Groupe Excellence

Excellez avec les meilleurs professeurs !

Matière : Sciences Physiques	**Série 2 : Bases de la dynamique et applications**	**Professeur** : M. SARR
Groupe Excellence (Cours en ligne)		**Téléphone** : 78.117.74.33

Exercice 1 :

Une locomotive de massée $m_1 = 20\ tonnes$ animée d'une vitesse $v_1 = 5m/s$ heurte un wagon de masse $m_1 = 25\ tonnes$ au repos. Les deux engins restent accrochés après le choc.

1) Calculer la vitesse commune V' de l'ensemble après le choc.
2) Calculer la perte d'Energie cinétique du système suite au choc.

Exercice 2 :

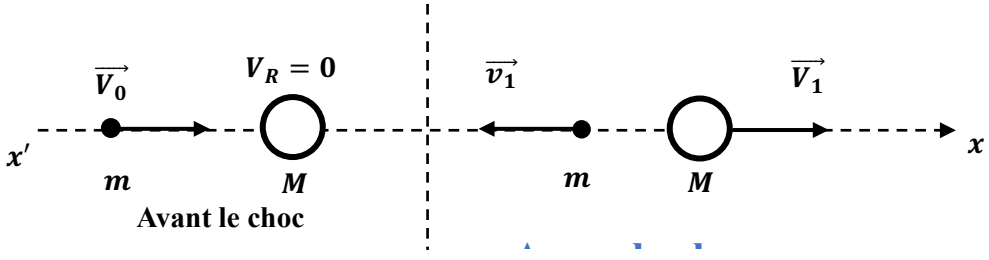
Le centre d'inertie d'une boule A se déplace sur une droite rapportée à un repère $(0, i)$. A chaque instant t, l'équation du mouvement de G est donnée par $(\overrightarrow{OG}) = (4t^2 - t^3)\,\vec{\imath}$. La masse de la boule est $m_A = 0{,}30kg$.

1) Calculer la quantité de mouvement du centre d'inertie de la boule à t = 1s
2) La même boule A se déplace sans frottement sur une table horizontale son centre d'inertie est animé d'une vitesse V_A. Elle heurte une boule B immobile de masse m_B. Après la collision $A\ et\ B$, partent dans des directions faisant respectivement les angles $\alpha\ et\ \beta$ avec la trajectoire du centre d'inertie de A avant le choc. Déterminer les vitesses respectives de A et B après le choc

Données : $m_B = 0,20kg$; $\alpha = 30°$; $\beta = 45°$; $V_A = 2m/s$

Exercice 3 :

Un neutron provenant d'une réaction de fission est expulsé avec une vitesse $\overrightarrow{V_0}$ de valeur (norme) $V_0 = 20000\ km.s^{-1}$. Pour contrôler cette réaction de fission, il faut ralentir les neutrons grâce a des chocs successifs sur d'autre noyaux initialement au repos ($V_R = 0$) jusqu'à obtenir au bout de n chocs, une vitesse des neutrons $v_n = 2{,}94\ km.s^{-1}$ (figure 2). Les chocs sont supposés élastique et les vitesses colinéaires (choc frontal). On notera m la masse du neutron et M celle d'un noyau au repos heurté par le neutron.



Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

1. Soient $\overrightarrow{V_1}$ la vitesse du neutron juste après le premier choc et $\vec{V}$ la vitesse du noyau-cible juste après le choc.
   On considère le système formé par le neutron et le noyau cible.

a. Donner l'expression du vecteur quantité de mouvement du système avant le choc puis son expression après le choc.

b. Donner l'expression de l'Energie cinétique du système avant le choc puis son expression après le choc.

c. En appliquant la conservation de la quantité de mouvement et celle de l'énergie cinétique, montrer qu'après le premier choc la valeur v_1 de la vitesse du neutron est donnée par : $v_1 = \frac{(M-m)v_0}{M+m}$

2. Déduire de la question précédente l'expression de la vitesse v_2 du neutron après le choc en fonction de m, M et V_0.
3. Montrer qu'après n chocs la vitesse du neutron peut s'écrire $v_n = V_0 q^n$; on donnera l'expression de q.
4. Calculer le nombre de chocs nécessaire sur des noyaux de deutérium sachant que le rapport de la masse du deutérium sur la masse du neutron vaut $\frac{M}{m} = 2$.

Rappel :

- Soit a et b deux reels strictement positifs et n un entier naturel non nul :

$$\mathbf{a = b \iff \ln a = \ln b \text{ et } \ln(a^n) = n\ln(a)}$$

- Sur la calculatrice, utiliser la touche " **ln** "

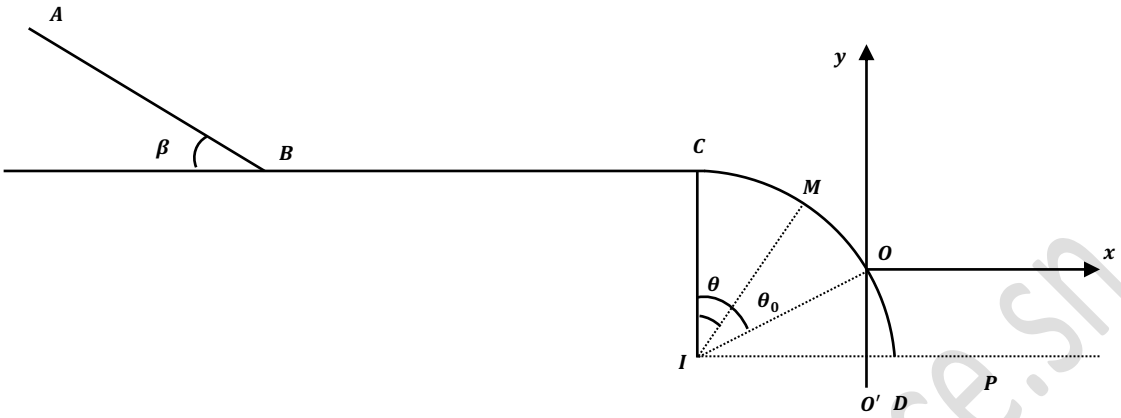
Exercice 4 :

Un solide (S) de masse $m = 200g$ assimilable à un point matériel se déplace sur la piste représentée ci-dessous :

- AB est un plan incliné d'un angle $\beta = 30°$ sur l'horizontal et de longueur $L_1 = 8m$.
- BC est un plan horizontal de longueur L_2.
- CD est un quart de cercle lisse de centre I et de rayon $r = 2m$.
- L'ensemble des forces de frottements est équivalent à une force unique parallèle à la vitesse et de sens contraires d'intensité $f_1 = 0{,}2N$ sur le plan AB et $f_2 = 0{,}4N$ sur le plan BC.

www.groupe-excellence.sn

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !



1- Le solide (S) est abandonné en A sans vitesse initiale.

1-a. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique (T.E.C), montrer que la vitesse de (S) au point B vaut $V_B = 8m/s$.

1-b. En utilisant le théorème du centre d'inertie (T.C.I), calculer la valeur algébrique de l'accélération a_1 du centre d'inertie de (S) sur le plan AB.

1-c. Quelle est la durée du trajet AB ?

2- Le solide (S) aborde le plan horizontal BC avec la vitesse $\overrightarrow{V_B}$ puis arrive au point C avec une vitesse nulle.

2-a. En appliquant le T.C.I., exprimer la valeur algébrique de l'accélération a_2 en fonction de f_2 et m puis la calculer.

2-b. Calculer la longueur L_2 du trajet BC

2-c. Quelle est la durée du trajet BC ?

3- Le solide aborde maintenant la portion circulaire sans vitesse puis passe au point M repéré par l'angle $\theta = (\overrightarrow{IC}, \overrightarrow{IM})$, et quitte la piste en O pour $\theta = \theta_0 = (\overrightarrow{IC}, \overrightarrow{IO})$.

3-a. Exprimer la vitesse V_M de (S) au point M en fonction de r, g et θ.

3-b. Montrer que l'intensité R de la réaction de la piste sur (S) en M a pour expression : $R = mg\,(3cos\,\theta - 2)$

3-c. Calculer l'angle θ_0 pour lequel (S) quitte la piste en O ainsi que la valeur de la vitesse V_O du solide en ce point.

4- Au-delà du point O, le solide rentre dans le champ de pesanteur avec la vitesse initiale $\vec{V}_O$

4-a. Etablir les équations du mouvement de (S) dans le repère $(O, \vec{\imath}, \vec{\jmath})$

www.groupe-excellence.sn

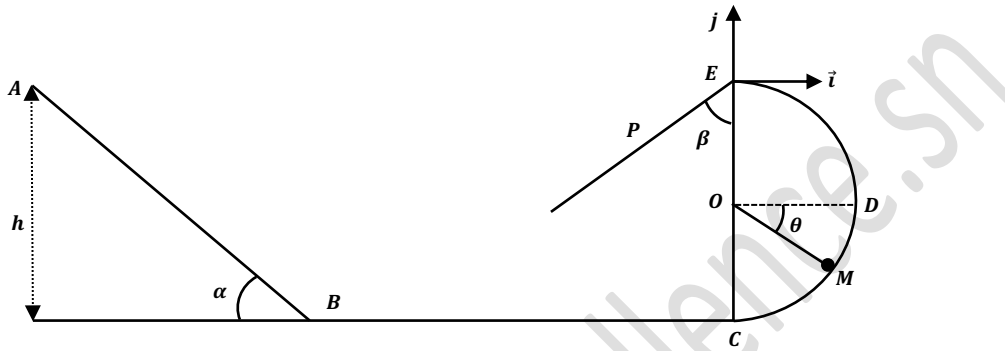
Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

4-b. En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire.

