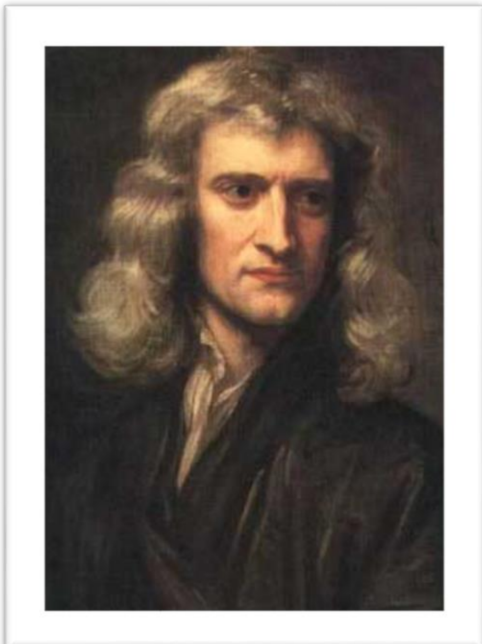
T°S / PHYSIQUE-CHIMIE



COMPRENDRE, LOIS ET MODELES

Chapitre 9 :

Lois de Newton

I. La 2ème loi de Newton

On rappelle que la première loi de Newton correspond au principe d'inertie !

A/ La 2ème loi : principe fondamental de la dynamique

Dans un référentiel galiléen, la somme des forces s'exerçant sur le système étudié est égale à la dérivée du vecteur quantité de mouvement par rapport au temps.

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

B/ Dans le cas d'une masse constante

On sait que $\vec{p}$ = m $\vec{v}$ d'où $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$ or m est une constante d'où :

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m\,\frac{d(\vec{v})}{dt} = m\,\vec{a}$$

II. La 3ème loi de Newton

Cette loi est appelée principe des actions réciproques et s'énonce ainsi :

Si un corps A exerce une force $\overrightarrow{F_{A\to B}}$ sur un corps B alors une force $\overrightarrow{F_{B\to A}}$ est exercée par le corps B sur le corps A.

III. Etudes de mouvement

A/ Etude du mouvement dans le champ de pesanteur

Nous nous intéresserons ici à des exemples concrets avec des sujets de bac.

III. Etudes de mouvements

Document 2 : La chandelle

Au rugby, une « chandelle » désigne un coup de pied permettant d'envoyer le ballon en hauteur par-dessus la ligne de défense adverse. L'objectif pour l'auteur de cette action est d'être au point de chute pour récupérer le ballon derrière le rideau défensif.

D'après http://www.francerugby.fr/

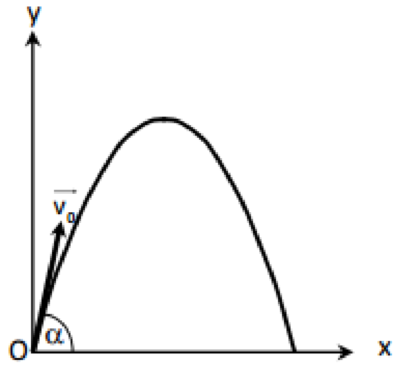
On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen.
Le champ de pesanteur terrestre est considéré uniforme, de valeur g = 9,81 $N.kg^{-1}$.
On négligera toutes les actions dues à l'air.

Le joueur A est animé d'un mouvement rectiligne uniforme de vecteur vitesse $\vec{v_1}$.
Afin d'éviter un plaquage, il réalise une chandelle au-dessus de son adversaire.

On définit un repère (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$) :

- origine : position initiale du ballon ;
- vecteur unitaire $\vec{i}$ de même direction et de même sens que $\vec{v_1}$;
- vecteur unitaire $\vec{j}$ vertical et vers le haut.

À l'instant t = 0 s, le vecteur vitesse du ballon fait un angle α égal à 60° avec l'axe Ox et sa valeur est v_0 = 10,0 $m.s^{-1}$.
Le graphique ci-dessous représente la trajectoire du ballon dans le repère choisi.



III. Etudes de mouvement

Questions

I. Étude du mouvement du ballon.

2.1.1. Établir les coordonnées a_x et a_y du vecteur accélération du point M représentant le ballon.

