

Solution :

1) Un champ est uniforme si le vecteur-champ a, en tout point de ce champ, même direction, même sens et même valeur.
2) La déflexion électrique subie par un faisceau homocinétique d'électrons, à la sortie d'un condensateur, est proportionnelle
   À la valeur de la tension appliquée aux plaques déflectrices de ce condensateur.

<u>Exercice</u> 4

Lors d'une évaluation, votre professeur vous propose le schéma ci-dessous. Sur ce schéma, ont été représentés :

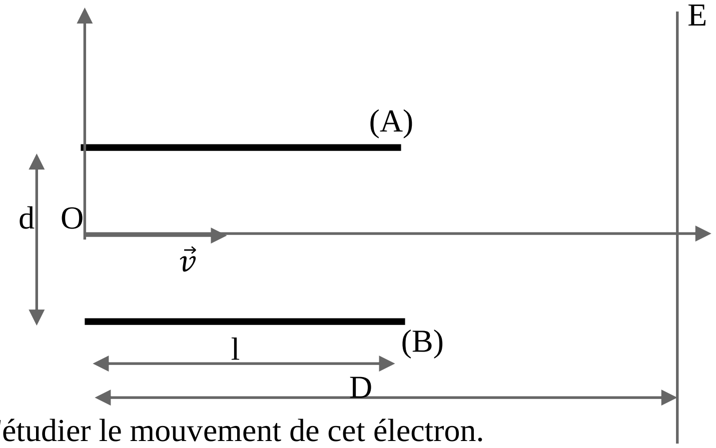
-un repère (O, $\vec{i}, \vec{j}$) orthonormé

-un condensateur plan dont les armatures (A) et (B), de longueur l = 5cm, séparées d'une distance d = 2cm, sont soumises à une tension U_{AB}= 100V.

Entre les armatures de ce condensateur, pénètre, à la date t=0, au point avec un vecteur- vitesse v_0, horizontal, un électron, de masse $m=9,1.10^{-31}$kg et de charge q=-e. A la sortie du condensateur, l'électron se déplace dans le vide et arrive à un point P d'un écran fluorescent € placé à la distance D=20cm de l'origine O du repère.

NN le poids de l'électron est négligeable devant les autres forces.

Donnée : $e=1,6.10^{-19}$C; $v_0=1,30.10^7$m/s.



Votre professeur vous demande d'étudier le mouvement de cet électron.

1) Nomme les forces extérieures appliquées à l'électron :
   1.1) entre les armatures du condensateur ;
   1.2) entre le condensateur et l'écran (E).

2.) Établis, dans le repère, (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$), l'équation cartésienne de la trajectoire de l'électron .

3.) Détermine :
   2.1.) le déplacement vertical y_M de l'électron et l'angle α de déviation de sa trajectoire à la sortie du condensateur;
   2.2. Les coordonnées du point d'impact P de l'électron sur l'écran (E);
   2.3. La vitesse v_P de l'électron à son arrivée en P sur l'écran.

Solution :

1.)

1.1) Entre les armatures du condensateur :

-la force électrostatique $\vec{F} = q\vec{E}$

1.2) Entre le condensateur et l'écran : aucune force ne s'exerce.

2.) **Equation cartésienne de la trajectoire**

- Equations horaires :

A l'instant t = 0 :

$\overrightarrow{OG}_0 \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases}$ et $\vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0 \\ v_{0y} = 0 \end{cases}$

A l'instant t ≠ 0

$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \frac{e}{m} E \end{cases}$, on a : $\vec{v} \begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = \frac{e\,E}{m} t \end{cases}$ et $\overrightarrow{OG} \begin{cases} x = v_0\, t \quad (1) \\ y = \frac{e\,E}{2m} t^2 \quad (2) \end{cases}$

- Etablissons l'équation cartésienne :

(1) $\Longrightarrow t = \frac{x}{v_0}$; Portons t dans (2) : $y = \frac{e\,E}{2m} (\frac{x}{v_0})^2$

D'où :$y = \frac{e\,E}{2mv_0^2} x^2$ or $E = \frac{U}{d}$

Par conséquent: $\mathbf{y = \frac{e\,U}{2\,m\,d\,v_0^2} x^2}$.

3.)

3.1) Déplacement y_M et angle α

A la sortie, x=l donc $y_M = \frac{\mathbf{e\,U}}{\mathbf{2\,m\,d\,v_0^2}} l^2$ A.N. y_M = 6.5mm.