4-c. A quelle distance du point D, le solide va-t-il toucher au sol en P ? **On prendra $g = 10m.s^{-2}$**

Exercice 5 :

Un solide (S) de masse $m = 100g$, se déplace sur la piste représentée ci-dessous.



AB est un plan incliné de $\alpha = 30°$ lisse ; BC est un plan horizontal lisse ; CDE est une boucle de rayon r = 0,5m et de centre O ; $\theta = (\overrightarrow{OM}\,;\overrightarrow{OD})$.

(S) est abandonné en A sans vitesse initiale.

3.1 Exprimer la vitesse du solide en M en fonction de $h, g, r,\ et\ \theta$.

3.2 Exprimer la réaction de la piste en M en fonction de $m, g, r, h, et\ \theta$.

3.3 Montrer que (S) parcourt la boucle que si la hauteur h est supérieure à une hauteur minimale h_{min} que l'on calculera.

3.4 Pour $h = 1{,}5\ h_{min}$.

3.4.1 Etudier la nature du mouvement de (S) sur le plan incliné AB.

3.4.2 Quelle est la durée du trajet AB ?

3.4.3 Avec quelle vitesse (S) passe-t-il en $C, D\ et\ E$?

3.4.4 Calculer la valeur de la réaction en $C, D\ et\ E$.

3.5 Au-delà du point C, (S) rentre dans le champ de pesanteur et reprend contact en P, un plan incliné d'un angle $\beta = 45°$ par rapport à la verticale passant par E.

3.5.1 Etablir les équations du mouvement de (S) dans le repère $(E, \vec{i}, \vec{j})$.

3.5.2 En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire.

3.5.3 Calculer la distance EP. **On donne $g = 10m.s-2$.**

www.groupe-excellence.sn

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

Exercice 6 :

La figure (1) ci-dessous représente une piste $ABCD$ située dans un plan vertical :

- la partie (AB) est rectiligne de longueur $l = 1\ m$ et inclinée d'un angle $\alpha = 30°$ sur l'horizontale.
- la partie (BC) est un arc de cercle de centre O, de rayon r = l et telle que l'angle $\theta C = (\overrightarrow{OB}; \overrightarrow{OC}) = 10°$.
- la partie (CD) est un arc de cercle de centre O', de rayon $r' = l$.

Les parties (BC) et (CD) sont tangentes en C. Sur la partie (AB), les forces de frottements sont équivalentes à une force $\vec{f}$ parallèle à la piste et opposée à la vitesse d'intensité f constante.
Les frottements sont négligeables sur les autres parties de la piste. L'action de l'air sera négligée et on prendra $g = 10 m.s^{-2}$.
Un solide S ponctuel de masse $m = 200\ g$ part du point A sans vitesse initiale. Il reste sur la piste (ABCD) jusqu' en D et la quitte à partir du point D.

Première partie :

1.1. Exprimer la vitesse V_B du solide au point B en fonction de $m, g\ l, f\ et\ \alpha$.

1.2. Montrer que la vitesse V du solide au point M est donnée par la relation :

$$\mathbf{V_M = \sqrt{2gr\left[\sin\alpha + \cos\alpha - \cos(\alpha + \theta) - \frac{f}{mg}\right]}}.$$

1.3. Exprimer l'intensité R de la réaction de la piste sur le solide en fonction de m, g, α, θ, r et V. En déduire que R peut se mettre sous la forme : $\mathbf{R = mg[3\cos(\alpha + \theta) - 2(\sin\alpha + \cos\alpha)] + 2f}$.

1.4. Trouver l'intensité f de la force de frottement sachant que la valeur l'intensité de la réaction en C est $R_C = 0{,}132\ N$. En déduire la valeur V_C de la vitesse en C.

Deuxième partie :

Le raccordement est tel que le solide quitte la piste au point D situé au même niveau que C avec la vitesse $VD = 2{,}65\ m.s^{-1}$.

2.1. Etablir, dans le repère $(\boldsymbol{O'}\ \vec{\boldsymbol{\imath}};\ \vec{\boldsymbol{\jmath}})$ indiqué sur la figure 1, les équations horaires x(t) et y(t) du mouvement de la sphère à partir du point D.

2.2. Trouver l'équation cartésienne de la trajectoire du solide.

2.3. Déterminer les coordonnées du point de chute E du solide au sol.

2.4. Le solide arrive au point E avec une vitesse $\overrightarrow{V_E}$. Donner les caractéristiques de $\overrightarrow{V_E}$.

www.groupe-excellence.sn

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

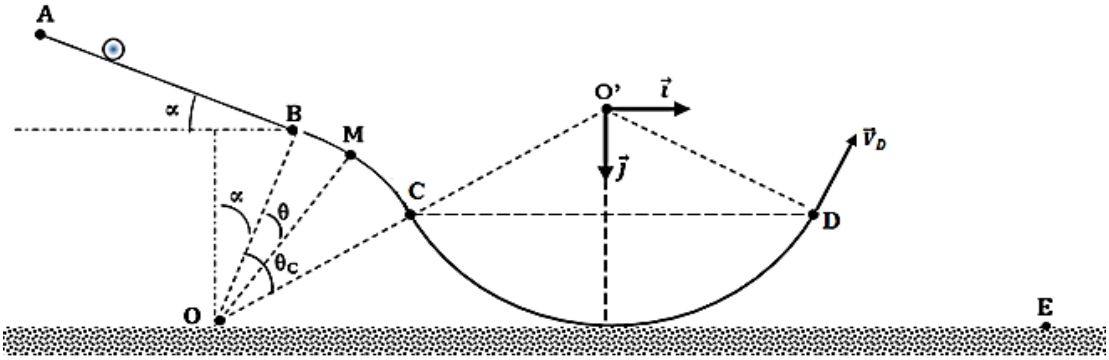


Figure 1

Exercice 7 :

On prendra $g = 10\ m.s^{-2}$.

On considère le dispositif représenté par la figure 1 ci-dessous.

- O_1O_2 : partie rectiligne horizontale ;
- O_2AB : partie rectiligne d'inclinaison $\alpha = 30°$ par rapport à l'horizontale ;
- BC : partie circulaire de centre I et de rayon $r = 1{,}5\ m$;
- CD : partie rectiligne rugueuse.

Les corps $(C1)$ de masse $m_1 = 200\ g$, (C_2) de masse $m_2 = 600\ g$, (C_3) de masse $m_3 = 200\ g$ ainsi que les poulies (P_1) et (P_2) de masses négligeables sont supposés ponctuels. Les fils sont inextensibles et de masses négligeables.

Les frottements sont supposés négligeables pour les poulies, le corps (C_2) et pour le corps (C_3) jusqu'au point C.

On abandonne le système à lui-même sans vitesse initiale à l'instant $t_0 = 0\ s$ pris comme origine des dates pour des différents mouvements.

La distance entre les deux poulies est $L = 2\ m$. A l'instant $t_0 = 0\ s$, le corps (C_2) se trouve à $0{,}7\ m$ de la poulie (P_2). Le sens positif (+) choisi est indiqué sur le schéma.

1. Déterminer le sens du mouvement d'ensemble des corps (C_1), (C_2) et (C_3).
2. Etablir l'expression de l'accélération a_1 du mouvement des corps (C_1), (C_2) et (C_3). Calculer sa valeur.
3. A l'instant $t_1 = 1\ s$, le fil (f_1) est subitement coupé.
   a. Etablir l'expression de l'accélération a_2 des corps (C_2) et (C_3). Calculer sa valeur algébrique.
   b. Etablir l'équation horaire $x(t)$ du mouvement du corps (C_2) en prenant l'origine des abscisses la position de (C_2)à $t_0 = 0$.
   c. A quelle distance de la poulie (P_1) et à quelle date t_2 le corps (C_2) rebrousse-t-il chemin ?
   d. Avec quelle vitesse V_2 le corps (C_2) atteint-il la poulie (P_2) ?

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

4. Juste au moment où le corps (C_2) heurte la poulie (P_2), le corps (C_3) se détache du fil (f_2) et se trouve au point A à une altitude $H = 0{,}8\ m$ par rapport à la partie horizontale CD et avec une vitesse $V_0 = 2\ m\ s^{-1}$.

a. Déterminer la nature du mouvement du corps (C_3) après le détachement.

b. Calculer sa vitesse d'arrivée au point B.

5. De C à D la piste devient rugueuse, les frottements sont équivalents à une force constante d'intensité

$f = 2\ N$.

a. Etablir l'expression de l'accélération a_3 du corps (C_3). Calculer sa valeur.

b. Le corps (C_3) s'arrête en D tel que $CD = 1\ m$. Déterminer la valeur de la vitesse acquise par (C_3) au point C.

