Term S – Chap 06 - Applications des lois de Newton et des lois de Kepler

I) Mouvement d'un projectile dans un champ de pesanteur uniforme :

1) Poids et champ de pesanteur terrestre:

Le poids d'un objet est la force ……………………………………………………
Cette force est caractérisée par une origine : le ………………………………………… du corps, une direction : ………………………………., un sens : …………….. et
une valeur : P = …………… avec P en ……….. (…), m en … et g en ………

En un point donné M, au voisinage de la Terre, le poids d'un objet de masse m peut s'écrire :
$\vec{P}$ = ………. où $\vec{g}$ est le vecteur ……………………………. terrestre au point M considéré.
Ce vecteur ……………………… terrestre se caractérise par une direction : ………………., un sens : ………….. et une valeur : …………………… de la pesanteur

2) Chute libre :

Par définition, un solide est en chute libre …………………………………………
On peut étudier la chute dans le vide, elle est ………………………..
Dans l'air, un objet en chute, est soumis à la …………………………………….. et à la force de …………………………, exercées par l'air , mais ces forces sont ……………………… par rapport au poids dans certaines conditions : ………… hauteur (quelques …………) et ………… vitesse.

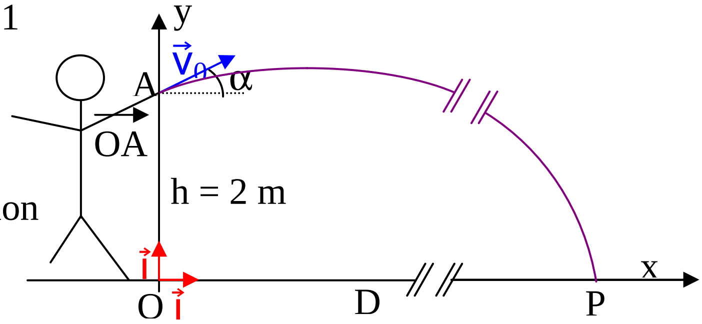
3) Chute verticale réelle, sans vitesse initiale :

Une bille métallique de masse m est lâchée à 6,0 m du sol, sans vitesse initiale, d'un point pris comme origine d'un axe vertical (O, $\vec{j}$) orienté vers le bas. (g = 9,80 $N.kg^{-1}$).
L'origine des temps est choisie au point O de départ de la bille.

a) S'agit-il d'une chute libre ? Justifier.
b) Faire un schéma en représentant axe, origine, vecteur unitaire.
   Faire une étude de force(s) exercée(s) sur la balle et les représenter sur le schéma.
c) Déterminer le vecteur accélération $\vec{a}$ et nommer le mouvement.
d) Déterminer les équations horaires du mouvement (a, v et y en fonction du temps)
e) Déterminer l'instant t_1 et la vitesse v_1 où la bille frappe le sol

4) Lancer d'un projectile :

Le lancer de poids semble être l'application idéale des lois de la balistique. Le but est surtout de lancer le "poids" le plus loin possible. Ici, la poussée de l'athlète reste prépondérante et on constate que l'angle de tir est effectivement proche de 45°. Pour éviter de confondre avec la force, le "poids" sera nommé boule. On étudie le mouvement de la boule dans le repère orthonormé (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$), l'origine O étant le point du sol situé à la verticale du centre d'inertie du poids à la date t = 0s.
Tous les calculs sont à réaliser SANS CALCULATRICE !!!
Données : si $\alpha = 45°$, $\sin^2 \alpha = \cos^2 \alpha = 0{,}5$ et $\tan \alpha = 1$
$18^2 = 324$, g = 10 N.kg-1 , $\sqrt{1{,}8} \approx 1{,}3$

