Calculatrice interdite

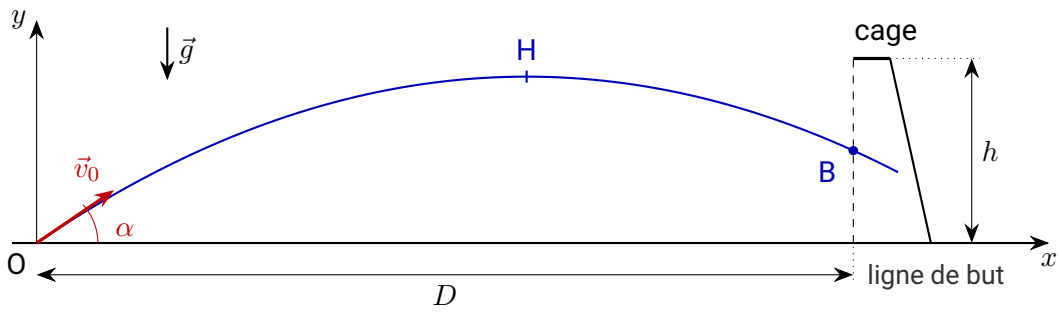
Exercice 1 : Tir au but en douceur

8,5 points

Lors d'une séance de tirs au but, un joueur frappe le ballon en douceur, en espérant que le gardien plonge d'un côté : le ballon doit franchir la ligne de but à mi-hauteur de la cage, au centre du but.

On étudie le mouvement du ballon, de masse m, dans le champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$ supposé uniforme. Le ballon est assimilé à un point matériel soumis à son seul poids.

- À la date $t = 0$, le ballon quitte le sol au point O, origine du repère (O ; x, y), l'axe Ox horizontal et l'axe Oy vertical vers le haut, avec un vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$ qui fait un angle α avec l'horizontale.
- La ligne de but est à la distance D du point O ; la cage a pour hauteur h.
- H est le point le plus haut de la trajectoire ; B est le point de passage du ballon sur la ligne de but.



1) En appliquant une loi de Newton dans un référentiel adapté, déterminer les coordonnées $a_x(t)$ et $a_y(t)$ du vecteur accélération du ballon.

2) En déduire les expressions littérales des coordonnées $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse du ballon, puis ses équations horaires $x(t)$ et $y(t)$. Une démonstration rigoureuse est attendue.

3) En déduire l'équation littérale de la trajectoire du ballon, $y = f(x)$.

4) Donner les conditions que doivent vérifier les coordonnées x et y du ballon pour qu'il entre dans la cage à mi-hauteur (la résolution n'est pas demandée).

5) En déduire l'expression de la date t_B à laquelle le ballon entre dans la cage à mi-hauteur, en fonction des données pertinentes de la situation.

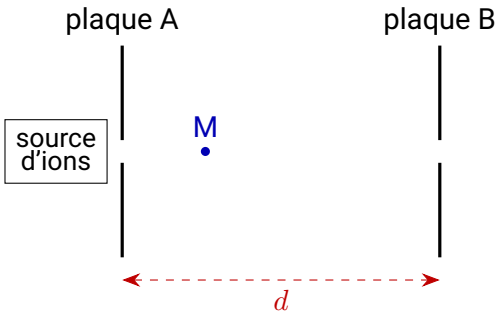
6) On admet qu'au sommet H de la trajectoire le vecteur vitesse est horizontal. En déduire l'expression de la date t_H en fonction des données pertinentes de la situation.

Exercice 2 : La spectrométrie de masse et les isotopes du néon

7,5 points

La spectrométrie de masse est une méthode d'analyse héritée des travaux de J. J. Thomson, qui découvrit l'électron en 1897. Elle sépare des ions en phase gazeuse selon le rapport de leur masse à leur charge. On étudie ici, de façon simplifiée, sa première étape : l'accélération, entre deux plaques parallèles A et B, des ions néon 20 et néon 22 obtenus par ionisation du gaz néon.

On étudie d'abord l'ion néon 20, de masse m et de charge $q = +e$. On admet qu'il n'est soumis qu'à la force électrique, qu'il franchit la plaque A avec une vitesse négligeable et qu'il ressort par l'ouverture de la plaque B.



(à compléter sur le sujet)

Données

- Deux plaques parallèles distantes de d, soumises à une tension $U = U_{AB}$ positive, créent entre elles un champ électrique uniforme de valeur $E = \dfrac{U}{d}$.
- e désigne la charge élémentaire.

1) Expliquer la démarche complète qui permet de montrer que le poids de l'ion est négligeable devant la force électrique (aucune valeur numérique n'est fournie : on ne fera pas le calcul).

2) Représenter sur le schéma la force électrique subie par l'ion néon 20 au point M. Justifier.

3) Représenter sur le schéma le champ électrique qui règne entre les plaques. Justifier.

4) Établir l'expression du travail de la force électrique entre la plaque A et la plaque B.

5) En déduire que la vitesse de l'ion néon 20 à sa sortie par la plaque B s'écrit $v_B = \sqrt{\dfrac{2\,e\,U}{m}}$.

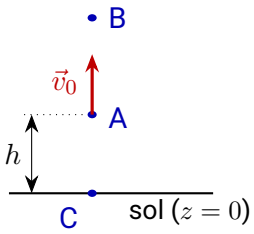
6) Dans les mêmes conditions, on remplace l'ion néon 20 par l'ion néon 22, de masse $m' > m$ et de même charge $q = +e$.

- **a.** La force électrique subie par l'ion néon 22 est-elle de même valeur, plus grande ou plus petite ? Justifier.
- **b.** Comparer qualitativement la vitesse de l'ion néon 22 en B à celle de l'ion néon 20.
- **c.** Montrer que, malgré cela, les deux ions ont la même énergie cinétique en B.

Exercice 3 : Jongleur débutant

4 points

À l'instant initial, un jongleur débutant lance une balle de masse m verticalement vers le haut, depuis le point A situé à l'altitude h au-dessus du sol, avec une vitesse initiale de valeur v_0.
La balle monte jusqu'au point B, puis redescend ; le jongleur ne la rattrape pas et elle touche le sol au point C.
On considère que la balle est en chute libre pendant toute l'étude.
L'altitude z est comptée à partir du sol, sur un axe vertical orienté vers le haut.



1) Définir une chute libre au sens du physicien.

2) Justifier rigoureusement que l'énergie mécanique de la balle se conserve au cours de son mouvement.

3)
- **a.** Exprimer l'altitude z_B du point B en fonction des données du problème et de l'intensité de la pesanteur g.
- **b.** Exprimer la vitesse v_C de la balle au point C en fonction des données du problème et de g.