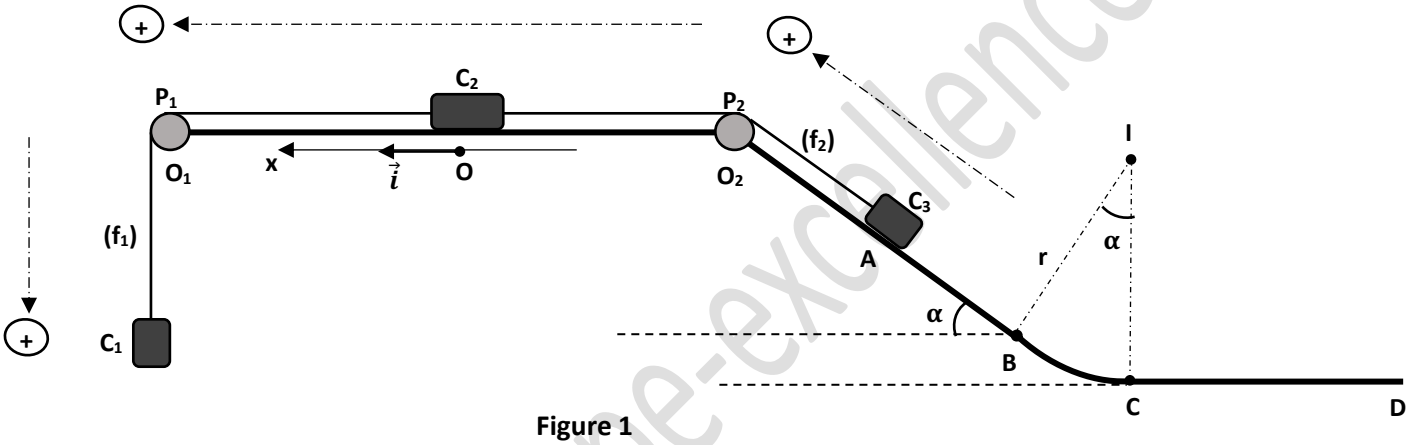


Figure 1

Exercice 8 :

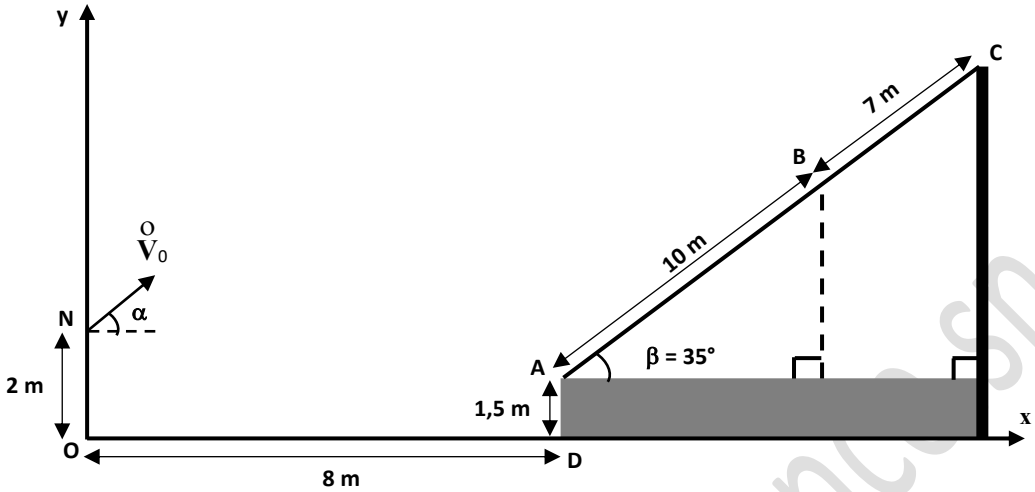
On donne : $g = 10\ N.kg^{-1}$

Après sa victoire à Rolland-Garros, Rafael Nadal lance une balle de tennis de masse m en direction des spectateurs sur la tribune (voir figure ci-dessous)

Dans tout l'exercice, on néglige la résistance de l'air et la balle est considérée comme ponctuelle. A l'origine des dates $t_0 = 0$, la balle est lancée à partir du point N avec une vitesse $\vec{V}_0$ de norme V_0 faisant un angle $\alpha = 40°$ avec l'horizontale.

www.groupe-excellence.sn

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !



1) Par application du théorème du centre d'inertie, déterminer les coordonnées du vecteur accélération.

2) Etablir les équations horaires du vecteur vitesse $\vec{V}$ et du vecteur position $\overrightarrow{OM}$ de la balle de tennis à chaque instant par rapport au repère (O, x, y).

3) En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire de la balle de tennis dans le repère (O, x, y). Quelle est sa nature ?

4) Déterminer l'expression de la hauteur maximale H atteinte par la balle par rapport à O (origine du repère) en fonction de $V_0, \alpha \; et \; g$.

5) Pour une certaine valeur de V_0, la balle de tennis atteint une personne se trouvant à la position B sur la tribune.

a) Montrer que les coordonnées du point B sont : $x_B = 16{,}2\ m \; et \; y_B = 7{,}23\ m$.

b) Déterminer la valeur de V_0 pour que la balle soit captée par la personne se trouvant à la position B. En déduire la valeur de la hauteur maximale H atteinte par la balle.

c) Déterminer le temps de vol t_B de la balle entre le point de lancer et le point B.

6) Déterminer l'intervalle des valeurs de V_0 pour que la balle atterrit entre les points $B \; et \; C$.

Exercice 9 :

Ayant vu le gardien adverse avancé de ses buts (voir figure), un attaquant décide de le lober. Pour cela, il saute en extension et, à la date $t = 0$, le ballon quitte sa main avec une vitesse $V_0 = 7\ m.s^{-1}$ faisant un angle $\alpha = 60°$ avec l'horizontale, à une hauteur $H = 2{,}80\ m$ et à une distance $D = 5\ m$ des buts. Le gardien est à $2\ m$ devant ses buts, les bras levés et tendus représentant un obstacle d'une hauteur $h = 2{,}40\ m$. La barre transversale des buts est à $2{,}0\ m$ au-dessus du sol.

Pour simplifier, on négligera l'action de l'air sur le ballon qui sera considéré comme un point matériel confondu avec son centre d'inertie G.

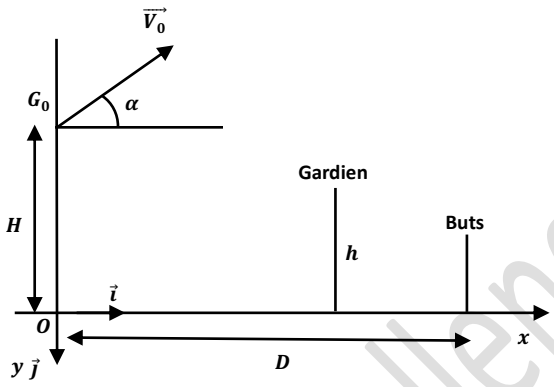
1.1 Déterminer le vecteur accélération du mouvement du ballon. En déduire les équations horaires donnant la position de G à chaque instant, dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$.

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

1.2 Etablir l'équation de la trajectoire et préciser sa nature . Ce dernier est-il lobé ?

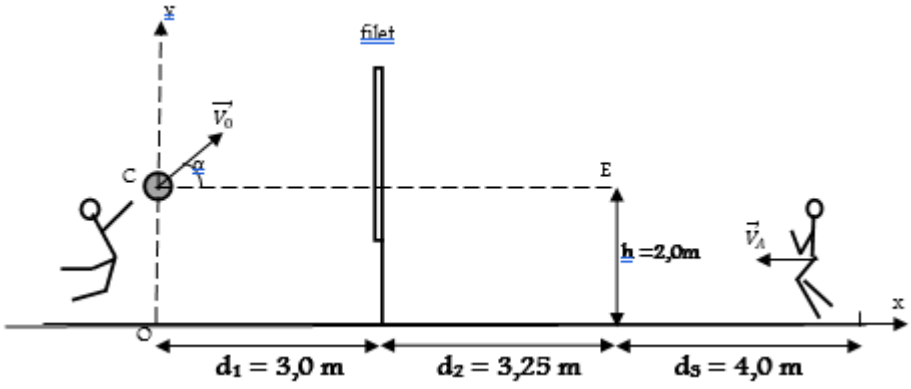
1.3 Le but est-il marqué ?

1.4 Montrer que, pour que le but soit marqué, avec ce même angle de tir, le vecteur vitesse $\vec{V}_0$ doit avoir une norme comprise entre deux valeurs limites que l'on déterminera.



Exercice 10 :

Lors d'un match de volley balle, un joueur frappe la balle de $m = 280\ g$, et lui communique une vitesse $\overrightarrow{V_0}$ à partir d'un point C situé à $h = 2{,}0\ m$ du sol et à une distance $d_1 = 3\ m$ du filet. Le vecteur vitesse $\overrightarrow{V_0}$ est incliné d'un angle $\alpha = 45°$ sur l'horizontale et sa norme vaut $V_0 = 7{,}9\ m.s^{-1}$. On prendra l'accélération de la pesanteur $g = 10\ m.s^{-2}$.



