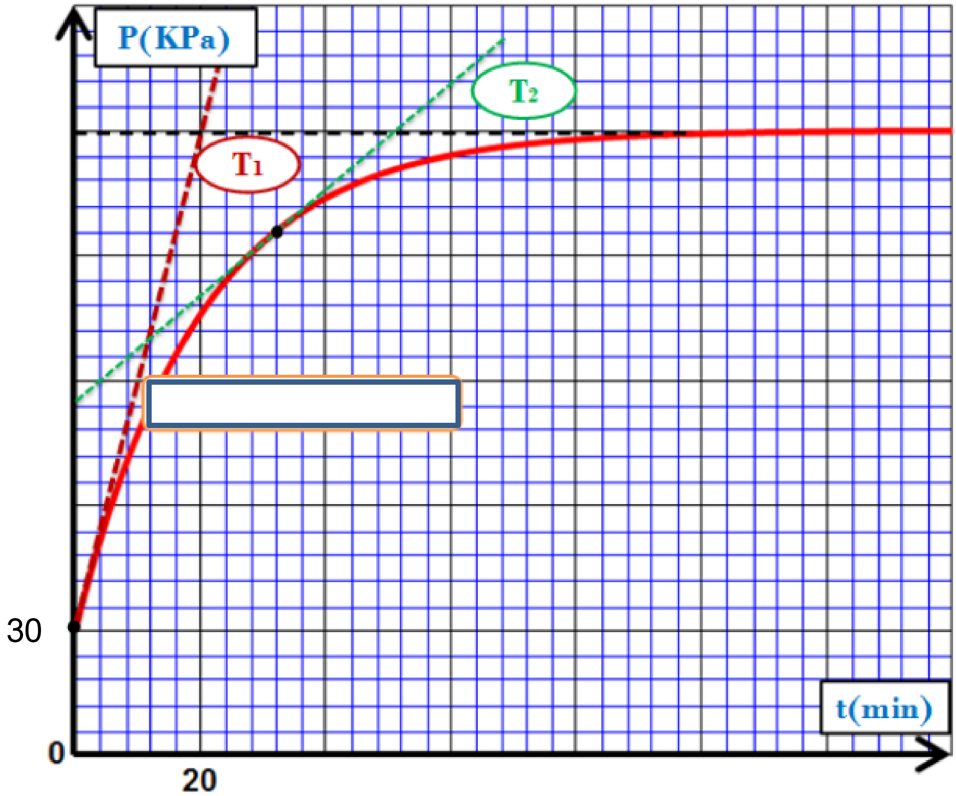
Devoir n°2 de Sciences Physiques – 4 heures

Exercice n°1

Le monoxyde de carbone CO forme avec le fer un composé de formule $Fe(CO)_5$ appelé pentacarbonylfer. A 200°C, dans le l'obscurité, le pentacarbonylfer gazeux se décompose lentement en fer solide et monoxyde de carbone gazeux suivant l'équation :

$$Fe(CO)_{5(g)} \rightarrow Fe_{(s)} + 5\ CO_{(g)} .$$

On enferme une quantité n_0 de pentacarbonylfer dans un ballon de volume V = 250 mL, préalablement vidé, puis on chauffe à 200 °C. On enregistre la pression totale dans le ballon en fonction du temps. La figure ci-contre représente la variation de la pression totale dans le ballon en fonction du temps



Données :

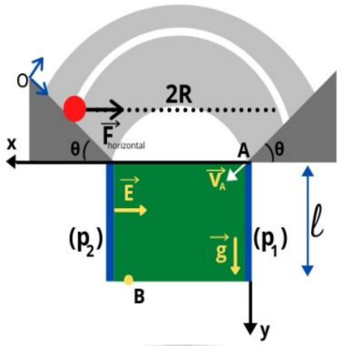
- Les gaz sont assimilés à des gaz parfaits
- Loi des gaz parfaits : P V = n.R.T
- Constante des gaz parfaits : R = 8,31 $J.K.mol^{-1}$;
- T(K) = T(°C) +273

