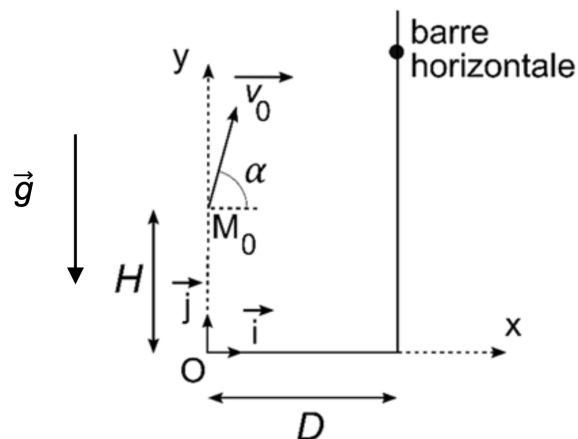


Terminale Spécialité F - Physique-Chimie
Devoir en classe n°7 - Durée : 2h
Mercredi 15 mai 2024

EXERCICE I : LE LANCER DE GERBE DE PAILLE (10 points)

Le lancer de gerbe de paille est une activité sportive, issue du domaine agricole, qui se pratique aujourd'hui en compétition. Le but du jeu est de lancer, à l'aide d'une fourche, une gerbe de paille, assimilable à un parallélépipède rectangle de longueur 0,60 m, de largeur 0,40 m et d'épaisseur 0,40 m, au-dessus d'une barre horizontale placée à une hauteur bien précise.

On modélise la situation en compétition de la manière suivante, les échelles de longueur n'étant pas respectées sur le schéma ci-dessous à droite :



- La gerbe de paille de masse $m = 7,257$ kg est assimilée à un point matériel M correspondant à son centre de masse ;
- À l'instant initial, M se trouve au point M_0 tel que $OM_0 = H = 2,80$ m ;
- Le lanceur se trouve à la distance $D = 2,0$ m de la base des supports de la barre horizontale ;
- L'étude débute à $t = 0$ quand la gerbe de paille vient de quitter la fourche (au point M_0) avec une vitesse initiale représentée par le vecteur vitesse \vec{v}_0 incliné d'un angle $\alpha = 80^\circ$ par rapport à l'horizontale. La valeur de la vitesse initiale est $v_0 = 9,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- On suppose que la trajectoire de M s'effectue dans le plan (xOy) ;
- La barre horizontale est à une hauteur de 4,50 m par rapport au sol ;
- Les actions de l'air sont négligées devant les autres actions mécaniques ;
- Le champ de pesanteur, considéré uniforme, a une intensité $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

On étudie le mouvement de M dans le référentiel terrestre dont le repère (O, x, y) est défini sur le schéma introductif.

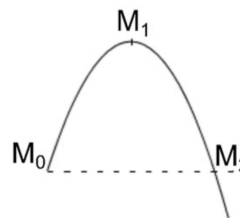
1. Utiliser la deuxième loi de Newton pour déterminer les coordonnées $a_x(t)$ et $a_y(t)$ du vecteur accélération du point M .
2. Montrer que les équations horaires du mouvement de M s'expriment sous la forme :

$$x(t) = v_0 \cdot t \cdot \cos \alpha$$

$$y(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_0 \cdot t \cdot \sin \alpha + H$$

3. En déduire l'équation de la trajectoire $y(x)$ du point M .
4. À l'aide d'une analyse quantitative, indiquer si la gerbe de paille franchira, ou pas, la barre horizontale.

On s'intéresse à trois positions particulières de M sur sa trajectoire parabolique : la position initiale M_0 , le point M_1 au sommet de la trajectoire et le point M_2 à la même hauteur que M_0 par lequel passe M lors de la phase descendante du mouvement.



L'énergie potentielle de pesanteur est choisie nulle au niveau du sol.

- Calculer la valeur de l'énergie cinétique et celle de l'énergie potentielle de pesanteur du système en M_0 .
- Indiquer, en justifiant brièvement, si chacune des trois propositions suivantes est vraie ou fausse lorsque l'on néglige les actions de l'air.

Proposition I : l'énergie mécanique est maximale en M_0 .