$\tan\alpha = \frac{vy}{vx}$ à x=l à la date $t = \frac{l}{v}$ ce qui donne $\tan\alpha = \frac{elU}{mdv^2}$ A.N. $\alpha = \tan^{-1}(\frac{elU}{mdv^2})$= 14.57°

3.2) Coordonnées du point d'impact P

X_P=D=20cm et y_P= (D-l/2) tanα= 4.55cm.

3.3) Vitesse en P

Entre le condensateur et l'écran iln'y aucune force donc le mouvement est rectiligne et uniforme. On a : v_P est égal à la vitesse à la sortie.

A la sortie, $v = \sqrt{(v_x)^2 + (v_z)^2} = \sqrt{(v_o)^2 + ()^2}$

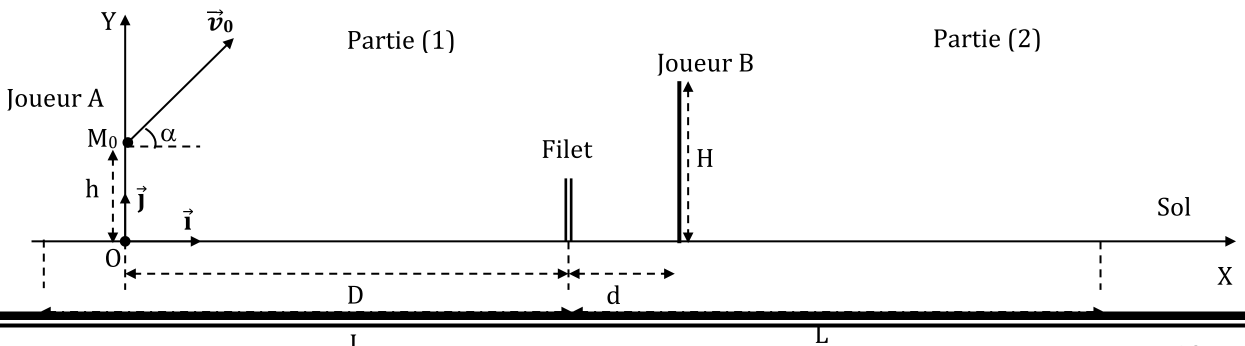
<u>Exercice</u> 5

(Dans tout l’exercice, la balle de tennis sera assimilable à un point matériel. On négligera la résistance de l’air sur la balle et on supposera la surface de jeu parfaitement horizontale.)

Au cours d’un match de tennis, un joueur A situé dans la partie (1) du court, frappe la balle en M_0 à la hauteur h = 0,5 m au-dessus du sol et à la distance D = 9 m du filet. La balle part avec une vitesse $v_0 = 12 m.s^{-1}$ inclinée d’un angle α = 60° par rapport à l’horizontale dans le plan perpendiculaire au filet. On prendra g = 10 $m.s^{-2}$.

Il souhaite faire passer la balle au-dessus de son adversaire (joueur B) situé à une distance d = 2m derrière le filet dans la partie (2). L’adversaire immobile, tient sa raquette à bout de bras. Elle atteint la hauteur maximale H = 2,5 m par rapport au sol

1. Etablis l’équation de la trajectoire de la balle après le choc avec la raquette.
2.
   2.1 Montre que son adversaire B n’intercepte pas la balle.
   2.2 Détermine la distance D’ qui sépare la balle et l’extrémité supérieure de la raquette.
   2.3 Montre que la balle retombe dans la surface de jeu. La ligne de fond étant à la distance L = 12 m du filet,
   2.4 Détermine alors la distance d’ séparant le point de chute P de la balle à l’adversaire.
   2.5 Détermine la date t_B de passage de la balle au-dessus de la raquette.
3. Détermine :
   3.1 par deux méthodes différentes la vitesse de la balle au point de chute P.
   3.2 la direction du vecteur-vitesse de la balle au point d’impact P.