1) Dresser le tableau d'avancement de la réaction chimique étudiée.
2) Montrer que n_0 = 1,9 mmol, puis déduire l'avancement maximal x_{max} de cette réaction
3) Exprimer la quantité de matière totale n_g des gaz (la quantité de matière gazeuse) dans le volume V à l'instant t en fonction de n_0 et x l'avancement de la réaction à cet l'instant t.
4) En appliquant l'équation d'état des gaz parfaits, montrer que la pression totale à l'instant t est : $P(t)= P_0\left(1+4\dfrac{x}{n_0}\right)$ avec P_0 la pression initiale à la date t=0.
5) Montrer que $P_{max} = 5\ P_0$
6) Déterminer la composition du mélange réactionnel à l'instant t = 32 min
7) Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ puis montrer que $P(t_{1/2}) = 3\ P_0$
8) Déterminer graphiquement $t_{1/2}$ le temps de demi-réaction.
9) Montrer la vitesse volumique de la réaction s'écrit sous la forme : $v(t) = \dfrac{n_0}{4VP_0}\dfrac{dP}{dt}$, puis calculer sa valeur à t =0 min et t=32 min.
10) Définir un facteur cinétique.
11) Comment évolue la vitesse volumique de la réaction chimique au cours du temps ? justifier
12) Comment peut-on accélérer cette réaction chimique ?

Exercice n°2

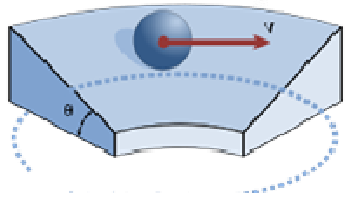
Cet exercice décrit un modèle très simplifié du mouvement du centre d'inertie G d'une bille supposée ponctuelle dans deux phases de son parcours :

- Première phase : Mouvement de la bille sur un virage incliné ;
- Deuxième phase : Chute de la bille simultanément dans un champ de pesanteur et un champ électrique.

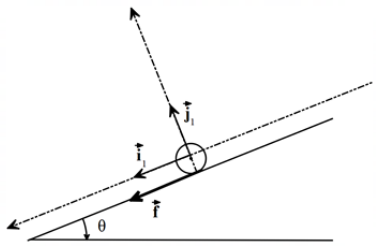


I. La première phase :

La bille prend un virage relevé sur une piste glissante (figure) relevé d'un angle $\theta=20°$. Le rayon de la courbure du virage est R=75cm, et le coefficient de frottement statique est $\mu_s=0{,}15$. Et puisque la bille effectue le virage d'un mouvement circulaire uniforme. On étudie le mouvement du centre d'inertie G de la bille dans le repère $(O, \vec{i}_1, \vec{j}_1)$ lié à un référentiel terrestre considéré galiléen.



La force de frottement qui s'applique est la force de frottement statique ; elle empêche la bille de glisser vers l'extérieur. C'est pour cette raison qu'elle est orientée vers le bas du virage (doit être parallèle à la surface de la route). La force normale est perpendiculaire à la surface de la route. La résultante des forces est horizontale et notée $\vec{F}$



1) En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que :
$$v=\sqrt{\frac{Rg(\sin\theta+\mu_S\cos\theta)}{\cos\theta-\mu_S\sin\theta}}$$
2) Vérifier que v=2m/s et déduire sa valeur lorsque les frottements sont négligés.

II. La deuxième phase :

Arrivée en A avec la vitesse V_0=2m/s la bille est assimilée à une particule de charge q =4.10^{-7}C. Elle est alors soumise simultanément à l'action du champ de pesanteur $\vec{g}$ et du champ électrique $\vec{E}$ entre deux plaques parallèles et verticales P_1 et P_2.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G du skieur dans le repère $(A; \overrightarrow{i_2}; \overrightarrow{j_2})$ lié à un référentiel terrestre considéré galiléen.