Proposition II : l'énergie cinétique est nulle en M_1 .

Proposition III : l'énergie cinétique en M_2 est inférieure à l'énergie cinétique en M_0 .

- En réalité, les actions de l'air ne peuvent pas être négligées.

Indiquer, en justifiant brièvement, si chacune des propositions de la question précédente reste vraie, ou fausse, lorsqu'on ne néglige plus les actions de l'air.

EXERCICE II : LE TRANSIT DE VÉNUS (10 points)

Appelée « étoile du berger » bien qu'il s'agisse d'une planète, Vénus est visible dans les lueurs du crépuscule ou de l'aube. Vénus étant proche du Soleil, elle n'est pas visible en plein milieu de la nuit : elle suit ou précède le Soleil dans sa course dans le ciel, ce qui la rend visible tantôt en début de soirée, tantôt en fin de nuit.

Le transit d'une planète correspond à son passage entre la Terre et le Soleil (« elle passe ainsi devant le Soleil »). Pour un observateur terrestre, cela se manifeste par la présence d'un disque sombre sur le fond brillant du Soleil (cela s'est produit le 6 juin 2012 et ne se reproduira qu'en 2117).

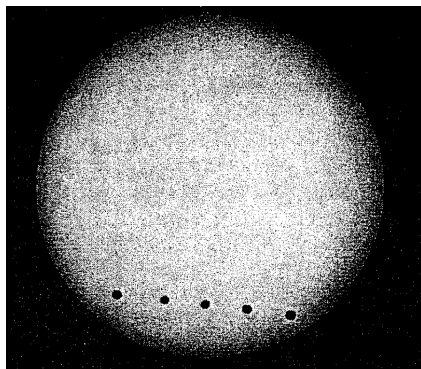


Figure 1

Quelques données astronomiques :

Soleil : Masse $M_1 = 2,0 \cdot 10^{30}$ kg
 Distance moyenne à la Terre $R_1 = 1,5 \cdot 10^8$ km
 Diamètre $D_1 = 1,4 \cdot 10^6$ km

Vénus : Masse notée M_2
 Distance moyenne au Soleil $R_2 = 1,0 \cdot 10^8$ km

Constante de gravitation universelle $G = 6,6 \cdot 10^{-11}$ S · I ·

La figure 1 est un montage photographique réalisé en 2004, en France, par un astronome amateur. On voit sur le même cliché quelques positions de ce transit (différentes positions de Vénus au cours du temps).

Dans tout l'exercice, on assimilera la Terre et Vénus à leur centre d'inertie. L'astronome amateur considère que la planète Vénus tourne autour du Soleil sur une trajectoire circulaire dont le centre est le centre du Soleil.

1. Comment nomme-t-on le référentiel d'étude ?
2. Nommer, exprimer vectoriellement puis représenter sur un schéma la force exercée par le Soleil sur Vénus.
3. Dans le référentiel d'étude, appliquer à Vénus la deuxième loi de Newton (on négligera l'action des autres planètes sur Vénus). En déduire l'expression de son vecteur accélération.
4. Étude théorique de la vitesse orbitale de Vénus
 - 4.1. *Le mouvement de la planète Vénus est uniforme.* Donner les caractéristiques de son vecteur accélération.
 - 4.2. Retrouver, dans le référentiel choisi, l'expression de la vitesse de cette planète : $v_2 = \sqrt{\frac{G \cdot M_1}{R_2}}$
 - 4.3. En utilisant les données astronomiques fournies, calculer, avec 2 chiffres significatifs, la valeur de cette vitesse.
5. Étude de la période de Vénus
 - 5.1. Définir la période de révolution T_2 de la planète Vénus.
 - 5.2. Exprimer cette période en fonction de la vitesse v_2 et de la distance R_2 . Calculer la valeur de cette période en secondes.
6. La troisième loi de Kepler
 - 6.1. À partir des réponses aux questions précédentes, retrouver la troisième loi de Kepler.
 - 6.2. *Cette loi permet de déterminer la masse d'un astre central si les valeurs de la période et du rayon de l'orbite de l'un de ses satellites sont connues.* Exprimer littéralement la masse M_1 du Soleil en fonction des données astronomiques nécessaires.