1/ Etude du mouvement de la balle

La balle frappée à la date $t = 0$, décrit sa trajectoire dans le plan vertical contenant le vecteur $\overrightarrow{V_0}$ et rapporté au repère $(Ox\ ;\ Oy)$ orthonormé supposé galiléen. On néglige les forces de frottement de l'air sur la balle.

a. Trouver l'accélération $\vec{a}$ de la balle supposée ponctuelle ; donner ses coordonnées cartésiennes.

b. Exprimer à l'instant t, les coordonnées cartésiennes du vecteur vitesse $\overrightarrow{V_0}$ de la balle.

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

c. Déterminer les équations paramétriques du mouvement de la balle. En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire.
d. Montrer que la balle passe au-dessus du filet, haut de $H = 2{,}43\ m$.
e. Déterminer la hauteur maximale atteinte par la balle au-dessus du sol.
f. Déterminer les caractéristiques du vecteur vitesse de la balle lorsqu'elle touche le sol.

2/ Interception de la balle

Pour intercepter la balle, au point E situé à $d_2 = 3{,}25\ m$ du filet et à $2{,}0\ m$ au-dessus du sol, un adversaire part de derrière à une distance $d_3 = 4{,}0\ m$ de la verticale de E, à l'instant où la balle passe au-dessus du filet.

On suppose qu'il suit une ligne droite parallèle à (Ox), avec une vitesse $\overrightarrow{V_A}$ constante.
a. Vérifier que la balle passe par le point E.
b. Exprimer la date t_1 à laquelle la balle passe au-dessus du filet en fonction de d_1, V_0 et α.
c. Exprimer la date t_2 à laquelle la balle passe au point E en fonction de d_1, d_2, V_0 et α.
d. Montrer que la vitesse V_A de cet adversaire pour intercepter la balle est donnée par la relation :

$$V_A = \frac{(d_3 \times V_0 \times \cos a)}{d_2} \quad .Calculer\ V_A.$$

Exercice 11 :

On étudie les tirs de basket-ball de manière simplifiée. On suppose que le joueur est face au panneau à une distance D de ce dernier. Le cercle du panier est situé à une hauteur $H = 3{,}05\ m$ au-dessus du sol et on assimilera dans un premier temps le cercle au point C situé sur le panneau. De même, le ballon sera considéré comme ponctuel. On néglige les frottements fluides de l'air. A l'instant t = 0, le joueur tire le ballon d'un point A situé à une hauteur $h = 2{,}00\ m$ au-dessus du sol en imposant une vitesse $\vec{v}_0$ faisant un angle α avec l'horizontale. Le mouvement sera étudié dans le repère $(O\ ;\vec{\imath}\ ;\ \vec{\jmath})$.
1. Etablir les équations horaires du mouvement du ballon dans le repère$(O\ ;\vec{\imath}\ ;\ \vec{\jmath})$.
2. En déduire l'équation cartésienne de sa trajectoire.
3. On suppose que le module de la vitesse initiale est fixé. Déterminer l'équation à vérifier par l'angle α pour que le panier soit marqué (le ballon passe par le point C). On mettra cette équation sous la forme d'une équation du second degré en $tan\alpha$.
4. Montrer que cette équation n'admet des solutions que si le module V_0 de la vitesse initiale vérifie une inéquation du second degré en V_0^2.
5. En déduire l'existence d'une valeur minimale $V_{0_{min}}$ de V_0 pour que le panier soit marqué.
6. Faire l'application numérique :
a. Pour un lancer franc : la distance D vaut alors $4{,}60\ m$.
b. Pour un panier à trois points : la distance D vaut alors $6{,}25\ m$ selon les règles de la Fédération Internationale de Basket-Ball.
7. Si la condition précédente (en 4) est vérifiée, donner l'expression de tanα et en déduire qu'il existe deux angles possibles pour marquer le panier.
8. Donner les valeurs numériques des angles α permettant de marquer un lancer franc en supposant que $V_0 = 10{,}0\ m.s^{-1}$.

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

9. Dans la suite, on suppose que l'angle de tir est fixé. Déterminer l'expression de la vitesse initiale V_0 à imposer pour marquer le panier.

10. Faire l'application numérique pour un lancer franc et un angle de tir $\alpha = 70°$.

11. On s'intéresse maintenant à l'influence de la dimension du ballon et du cercle du panier.

On rappelle que le rayon du ballon est de 17,8 cm et que le diamètre du cercle mesure 45,0 cm. On note x la distance du centre du ballon au panneau à hauteur du cercle du panier.

a. Donner l'intervalle des valeurs de x permettant de marquer le panier.

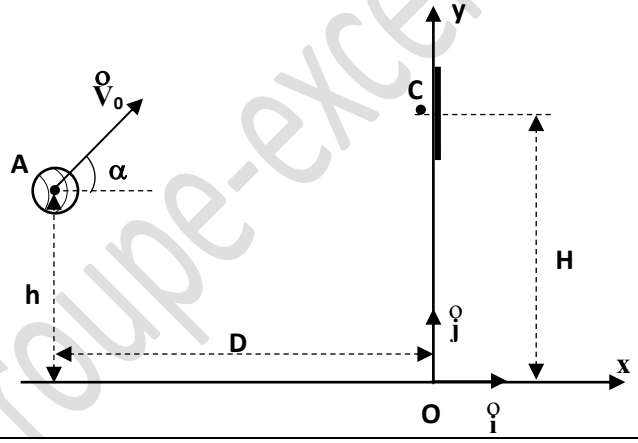
b. Quelle équation doit vérifier x ? On pourra la laisser sous forme d'une équation du second degré en $(D + x)$.

c. En déduire la condition que doivent vérifier V_0, α, g, H et h pour que cette équation ait des solutions.

d. En déduire les valeurs d'angle de tir possibles en supposant la vitesse initiale V_0 fixée. On fera l'application numérique pour $V_0 = 10{,}0\ m.s^{-1}$.

e. En déduire l'existence d'une valeur minimale $v_{0_{min}}$ de v_0 à angle de tir fixé. On fera l'application numérique pour $\alpha = 70°$.

f. Cette condition étant vérifiée, donner l'expression de x.



Exercice 12 :

Dans tout l'exercice, on néglige l'action de l'air sur la bille.

On donne : $g = 9,8\ m.s^{-2}$

Un pendule simple est constitué par une bille A_1, assimilable à un point matériel, de masse m_1 suspendue au bout d'un fil de masse négligeable et de longueur $l = O'A = 2\ m$.

1) On écarte le pendule d'un angle $\theta_0 = 60°$ par rapport à sa position d'équilibre verticale $O'I$ et on le communique une vitesse initiale V_0. Quelles sont les caractéristiques du vecteur vitesse $\vec{V}_0$ de la bille lorsqu'elle passe au point B défini par l'angle $\theta = 30°$.

2) Lors de son passage au point B la bille A_1 heurte au cours d'un choc parfaitement élastique et sans frottement une autre bille A_2 de masse $m_2 = \frac{1}{2}m_1$ posée en équilibre au sommet d'un poteau de hauteur $h = 50\ cm$.

www.groupe-excellence.sn

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

a) Quelles sont les expressions des vitesses V_1 de la bille A_1 *et* V_2 de la bille A_2 après le choc en fonction de V_0 ?

b) Montrer que l'équation cartésienne de la trajectoire dans le repère (Ox, Oy) de la bille A_2 dans sa chute avec la vitesse initiale V_2 acquise par le choc, est sous la forme :

$$y(x) = -\lambda(x-1)^2 + \frac{\sqrt{3}}{3}(x-1) + \frac{1}{2};$$

λ est une constante réelle dont on donnera son expression en fonction de V_2 ; θ *et* g.

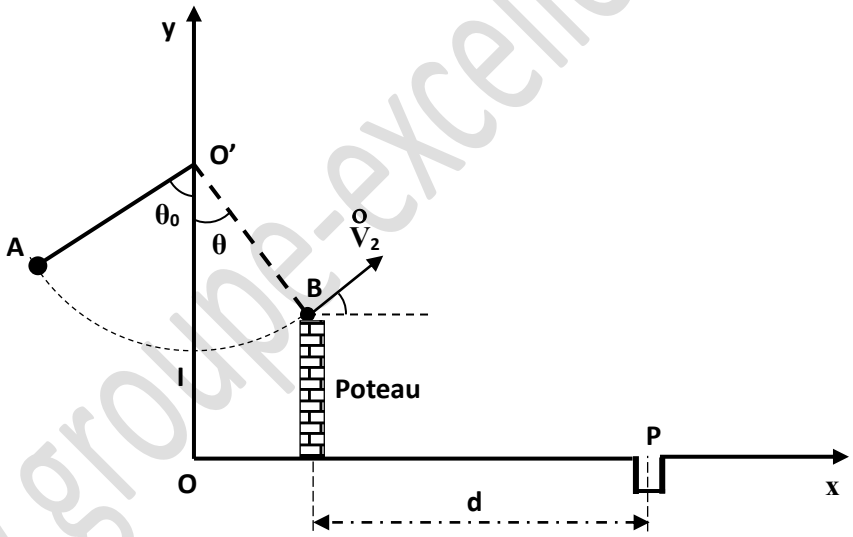
c) Exprimer alors la vitesse V_0 en fonction de g, θ, θ_0, l *et* λ.