1) Établir les expressions numériques des équations horaires x(t) et y(t) du mouvement de chute libre de G dans le repère $(A; \overrightarrow{i_2}; \overrightarrow{j_2})$.
2) Sachant que la longueur des plaques est =20m, déterminer le temps mis par la particule pour arriver au point B.
3) Sachant que E=10^{5}V, déterminer la distance d séparant le point B de la plaque P_1.
4) Déterminer la vitesse v_B de la bille au point B.

Exercice n°3

Les toboggans dans les piscines permettent aux nageurs de glisser et de plonger dans l'eau. On modélise un toboggan par une piste ABC constituée d'une partie AB inclinée d'un angle α par rapport au plan horizontal dont l'altitude est h, et d'une partie rectiligne horizontale BC, et on modélise le nageur par un solide (S) de centre d'inertie G et de masse m (Figure1).

Données : m=80kg, α=30°, h=3,2m, BC=12,8m, g=10m.s^{-2}

1) Etude du mouvement sur la partie AB :

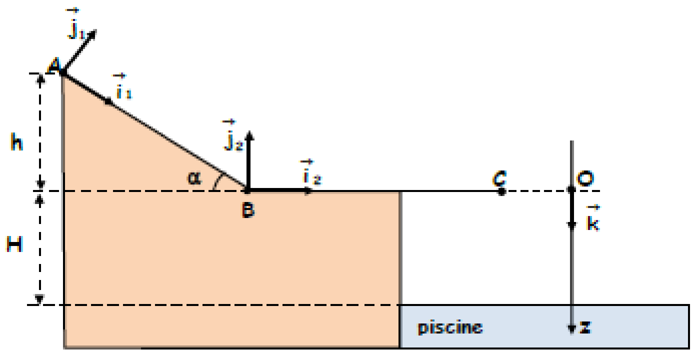
Le solide (S) part de la position A supposée confondue avec G, à l'instant t=0, sans vitesse initiale, et glisse sans frottement sur la piste AB. On étudie le mouvement de G dans le repère terrestre supposé galiléen $\Re(A,\vec{i},\vec{j})$

a) En appliquant de la deuxième loi de Newton déterminer l'expression de l'accélération a_{1x} de centre d'inertie G en fonction de g et α. En déduire la nature du mouvement de G.
b) En utilisant les deux équations horaires de la position et de la vitesse du mouvement du solide (S), montrer que la vitesse du solide (S) au point B vérifiée l'équation suivante : $V_B=\sqrt{2gh}$. Calculer la valeur de V_B

2) Etude du mouvement sur la partie BC :

A un instant comme nouvelle origine des temps, le solide (S) arrive au point B, puis il glisse avec frottement le long de la piste BC. On modélise la force de frottement par un vecteur $\vec{f}$ horizontale opposée au mouvement d'intensité constante f=200N.

On étudie le mouvement de G dans le repère terrestre supposé galiléen $\Re(B,\vec{i},\vec{j})$



a) En appliquant de la deuxième loi de Newton déterminer l'expression de l'accélération a_{2x} de centre d'inertie G en fonction de f et m. En déduire la nature du mouvement de G et calculer la valeur de a_{2x}.

b) Montrer que la vitesse du solide au point C est nulle.

c) Calculer la durée totale que met le solide (S) pour parcourir la piste du toboggan ABC.

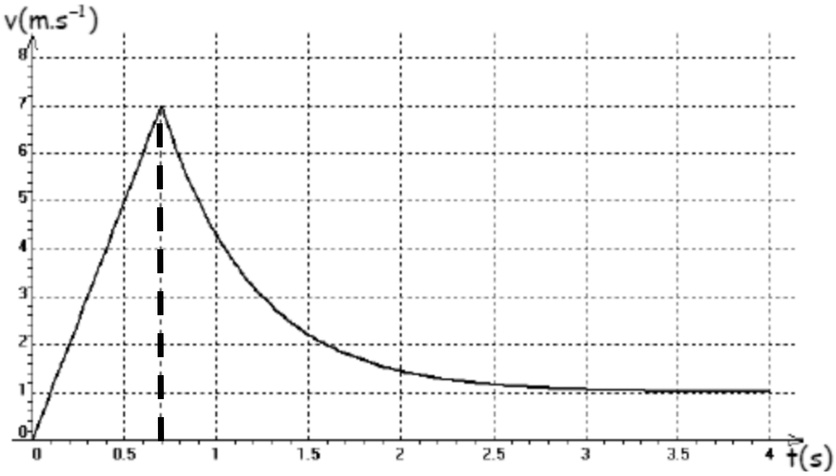
3) Etude du mouvement vertical de G dans l'air et dans l'eau :