2.1.2. Montrer que les équations horaires du mouvement du point M sont :

$$x(t) = (v_0 \,.\, \cos\alpha).t \qquad \text{et} \qquad y(t) = -\frac{1}{2}.g.t^2 + (v_0 \,.\, \sin\alpha).t$$

2.1.3. En déduire l'équation de la trajectoire du point M :

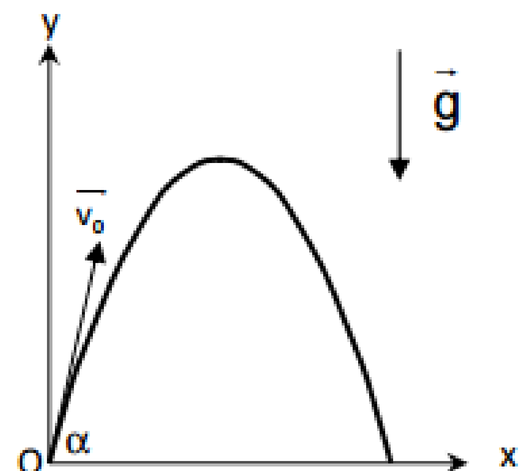
$$y(x) = -\frac{g}{2(v_0.\cos\alpha)^2}.x^2 + (\tan\alpha).x$$

III. Etudes de mouvement

Corrigé

2.1.1. On étudie le système { ballon }, de masse m constante, dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Les actions dues à l'air étant négligées, le ballon n'est soumis qu'à son poids, $\vec{P} = m.\vec{g}$.

La deuxième loi de Newton appliquée au ballon donne :



(0,25 pt) $\sum \vec{F}_{ext} = \dfrac{d\vec{p}}{dt} = \dfrac{d(m.\vec{v})}{dt} = \dfrac{dm}{dt}.\vec{v} + m.\dfrac{d\vec{v}}{dt}$

(0,25 pt) Or m = cte donc $\dfrac{d\vec{p}}{dt} = m.\vec{a}$

Soit $\vec{P} = m.\vec{a}$, $m\vec{g} = m\vec{a}$

d'où : $\vec{a} = \vec{g}$.

(0,5 pt) En projection dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$, il vient : $\boxed{\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}}$

III. Etudes de mouvement

2.1.2. (1 pt) On a : $\vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$ soit $\vec{a}\begin{cases} a_x = \dfrac{dv_x}{dt} = 0 \\ a_y = \dfrac{dv_y}{dt} = -g \end{cases}$ donc $\vec{v}\begin{cases} v_x = C_1 \\ v_y = -g \cdot t + C_2 \end{cases}$

où C_1 et C_2 sont des constantes d'intégration qui dépendent des conditions initiales.

Or $\vec{v}(t=0) = \overrightarrow{v_0}$ avec $\overrightarrow{v_0}\begin{cases} v_{0x} = v_0.\cos\alpha \\ v_{0y} = v_0.\sin\alpha \end{cases}$ donc $\begin{cases} C_1 = v_0.\cos\alpha \\ 0 + C_2 = v_0.\sin\alpha \end{cases}$ $\boxed{\vec{v}\begin{cases} v_x = v_0.\cos\alpha \\ v_y = -g \cdot t + v_0.\sin\alpha \end{cases}}$

Et : $\vec{v} = \dfrac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$ soit $\vec{v}\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = v_0.\cos\alpha \\ \dfrac{dy}{dt} = -g \cdot t + v_0.\sin\alpha \end{cases}$ donc $\overrightarrow{OM}\begin{cases} x(t) = (v_0.\cos\alpha).t + C'_1 \\ y(t) = -\dfrac{1}{2} g \cdot t^2 + (v_0.\sin\alpha.)t + C'_2 \end{cases}$

où C'_1 et C'_2 sont des constantes d'intégration.

Or $\overrightarrow{OM}(t=0) = \vec{0}$ donc $\begin{cases} 0 + C'_1 = 0 \\ 0 + 0 + C'_2 = 0 \end{cases}$ Finalement : $\boxed{\overrightarrow{OM}\begin{cases} x(t) = (v_0.\cos\alpha).t \\ y(t) = -\dfrac{1}{2} g \cdot t^2 + (v_0.\sin\alpha).t \end{cases}}$

III. Etudes de mouvement

2.1.3. (0,25 pt) On isole le temps « t » de l'équation x = (v_0.cosα).t soit $t = \dfrac{x}{v_0 . \cos\alpha}$

Pour avoir l'équation de la trajectoire y(x), on reporte l'expression de t dans y(t) :

$$y(x) = -\frac{1}{2} g \cdot \left(\frac{x}{v_0 . \cos\alpha}\right)^2 + v_0 . \sin\alpha . \left(\frac{x}{v_0 . \cos\alpha}\right) \quad \text{soit} \quad \boxed{y(x) = -\frac{g}{2.(v_0 . \cos\alpha)^2} . x^2 + \tan\alpha . x}$$

B/ Etude du mouvement dans un champ électrique uniforme

Dans le cas d'une particule dans un champ électrique, on pourra également appliquer la seconde loi de Newton mais on pensera que les forces extérieures correspondent à la force électrostatique $\vec{f} = qx\vec{E}$ (le poids de la particule est négligeable devant f).

Puis on primitive comme dans le cas précédent pour accéder aux équations horaires du mouvement.