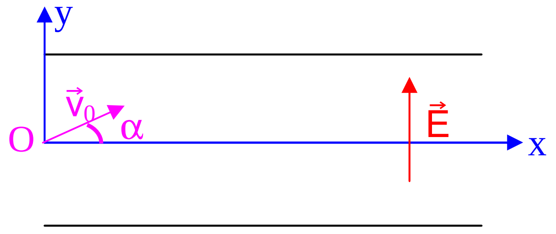


a) Définir le système et choisir un référentiel.
La boule est-elle en chute libre ?
b) Calculer, à t = 0 s, les cordonnées du vecteur position et du vecteur vitesse $\vec{v}_0$ dans le repère (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$) sous forme littérale.
c) Etablir sous forme littérale les équations horaires du mouvement du centre d'inertie M du "poids" dans le repère (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$). Montrer que le mouvement est plan.

d) En déduire l'équation littérale de la trajectoire ($y = f(x)$) et préciser sa nature.
e) En déduire que, pour $\alpha = 45°$, le carré de la vitesse initiale peut se mettre sous la forme littérale $v_0^2 = g \times D^2 / (D+h)$, D étant la distance mesurée au sol pour ce lancer.
f) Calculer l'énergie cinétique initiale du "poids" de masse 4,0 kg ainsi lancé dans une compétition féminine, la performance étant réalisée pour un lancer D égal à 18 m et $\alpha = 45°$.
g) Pour un autre lancer d'un athlète jeune, on mesure la vitesse initiale à 10 $m.s^{-1}$ et $\alpha = 45°$. Déterminer la distance D réalisée.

II) Mouvement d'une particule dans un champ électrostatique uniforme :

Un électron de masse m, pénètre au point O dans un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ créé par deux armatures parallèles et horizontales de longueur L = 10,0 cm. Il pénètre au milieu des 2 armatures avec une vitesse v_0 de $3{,}00 \times 10^7$ $m.s^{-1}$ faisant un angle α avec l'horizontale.



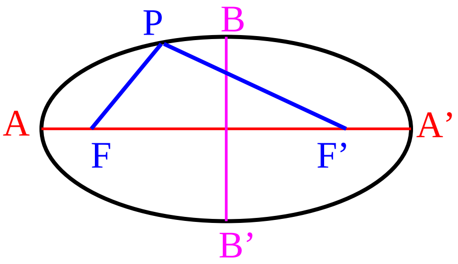
a) Définir le système et le référentiel.
b) Parmi les forces exercées sur l'électron, peut-on négliger l'une des forces ? Justifier.
c) Etablir les équations horaires du mouvement de l'électron.
d) Etablir l'équation de la trajectoire. Nommer cette trajectoire.
e) Déterminer les coordonnées du point de sortie S de l'électron hors de la zone entre les plaques.
Données : $E = 4{,}43\times10^4$ $V.m^{-1}$; $e = 1{,}60\times10^{-19}$ C ; $m = 9{,}11\times10^{-31}$ kg ; $\alpha = 30°$; $g = 9{,}81$ $m.s^{-2}$

III) Mouvement d'un satellite autour d'une planète :

Titan, le plus gros satellite de Saturne, situé à une distance R de Saturne. L'excentricité orbitale des satellites étant très faible, on supposera leurs trajectoires circulaires.
Saturne (de centre S) et ses satellites sont des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique. Les rayons des orbites des satellites sont supposés grands devant leur taille.
On considère que la seule force gravitationnelle exercée sur Titan provient de Saturne.
Données : $G = 6{,}67.10^{-11}$ S.I. : constante de gravitation universelle.
$R_T = 1{,}22.10^6$ km (rayon de l'orbite de Titan) ; $R_S = 6{,}0.10^4$ km (rayon de la planète Saturne).
T_S = 10h 39 min (période de rotation de Saturne sur elle-même) ; $M_S = 5{,}69.10^{26}$ kg (masse Saturne)
a) Définir le système et le référentiel d'étude.
b) Nommer la (les) force(s) extérieure(s) appliquée(s) au satellite Titan, de masse M_T.
c) Schématiser Saturne, Titan, et la(les) force(s) extérieure(s) appliquée(s) sur Titan.
d) Donner l'expression vectorielle de cette(ces) force(s).
e) Exprimer l'accélération vectorielle du centre d'inertie T de Titan en précisant la loi utilisée.
f) Compléter le schéma précédent, avec le repère ($\vec{t}$, $\vec{n}$) et l'accélération $\vec{a}$ de Titan.
g) Donner les expressions littérales des coordonnées de $\vec{a}$ dans le repère de Frenet en fonction de la vitesse v du satellite.
h) Montrer que le mouvement de Titan est uniforme.
i) Retrouver l'expression de la vitesse de Titan orbite autour de Saturne : $v = \sqrt{(G.M_S / R_T)}$