3) On désire que la bille A_2 tombe dans un petit trou creusé dans le sol au point P, situé à une distance

$d = 5\,m$ du poteau.

a) Exprimer λ alors en fonction de d puis calculer sa valeur.

b) Calculer la vitesse V_0 qu'il faut communiquer à la bille A_1 pour que la bille A_2 tombe dans le trou.



Exercice 13 :

A proximité d'un mur où se trouve une fenêtre, un enfant fait tourner un solide ponctuel de masse $m = 25\,g$, attaché au bout d'un fil inextensible de longueur $l = 50\,cm$.

Le mouvement du solide, supposé circulaire de centre O, a lieu dans le plan vertical perpendiculaire au mur

Pour provoquer ce mouvement, l'enfant communique au solide, quand il est dans sa position d'équilibre OB, une vitesse horizontale $\overrightarrow{V_0}$. Le fil forme au cours du mouvement un angle θ avec la verticale

On prendra $g = 10\,m.s^{-2}$ et tous les frottements sont supposés négligeables.

1) Exprimer le module V de la vitesse du solide au point M en fonction de la vitesse V_0, la longueur l, de l'angle θ et de l'intensité g de la pesanteur.

www.groupe-excellence.sn

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

2) Déterminer l'angle θ correspondant à la vitesse maximale du solide.

3) Exprimer l'intensité de la tension du fil, en fonction de la masse m, la longueur l, la vitesse V_0, l'angle θ et g. En déduire la position du solide pour laquelle la tension du fil est minimale.

4) Etablir l'expression, en fonction de la longueur l et de g la valeur minimale $V_{0_{min}}$ de la vitesse V_0 pour que le fil reste tendu en S. Calculer cette valeur minimale $V_{0_{min}}$ de la vitesse.

5) Le mur se trouve à une distance $D = 5\,m$ du point O et la fenêtre est un carré de côté $d = 90\,cm$ dont la base se trouve à une hauteur $h = 60\,cm$ au-dessus de l'horizontale passant par O.

Le fil est coupé quand le solide passe par le point A de la trajectoire, tel que $(\overrightarrow{OA}\,;\,\overrightarrow{OS}) = \theta_0 = 45°$.

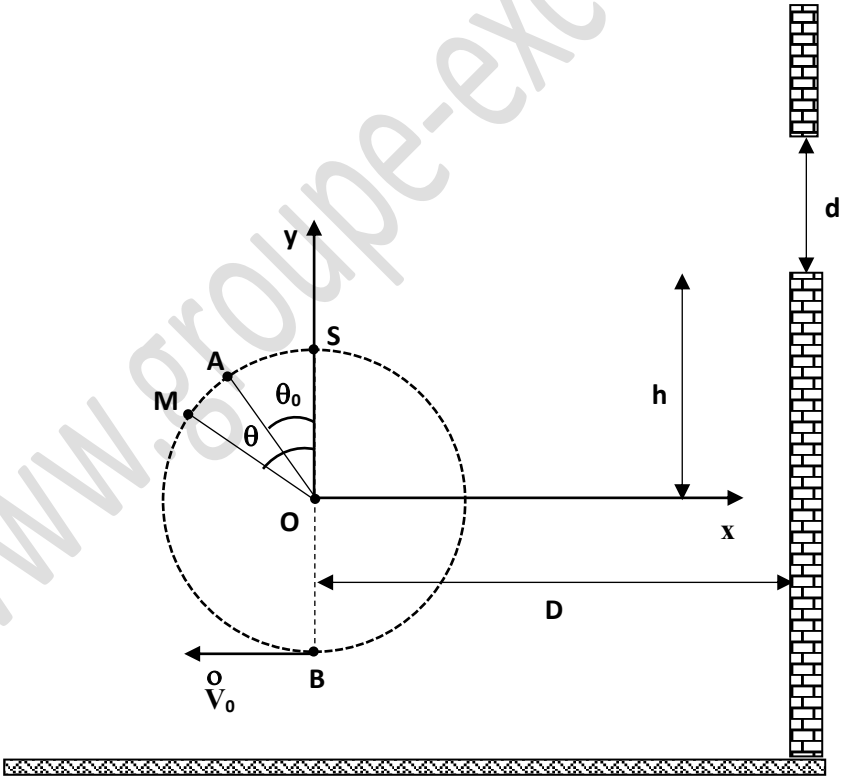
On prendra pour l'origine des dates l'instant où le solide est en A.

a) Déterminer les caractéristiques de la vitesse V_A du solide au point A. Son module sera exprimé en fonction de V_0.

b) Montrer que dans le repère $(O\vec{\imath},\vec{\jmath})$, l'équation cartésienne de la trajectoire du solide lorsqu'au-delà du point A, peut se mettre sous la forme $\boldsymbol{y = \alpha x^2 + \beta x + \gamma}$.

On donnera les expressions de α, β et γ en fonction de V_A.

c) Déterminer la valeur V_0 de la vitesse à communiquer au solide au point B pour qu'il passe par le milieu de la fenêtre.



www.groupe-excellence.sn

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

Exercice 14 :

Dans beaucoup de moteurs, pour diminuer l'usure des pièces mécaniques, on utilise des huiles dont l'une des caractéristiques fondamentales est la viscosité.

Dans ce qui suit, on se propose de déterminer la viscosité d'une « huile moteur ». Pour cela, on étudie la chute verticale d'une bille en acier d'abord dans l'air puis dans l'huile. Dans les deux cas, la bille est lâchée sans vitesse initiale à partir d'un point O du fluide pris comme origine de l'axe (OX) vertical et orienté vers le bas et l'instant de lâcher est pris comme origine des dates $t = 0$.

Sur la bille s'exercent les trois forces suivantes :

- Son poids $\vec{P}$;

- La résistance $\vec{f}$ du fluide, qui est une force colinéaire et de sens opposé au vecteur vitesse instantanée de la bille, d'intensité $f = 6\,\pi.\eta.r.V$, expression où η est la viscosité du fluide supposée constante, V la valeur de la vitesse instantanée de la bille et r son rayon ;

- La poussée d'Archimède $\vec{F}$ qui est une force verticale orientée vers le haut, d'intensité $F = \rho.V_B.g$ relation où ρ est la masse volumique du fluide, V_B le volume de la bille et g l'intensité de la pesanteur.

1 Etude du mouvement de la bille dans l'air.

1.1. Représenter les forces appliquées à la bille à une date $t > 0$.

1.2. Calculer l'intensité de chacune de ces forces pour $V = 5\ m/s$. En déduire qu'on peut négliger les intensités de $\vec{F}$ et $\vec{f}$ devant celle du poids.

1.3. Etablir les équations horaires de la vitesse $v(t)$ et de l'abscisse $x\ (t)$ de la bille puis préciser la nature du mouvement de la bille dans l'air.

1.4. Au bout d'un parcours de 50 cm depuis le point O, la bille acquiert une vitesse de 3,16 m/s. Montrer que cette information confirme l'approximation faite à la question 1.2.

2. Etude du mouvement de la bille dans l'huile

2.1. Les intensités de $\vec{F}$ et $\vec{f}$ ne sont plus négligeables devant celle du poids.

Par application du théorème du centre d'inertie, montrer que l'équation différentielle du mouvement de la bille peut s'écrire sous la forme : $\frac{dV}{dt} + \frac{1}{\tau}V = C$ où C et τ sont des constantes.

2.2. Donner l'expression de C en fonction de g, ρ_{ac} (masse volumique de l'acier) et ρ_h (masse volumique de « l'huile moteur ») puis exprimer τ en fonction de $\rho_{ac}\ , r\ et\ \eta$ (viscosité de l'huile moteur).

Vérifier que $C = 8{,}4\ m.s^{-2}$.

2.3. Au bout d'un temps suffisamment long, l'accélération de la bille s'annule. La vitesse obtenue à partir de cet instant est appelée vitesse limite de module V_{lim}.

a) Décrire la nature du mouvement de la bille après que l'accélération s'annule puis exprimer la vitesse limite V_{lim}. en fonction $de\ \tau\ et\ C$.

b) On trouve expérimentalement que $V_{lim}. = 4{,}2\ cm/s$. Quelle valeur de τ peut-on en déduire ?

2.4. Déterminer la valeur de la viscosité η de « l'huile-moteur ».

Données :

Masse volumique de l'acier : $\rho_{ac} = 7{,}8\,.10^3\ kg/m^3$; masse volumique de l'air : ρ_0 = 1,3 kg/m^3

www.groupe-excellence.sn

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

Masse volumique de l'huile moteur : $\rho_h = 1{,}26.10^3\ kg/m3$; viscosité de l'air : η(air)=1,85.10^{-5} S.I , Rayon de la bille r = 1,5 mm ; Volume de la bille $V_B = \frac{4\pi r^3}{3}$ g = 10 N/kg.