A un instant comme nouvelle origine des temps, le solide (S) arrive au point C et la quitte en chute libre dans l'air sans vitesse initiale puis continu son mouvement dans l'eau avec vitesse verticale $\vec{V}$s. Dans l'eau le solide (S) est soumis en plus de son poids à l'action de deux autres forces :

- Une force de frottement fluide modélisée dans le système international d'unité par : $\vec{f}=-\lambda V\vec{k}$ avec λ une constante positive.
- La poussée d'Archimède $\vec{F}_A$ d'intensité F_A=640N.

On étudie le mouvement de G dans le repère terrestre supposé galiléen $\Re(O,\vec{k})$ et on considère que le centre d'inertie de la bille atteint la surface libre de l'eau à un instant t_1 avec une vitesse V_1.

La courbe ci-contre représente l'évolution de la vitesse v du centre d'inertie G du solide (S) au cours de sa chute dans l'air et dans l'eau



a) En exploitant la courbe v(t), Calculer l'altitude H de C par rapport à la surface de l'eau.

b) Montrer que la vitesse V du centre d'inertie G du solide (S) vérifiée l'équation différentielle suivante : $\dfrac{dV}{dt}+0{,}0125\lambda V=2$

c) Déterminer l'expression de la vitesse limite V_{lim} en fonction de λ et en déduire dans le système international la valeur de la constante λ.

d) Sachant que la solution de l'équation différentielle précédente s'écrit : $V=Ae^{-\frac{t}{\tau}}+B$ avec A, B et τ des constantes.

   i) En utilisant l'équation différentielle montrer que : τ=0,5s et B=V_{lim}.

   ii) En s'appuyant sur les conditions initiales du mouvement de G dans l'eau montrer que : $A=(V_1-V_{lim})e^{1,4}$

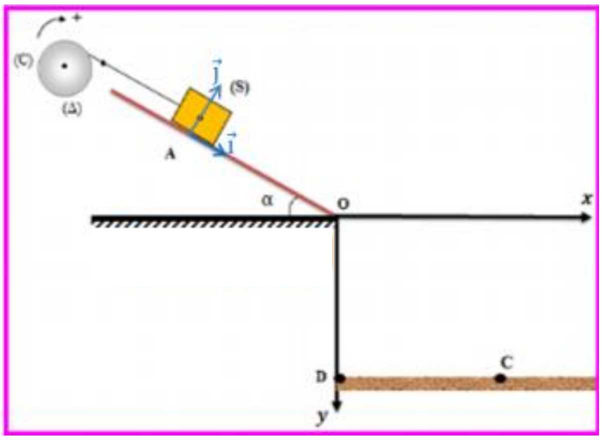
Exercice n°4

Partie 1 :

On considère le dispositif représenté sur la figure ci-contre :

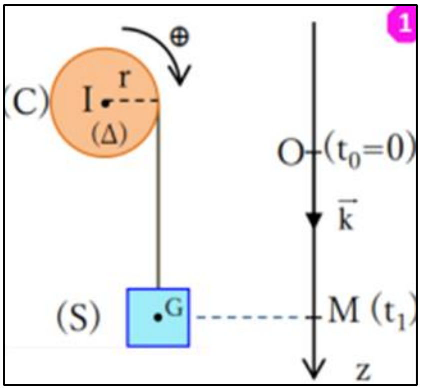
- un cylindre homogène (C) de rayon r = 5 cm , de moment d'inertie $J_\Delta = 2,5 .10^{-3}$ kg .m^2 est mobile sans frottement autour d'un axe horizontale (Δ) passant par son centre d'inertie .
- Un corps (S) de masse m = 250 g se déplace sans frottement sur un plan incliné d'un angle α= 30 par rapport au plan horizontale . Ce solide est attaché à un fil inextensible de masse négligeable, enroulé autour du cylindre (C). Le fil ne glisse pas sur le cylindre.