Après le survol de Titan, la sonde Cassini a survolé le satellite Encelade en février 2005.
Dans le référentiel saturno-centrique, le satellite Encelade a un mouvement de révolution circulaire uniforme, dont la période (en jour terrestre), est $T_E = 1{,}37$ et le rayon est R_E.
j) Déterminer une relation liant la période T d'un satellite, sa vitesse v et le rayon R de son orbite.
k) Retrouver la relation suivante : $T^2 / a^3 = 4\,\pi^2 / (G.M_S)$
l) Déterminer la valeur du rayon R_E de l'orbite d'Encelade.

IV) Les lois de Kepler :



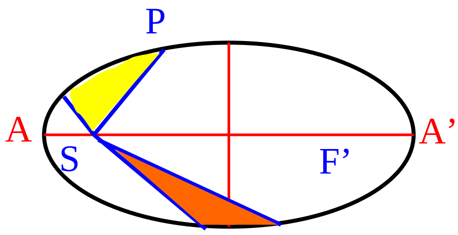
1) Notion mathématique : L'ellipse

Une ellipse est l'ensemble des points dont la somme des distances à deux points fixes (les ……… F et F') est ……………. :
PF + PF' = …………….   (AA' …….. axe , BB' …… axe)
Un cercle est une ellipse dont les deux foyers sont …………..
AA' = ……………………… (r : rayon du cercle) , a = …

Remarque : Pour tracer une ellipse, on peut utiliser une ficelle de longueur 2a et on en fixe les extrémités avec 2 punaises à l'emplacement des foyers. On trace l'ellipse en tendant la ficelle avec le crayon et en tournant autour des foyers.

2) Première loi de Kepler :

Dans le référentiel …………………., la trajectoire du centre d'une planète est une ………… dont le ………….. est l'un des ………



3) Deuxième loi de Kepler :

Dans le référentiel héliocentrique, les aires balayées par le segment SP reliant le centre du Soleil S et celui de la planète P pendant des durées ………………………….
Les aires jaune et orange sont ……….. si elles sont balayées dans une ………… durée.
Si cette aire est centrée autour de A, la distance parcourue sur l'ellipse est alors la plus ………..
La vitesse en A, point le plus rapproché du Soleil est donc la plus …………..
Si cette aire est centrée autour de A', la distance parcourue sur l'ellipse est alors la plus ………..
La vitesse en A', point le plus éloigné du Soleil est donc la plus ……….

4) Troisième loi de Kepler :

Dans le référentiel héliocentrique, le rapport entre le ……………………………… d'une planète autour du soleil et le ………………………………………….. de l'ellipse est ………… :
……….. = …………   Celle-ci ne dépend que de la ………………….. , elle est donc …………
pour toutes les ……………. du système solaire.

Cas d'une trajectoire circulaire : a = ………………………… . 3ème loi de Kepler : ………………

Les lois de Kepler sont valables pour les …………… de la Terre dans le référentiel ……………. , ils ont une trajectoire …………… dont le centre est celui de …………..
La constante figurant dans la 3ème loi de Kepler : ……………… ne dépend alors que de …………

On peut aussi appliquer ces lois aux …………….. d'une autre planète.