Exercice 15 :

Nous étudions le mouvement de chute de deux corps (A) et (B) dans le repère orthonormé (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$) lié à un référentiel terrestre supposé galiléen. Le point O est situé au niveau du sol (figure 1). On néglige la poussée d'Archimède devant les autres forces et on prend l'intensité de la pesanteur **g = 10 m.s^{-2}.**

3-1/ Etude de la chute d'un corps avec frottement :

A un instant choisi comme origine des dates t = 0, on lâche sans vitesse initiale d'un point H, un corps solide (A) de masse m_A = 0,5 kg et de centre d'inertie G_A (figure 1). En plus de son poids, le solide (A) est soumis à une force de frottement fluide $\vec{f} = -k\vec{V}_A$ où $\vec{V}_A$ est le vecteur vitesse de G_A à un instant t et k une constante positive.

3-1-1/ Montrer que l'équation différentielle du mouvement vérifiée par la composante V_{Ay} (t) suivant l'axe (Oy) du vecteur vitesse $\vec{V}_A$ (t) s'écrit : $\frac{dV_{Ay}}{dt} + \frac{1}{\tau} V_{Ay} + g = 0$; ou τ représente la constante de temps caractéristique du mouvement.

3-1-2/ La courbe de la figure 2 représente l'évolution de V_{Ay} (t) au cours du temps.

Déterminer τ et en déduire la valeur de k.

3-2/ Etude du mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur :

A l'instant où le centre d'inertie G_A du corps (A) passe par le point F d'altitude h_F = 18,5 m par rapport au sol, on lance un projectile (B), de masse m_B et de centre d'inertie G_B, d'un point P de coordonnées (x_P = 0, y_P = hp) avec une vitesse initiale $\vec{V}_0$ faisant un angle α, **(0 < α < $\frac{\pi}{2}$ rad)** avec l'horizontale (figure1).

On choisit cet instant comme nouvelle origine des dates (t = 0) pour le mouvement de (A) et celui de (B).

On néglige les frottements pour le projectile (B), on donne : h_P = 1,8 m ; V_0 = 20 m.s^{-1}.

3-2-1/ Etablir les équations horaires x_B (t) et y_B (t) du mouvement de (B) en fonction de α, Vo, g, h_p et t.

3-2-2/ Exprimer les coordonnées du point S, sommet de la trajectoire de (B), en fonction α, Vo, g et h_p

3-3/ Les deux corps (A) et (B) se rencontrent au point S (on considère que G_A coïncide avec G_B en S).

3-3-1/ Sachant que le corps (A) passe par F avec sa vitesse limite à la date t = 0, établir l'équation horaire y_A(t) du mouvement de (A).

3-3-2/ Déterminer la valeur de l'angle α pour que les deux corps (A) et (B) se rencontrent au point S.

www.groupe-excellence.sn

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

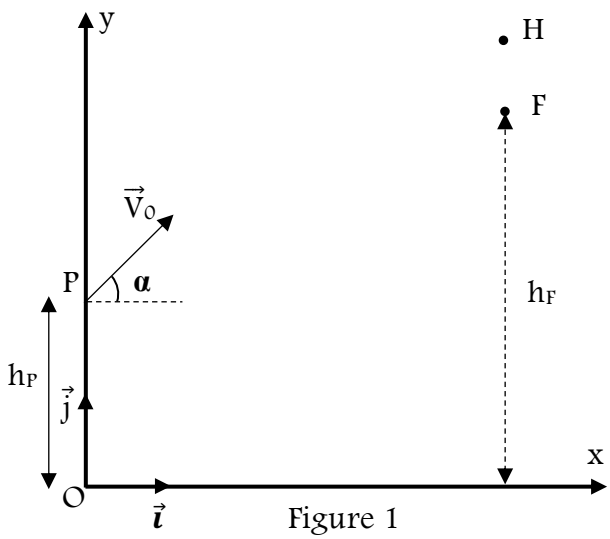


Figure 1

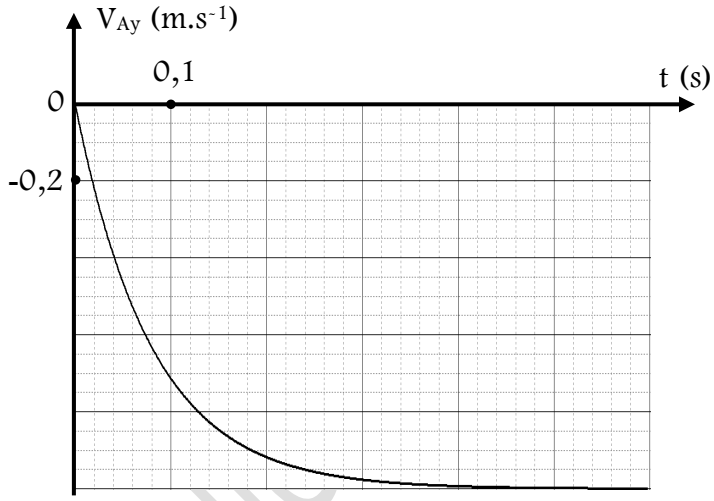


Figure 2

Exercice 16 :

I- Pendule Simple – Pendule Conique

1. Un pendule est constitué d'un fil de longueur $l = 100cm$ et d'un solide de masse $m = 100g$ relié à l'extrémité du fil et l'autre extrémité du fil est fixe en O. Le pendule étant dans sa position d'équilibre stable en Mo, on communique au solide une vitesse initiale $\overrightarrow{V_0}$ horizontale. A l'instant t, le solide passe au point M repéré par l'angle θ que fait le fil avec la verticale.

1-1. Exprimer la vitesse V du solide au point M, en fonction de l, θ, V_0 et g.

1-2. Exprimer la tension T du fil en M en fonction de m, l, θ, V_0 et g.

1-3. Quelle devrait être la valeur de la vitesse initiale minimale pour que le solide effectue un tour complet le fil restant tendu.

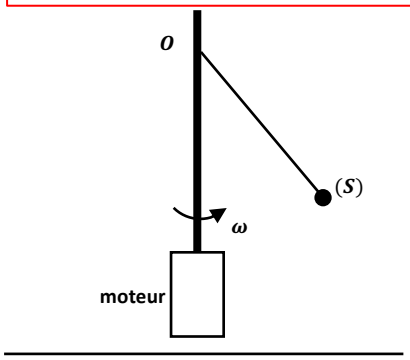
2. Le pendule est maintenant relié à une tige elle-même reliée à un moteur tournant à la vitesse angulaire ω (voir fig.).

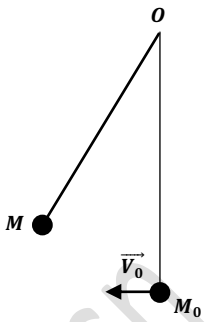
2-1. Avec quelle vitesse angulaire minimale ω_0 doit tourner le moteur pour que le fil décolle de la verticale ?

2-2. On impose au moteur une vitesse angulaire $\omega = \sqrt{2}\,.\,\omega_0$. Calculer alors, l'angle d'inclinaison θ du fil, la vitesse linéaire V du solide ainsi que la valeur de la tension T du fil.

2-3. Le plan de la trajectoire peut-il contenir le point O ? Justifier la réponse.

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

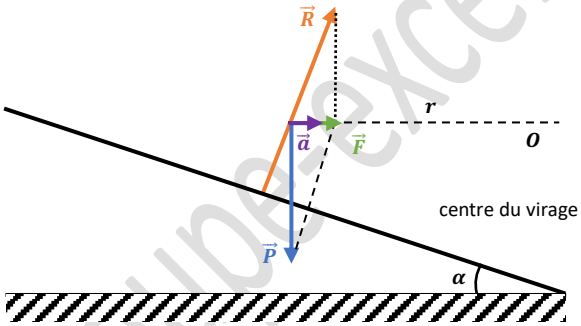




II-VIRAGE

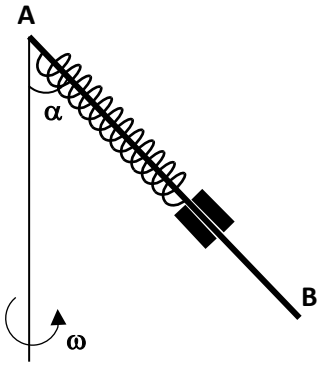
On étudie le mouvement d'un cycliste dans un virage relevé d'un angle α par rapport à l'horizontale ; on suppose une absence totale de frottements entre la route et la bicyclette.
Le rayon du virage étant r, calculer la vitesse v que le cycliste doit avoir pour tourner sans encombrement.

Données : $\alpha = 5°$; $r = 250m$ et $g = 10m/s^2$



Exercice 17 :

On dispose d'un ressort à spires non jointives, de masse négligeable, de raideur $K = 10\,N.m^{-1}$, de longueur à vide $l_0 = 20\,cm$. Le ressort est enfilé sur une tige AB soudée en A, à un axe vertical (Δ). On donne $\alpha = 60°$. L'une des extrémités du ressort est fixée en A, l'autre porte un anneau de masse m = 100 g pouvant coulisser sans frottement sur la tige.



www.groupe-excellence.sn

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

1. Calculer la longueur l_1 du ressort et la réaction $\overrightarrow{R_1}$ de la tige sur l'anneau à l'équilibre.

2. L'ensemble tourne maintenant autour de l'axe (Δ) avec une vitesse angulaire constante $\omega = 4\ rad.s^{-1}$. Déterminer la longueur l_2 du ressort et la réaction $\overrightarrow{R_2}$ de la tige sur l'anneau.