L'étude du mouvement du centre d'inertie G est réalisée dans le repère (A, $\vec{i}$, $\vec{j}$) lié à un référentiel terrestre supposé galiléen. Le corps est abandonné sans vitesse initiale au point A à t=0s



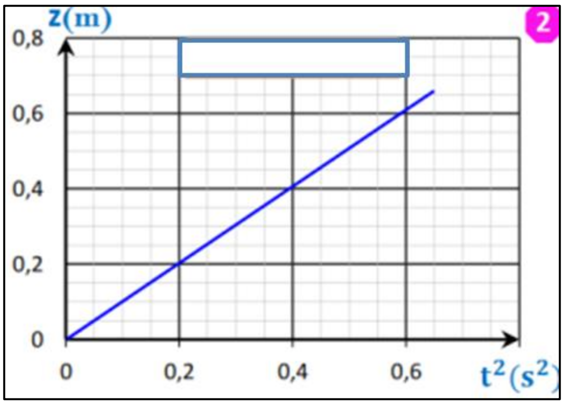
1) Système étudié est {le cylindre C}
   a) Faire le bilan des forces agissant sur le cylindre
   b) En appliquant la RFD, déterminer l'expression de la tension du fil T_0
2) Système étudié est {le solide S}
   a) Déterminer l'accélération du corps (S) et en déduire la nature de son mouvement
   b) Déterminer la vitesse V_O du corps (S) au point O sachant que OA = 2m
3) Au point O le fil se détache du cylindre à un instant choisi comme origine des dates (t = 0) et le corps (S) tombe au point C d'une altitude OD = 75 cm.
   a) Donner les équations horaires du mouvement du centre d'inertie du (S) dans le repère (O,x,y)
   b) Déterminer la durée de chute du corps (S)
   c) Déduire la distance DC
4) Lorsque le fil se détache du cylindre, ce dernier est soumis à un couple résistant de moment $\mathcal{M}_\Delta = -7,5 .10^{-2}$ N .m et s'arrête de tourner après avoir effectué plusieurs tours (n tours)
   a) Déterminer l'accélération angulaire $\ddot{\theta}$ du cylindre
   b) Quel est le nombre de tours effectué par le cylindre durant le freinage

Partie 2 :



On considère un disque (D) homogène de rayon r = 5 cm, de moment d'inertie J_Δ pouvant tourner autour d'un axe fixe (Δ) horizontal passant par son centre d'inertie. On enroule sur le disque un fil inextensible, de masse négligeable. A l'autre extrémité du fil on accroche un solide (S) de masse m=50g. Le fil ne glisse pas sur le cylindre. On libère le disque (D) sans vitesse initiale à la date t = 0. On néglige toute sorte de frottement pendant le mouvement du système (figure 1)

L'étude expérimentale a permis de tracer la courbe représentant la variation de l'altitude *z* en fonction de t_2 du centre d'inertie du solide (S) (figure 2). On donne g =9,8 m.s^{-2}



1) Déterminer la valeur de l'accélération du solide (S)
2) Déduire la nature du mouvement du corps (S) ?
3) Calculer l'instant $\mathbf{t_1}$ au bout de laquelle le corps (S) parcourt la distance $\mathbf{h=1}$m.
4) Quelle la nature du mouvement du cylindre (C) ?
5) Calculer le nombre de tours effectués par le disque (D) pendant la durée $\Delta t = \mathbf{t_1} - t_0$
6) En appliquant la 2eme loi de Newton, déterminer l'intensité T de la force exercée par le fil sur le corps (S).
7) En appliquant la relation fondamentale de la dynamique, déterminer la valeur du moment d'inertie $\mathbf{J_\Delta}$ du disque (D).