Solution

1. **Etablissons l'équation de la trajectoire** :

Système : la balle de tennis

Référentiel d'étude : Référentiel terrestre supposé galiléen muni du repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$

Bilan des forces :

- $\vec{P}$: poids de la balle de tennis

D'après le théorème du centre d'inertie :

$\sum \vec{F}_{ext} = m\,\vec{a} \Rightarrow \vec{P} = m\vec{g} = m\vec{a}$. Soit $\vec{a} = \vec{g}$

A l'instant initial t = 0, on a :

$\overrightarrow{OM_0}\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = h \end{cases}$ et $\vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0\cos\alpha \\ v_{0y} = v_0\sin\alpha \end{cases}$

Coordonnées de l'accélération$\vec{a}$:

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$

A l'instant t ≠ 0, on a :

$\vec{v}\begin{cases} v_x = v_0\cos\alpha \\ v_y = -gt + v_0\sin\alpha \end{cases}$ et

$$\overrightarrow{OM}\begin{cases} x = (v_0\cos\alpha)\,t \quad (1) \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0\sin\alpha)t + h \quad (2) \end{cases}$$

Equation cartésienne de la trajectoire :

(1) $\Rightarrow t = \frac{x}{v_0\cos\alpha}$

D'où (2) devient : $y = -\frac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha + h$

A. N : $\mathbf{y = -0{,}14\,x^2 + 1{,}73\,x + 0{,}5}$(3)

2.

2.1 **Montrons qu'il ne peut intercepter la balle** :

Au point d'abscisse $x_B = D + d = 11$ m.

Déterminons l'ordonnée Y de la balle :

2.3 **Montrons que la balle retombe dans la surface de jeu** :

Au point de chute P de la balle, $Y_P = 0$

(3) $\Rightarrow -0{,}14\,x^2 + 1{,}73\,x + 0{,}5 = 0$

Calculons le discriminant : $\Delta = 3{,}2729 > 0$

$\sqrt{\Delta} = 1{,}81$

Donc $X_1 = \frac{-1{,}73-1{,}81}{-2\times0{,}14} = 12{,}64$ m et

$X_2 = \frac{-1{,}73+1{,}81}{-2\times0{,}14} = -0{,}29$ m

$X_P = X_1 = 12{,}64$ m car $X_P > 0$

$X_P < D + L = 21$ m donc la balle retombe dans la surface de jeu.

2.4 **Déterminons la distance d'** :

$d' = X_P - (D + d) = 1{,}64$ m

2.5 **Déterminons la date t_B** :

Lorsque la balle passe au-dessus de la raquette, $x = D + d$

D'où $t_B = \frac{D+d}{v_0\cos\alpha} = 1{,}83$ s.

3.

3.1 **Déterminons la vitesse de la balle en P** :

- Détermination par application du théorème de l'énergie cinétique :

$\Delta E_C = \sum W(\vec{F}_{ext})$

Soit $\frac{1}{2}m\,(v_P^2 - v_0^2) = W(\vec{P}) = mgh$

D'où : $v_P = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$; $v_P = 12{,}41$ m/s

- Détermination par les coordonnées de v_P :

Au point P, $t_P = \frac{x_P}{v_0\cos\alpha} = 2{,}11$ s

D'où : $\vec{v}_P\begin{cases} v_{Px} = v_0\cos\alpha \\ v_{Py} = -gt_P + v_0\sin\alpha \end{cases}$

Soit : $\vec{v}_P\begin{cases} v_{Px} = 6\ \text{m/s} \\ v_{Py} = -10{,}71\ \text{m/s} \end{cases}$

Y = - 0,14 × $(11)^2$ + 1,73 × 11 + 0,5
Y = 2,59 m > H = 2,5 m donc le joueur B ne peut intercepter la balle.

2.2 **Déterminons la distance D'** :

D' = Y – H = 2,59 – 2,5 = 0,09 m
D' = 9 cm

Par conséquent : $v_P = \sqrt{v_{Px}^2 + v_{Py}^2}$ = 12,30 m/s

3.2 **Déterminons la direction du vecteur-vitesse $\vec{v}_P$:**

$\cos\theta = \frac{v_{Px}}{v_P} \Longrightarrow \theta = \cos^{-1}(\frac{v_{Px}}{v_P})$ = 60,8°

$\vec{v}_P$ est incliné d'un angle θ =60,8° par rapport à l'horizontale.

IV. DOCUMENTATION

Application du champ électrostatique

Le champ électrique peut ainsi mettre en mouvement des particules chargées. À la différence du champ magnétique, il est capable de les accélérer. Bien que négligeable à une grande échelle devant l'interaction gravitationnelle car la matière est globalement neutre électriquement, le champ électrique a un effet prépondérant à des échelles microscopiques, et est utilisé pour l'étude de la matière dans les accélérateurs de particules.

Un champ électrique peut être créé relativement facilement entre deux plaques de condensateur, c'est-à-dire deux plaques dont la tension entre les deux est non nulle.

Pour des exercices de renforcement :

https://www.pimido.com/matieres-scientifiques-
https://hammoumouna.jimdofree.com/
https://physique-et-maths.fr/enseignement