3. Montrer que la réaction de la tige sur l'anneau peut s'annuler pour une certaine valeur ω_0 de la vitesse angulaire que l'on précisera

On donne : $g = 10\ m.s^{-2}$.

Exercice 18 :

Dans tout l'exercice, on suppose que le mouvement des protons a lieu dans le vide et on néglige leur poids par rapport aux autres forces. On considère le dispositif de la figure ci-dessous. Des protons sont émis en A avec une vitesse quasiment nulle, puis accélérés entre les points A et B des plaques $(P_1)\ et\ (P_2)$.

1. En justifiant, préciser le signe de la tension U_{AB} pour que les protons soient accélérés.
2. Pour la suite on prendra $U_0 = |U_{AB}| = 1000\ V$.

2.1 Exprimer la vitesse V_B d'un proton en B en fonction de U_0, e et m_p (masse du proton)

2.2 Calculer V_B.

3. Après la traversée de la plaque (P_2) en B, les protons pénètrent en O entre deux plaques $(P_3)\ et\ (P_4)$ parallèles, de longueur l = 20 cm et distantes de $d = 7\ cm$. La tension U appliquées entre les plaques $(P_3)\ et\ (P_4)$ crée un champ électrique uniforme $\vec{E}$.

3.1 Monter que l'énergie cinétique d'un proton se conserve entre B et O.

3.2 Etablir dans le repère $(O,\vec{\imath},\vec{\jmath})$ les équations horaires du mouvement d'un proton entre les plaques (P_3) et (P_4).

3.3 Vérifier que l'équation de la trajectoire peut s'écrire sous la forme $y = \frac{U}{4dU_0}x^2$.

3.4 Déterminer la condition à laquelle doit satisfaire la tension U pour les protons sortent du champ électrique sans heurter l'une des plaques (P_3) ou (P_4).

3.5 Déterminer la valeur de la tension U pour que les protons sortent du champ électrique par le point S de coordonnées $(x_S = l\ ;\ y_S = \frac{d}{5})$.

4. A leur sortie du champ électrique par le point S, les protons sont reçus en un point C sur un écran (E) placé perpendiculairement à l'axe OX, à la distance $D = O'I = 20\ cm$. (Le point I est le centre de l'espace champ électrique)

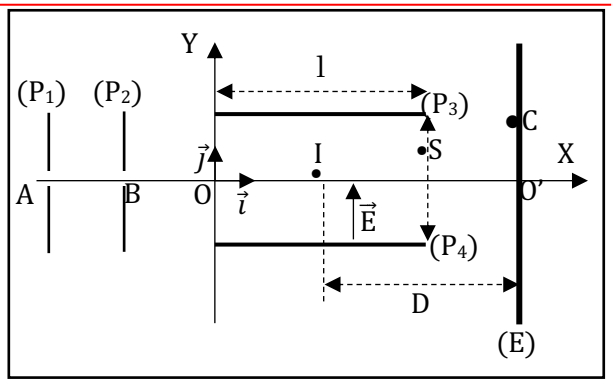
4.1 Quelle est la nature du mouvement d'un proton entre S et C ? Justifier.

4.2 Etablir l'expression littérale de la déflexion électrique $O'C$ des protons sur l'écran (E). Faire l'application numérique.

On donne $m_p = 1{,}67.10^{-27}\ kg\ ;\ e = 1,\ 6.10^{-19}\ C$

www.groupe-excellence.sn

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !



Exercice 19 :

Les deux plaques $(A\ et\ B)$ horizontales de longueur L et séparées par une distance d, constituent un condensateur plan. On travaille dans le repère $(O,\vec{\imath},\vec{\jmath})$ où le point O est équidistant des deux plaques. Toute l'expérience a lieu dans le vide et on néglige les forces de pesanteur.

Un faisceau de protons homocinétique, pénètre avec une vitesse $\vec{V}_0$ dans l'espace compris entre deux armatures A et B du condensateur plan auquel on applique une tension U_{AB}. Entre ces plaques s'établit un champ électrique $\vec{E}$.

On donne : $m_p = 1,6.10^{-27}\ kg$; $e = 1,6.10^{-19}\ C$; $V_0 = 4,5.10^5\ m.s^{-1}$.

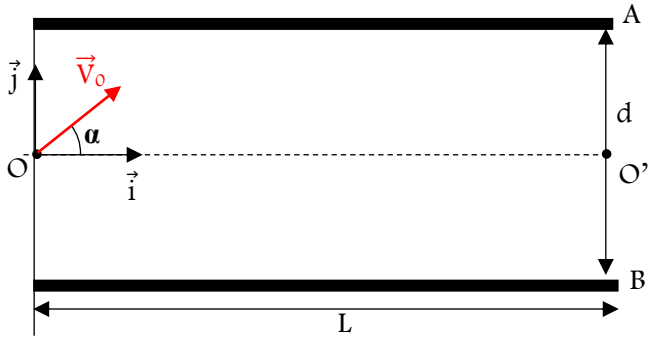
1) Indiquer, en le justifiant, le signe de $U_{AB} = V_A - V_B$ pour que le faisceau de proton puissent sortir par le point O' de coordonnées $(L, 0)$. En déduire le sens du vecteur champ électrique $\vec{E}$ entre $A\ et\ B$.

2) Etablir les équations horaires du mouvement dans $\vec{E}$ des protons dans le repère $(O,\vec{\imath},\vec{\jmath})$. En déduire l'équation de la trajectoire des protons dans $\vec{E}$.

3) Quelle est la nature de la trajectoire des protons ?

4) Calculer la valeur numérique de U_{AB} permettant de réaliser la sortie en O' pour $\alpha = 30°, L = 20\ cm\ et\ d = 7\ cm$.

5) Dans le cas où la tension U_{AB} est égale à la valeur précédemment calculée, déterminer à quelle distance minimale de la plaque supérieure passe le faisceau de protons.



www.groupe-excellence.sn

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

Exercice 20 :

Un condensateur plan formé par deux plaques verticales identiques P_1 et P_2, de longueur commune $L =$ 25 cm, placée à une distance $d = 20\ cm$ l'une de l'autre. On applique entre P_1 et P_2 une d.d.p $U_{P1P2} = U_0 > 0$ créant ainsi un champ électrique $\vec{E}$ uniforme, horizontal (voir figure).

3.1 On apporte à l'aide d'un fil isolant non chargé une boule métallisée supposée ponctuelle de masse m=8 g possédant une charge $q = +\ 3.10^{-6}\ C$ près du bord supérieur de la plaque P_1 en O sans toutefois la toucher. On prendra $g = 10N.kg^{-1}$.

3.1.1 Faire le bilan des forces extérieures appliquées à la boule à l'équilibre puis les représenter.

3.1.2 Exprimer l'angle α que fait le fil avec la verticale, dans cette position d'équilibre, en fonction des grandeurs notées $q, m, g, d\ et\ U_0$. Calculer l'angle α pour $U_0 = 4.10^3 V$

3.2 On coupe ensuite le fil libérant ainsi sans vitesse initiale, à partir du point O, la boule de masse $m =$ $8\ g$ ayant une charge électrique $q =\ 3.10^{-6}\ C$.

3.2.1 Faire le bilan des forces appliquées à la boule puis par application du théorème du centre d'inertie, déterminer les composantes de son accélération dans le repère $R\ (O, \vec{\imath}, \vec{\jmath})$.

3.2.2 Etablir les équations horaires, $y = f(t)\ et\ z = f(t)$, du mouvement de la boule.

3.2.3 Déduire l'équation cartésienne de sa trajectoire dans l'espace plan $(O, \vec{\imath}, \vec{\jmath})$. Limité par les deux P_1 et P2. Préciser la nature de cette trajectoire.

3.2.4 Montrer qu'il existe une valeur maximale $U_{0_{max}}$ de la tension U_0 pour que la boule sort du condensateur sans heurter les plaques. Calculer cette tension maximale $U_{0_{max}}$

3.3Déterminer pour la tension $U_0\ = 4.10^3 V$ les coordonnées du point S de sortie de la boule lorsque celle-ci quitte le condensateur.

3.4 Calculer, dans ces conditions, la durée du parcours OS.

3.5 Calculer la valeur V_S du vecteur vitesse de la boule à la sortie en S.

3.6 Sachant que la partie inférieure de ce condensateur se trouve à une hauteur $h = 25\ cm$ du sol, déterminer :

3.6.1 Les coordonnées du point d'impact J de la boule avec le sol.

3.6.2 La valeur Vj de son vecteur vitesse en ce point.

www.groupe-excellence.sn

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

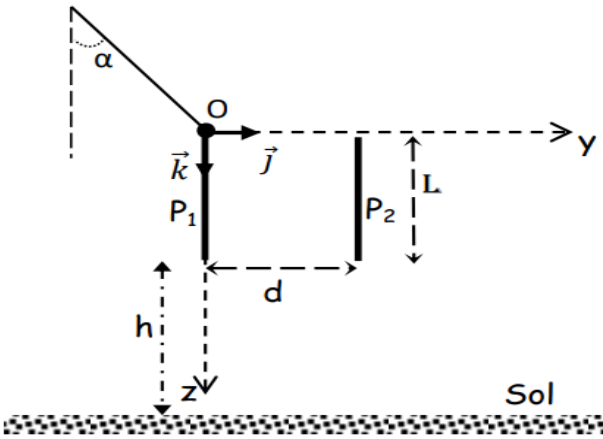


Figure 1

Exercice 21 :

On considère une poulie à deux gorges constituées de deux plaques circulaires de rayons r_1 et r_2 qui tournent autour de leur axe commun (Δ). Sur la petite gorge s'enroule un câble $(C1)$ qui soutient un solide $(S1)$ (posé sur le plan incliné) de masse m_1. Sur la grande gorge s'enroule dans l'autre sens un câble $(C2)$ qui soutient un solide (S_2) de masse m_2. A l'instant initiale $t = 0s$ pris comme origine des temps, on abandonne le solide S_2 sans vitesse initiale : celui-ci se déplace alors verticalement en entrainant le reste du système.

Données : $m_1 = 70kg$; $m_2 = 50kg$; $\alpha = 30°$; $2r_1 = r_2 = 50cm$; $g = 9{,}8ms^{-2}$; le moment d'inertie de la poulie $J_\Delta = 4kg.m^2$

1) Etablir l'expression de l'accélération angulaire $\ddot{\theta}$ de la poulie par application du théorème de l'accélération angulaire à la poulie.

2) Retrouver cette expression en appliquant le théorème de l'énergie cinétique au système (S_1+S_2+la poulie)

3) Faire l'application numérique.

4) En déduire les accélérations a_1 et a_2 des solides S_1 et S_2.

5) Déterminer les tensions T_1 et T_2 des câbles C_1 et C_2.

6) Lorsque le câble C_2 s'est déroulé de $l_2 = 5{,}70m$, il se rompt brutalement.

a) Calculer la distance l_1 parcoure par S_1 sur le plan incliné et la vitesse V_1 du solide S_1 à l'instant où le câble se rompt.

b) Quelle est la vitesse V_2 du solide S_2 à l'instant où le câble se rompt.

c) Calculer la distance l_1'' parcourue par S_1 sur le plan incliné après la rupture du câble C_2.

7) Le solide S_2 est assimilable à une boule en verre de rayon r, de masse m_2, tombant après la rupture du câble C_2 dans du glycérol. Sur la boule en mouvement s'exercent son poids $\vec{P}_2$ ou force de pesanteur, la force de résistance du fluide $\vec{f}$ et la poussée d'Archimède $\vec{F}$ due également au fluide.

- La résistance du fluide $\vec{f}$ est une force colinéaire et de sens opposé au vecteur vitesse instantanée

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

De la boule et de valeur $f = 6\pi\eta rV$ où V est la valeur de la vitesse instantanée de la boule, r son rayon et η une constante caractéristique du fluide (viscosité).

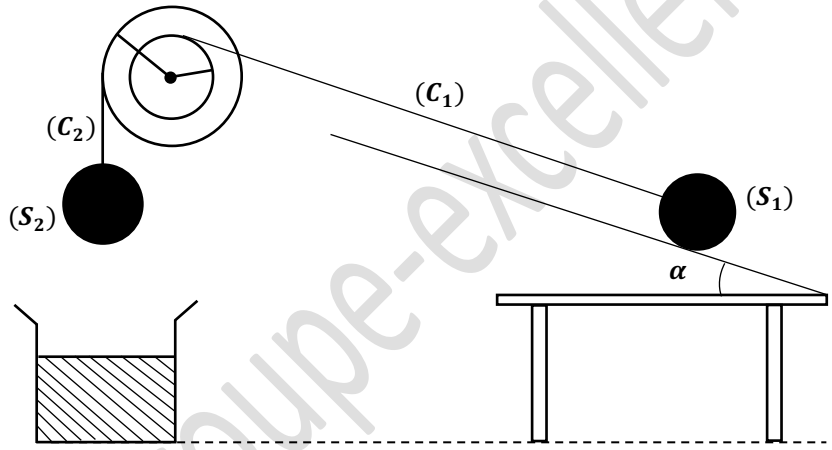
- La poussée d'Archimède $\vec{F}$ est une force verticale dirigée du bas vers le haut dont l'intensité est

égale au poids du fluide déplacé par la boule soit $F = \rho g V_b$. On donne $g = 9{,}8 ms^{-2}$; masse volumique de la boule en verre $\rho_{verre} = 1{,}6 gcm^{-3}$; la masse volumique du glycérol $\rho = 1{,}26 gcm^{-3}$; η : la viscosité du glycérol $\eta = 1{,}49 SI$; volume de la sphère (boule) de rayon r. $\boldsymbol{V_b = \frac{(4\pi r^3)}{3}}$.

a) Représenter les forces appliquées à la boule à un instant où sa vitesse est $\vec{V}$.

b) Montrer par application du théorème du centre d'inertie dans un repère que l'on précisera, que l'équation différentielle du mouvement de la boule s'écrit : $\boldsymbol{\frac{dV}{dt} + \left(\frac{6\pi\eta r}{m_2}\right)V = g(1 - \frac{\rho}{\rho_{verre}})}$.

c) Déduire de cette équation différentielle la vitesse limite V_{lim} de la boule.



Exercice 22 :

On néglige les frottements et la résistance de l'air.
Une tige T de longueur $L = 50\,cm$, de masse $M_1 = 96\,g$, est solidaire d'un tambour cylindrique, d'axe vertical (Δ) fixe, de masse négligeable et de rayon $R_1 = 5\,cm$. L'axe (Δ) du tambour est perpendiculaire à la tige en son milieu O.
Un fil sans masse et inextensible, ne pouvant glisser sur la poulie ni sur le tambour, est enroulé sur le tambour de façon que les spires ne se chevauchent pas.

Ce fil passe sur la gorge d'une poulie, d'axe de révolution horizontal et perpendiculaire au plan de la figure. La poulie a une masse $M_2 = 50\,g$ supposée répartie uniformément sur sa circonférence de rayon $R_2 = 10\,cm$.
Pendant le mouvement, on suppose que l'axe de la poulie est fixe, et le brin de fil entre le tambour et la poulie reste horizontal et situé dans le plan de la figure. Un corps de masse $m = 64\,g$ est attaché à l'extrémité du fil.

www.groupe-excellence.sn

Groupe Excellence
Excellez avec les meilleurs professeurs !

1. Calculer :

a. Le moment d'inertie J_1 de la tige par rapport à l'axe (Δ).

b. Le moment d'inertie J_2 de la poulie par rapport à son axe de révolution.

2. A l'instant $t = 0\ s$, on abandonne la masse m sans vitesse initiale.

a. Vérifier que l'accélération de la masse m est $a = 0{,}7\ m.s^{-2}$.

b. En déduire l'accélération angulaire $\ddot{\theta}_1$ de la tige.

3. A l'instant t, la vitesse de la masse m est $V = 2\ m.s^{-1}$. Calculer :

a. La distance parcourue par la masse m à cet instant et la vitesse angulaire $\dot{\theta}$ de la tige.

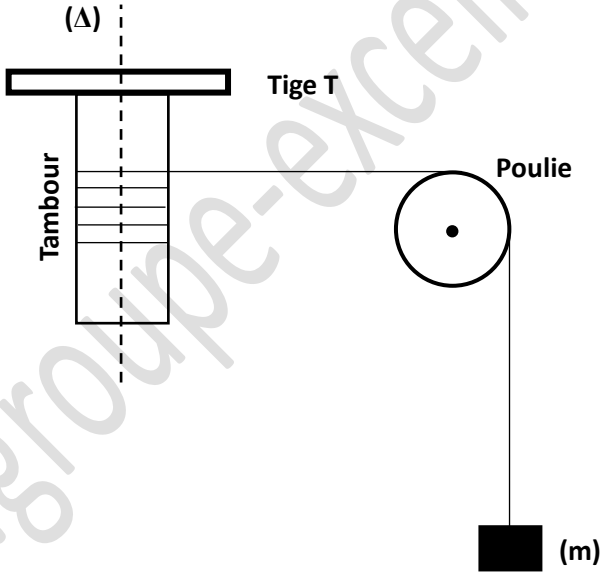
b. Le nombre de tours n effectués par la tige à cet instant. En déduire alors l'instant t.

4. A l'instant t, le fil reliant le tambour et la masse m casse.

On applique une force tangentielle $\vec{F}$ à la poulie d'intensité F pour l'arrêter.

a. En utilisant la RFD, montrer que le mouvement de la poulie est uniformément retardé, en déduire alors la décélération angulaire de ce mouvement et le nombre de tours effectués par la poulie avant de s'arrêter, sachant que $F = 21\ N$.

b. Calculer la durée de ce mouvement de freinage ainsi que l'angle balayer par la poulie.



www.groupe-excellence.sn