Exercices

1 Exercice résolu

Le *water jump*

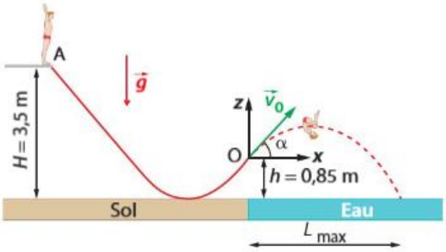
| Exploiter des informations ; effectuer des calculs ; interpréter des formules.

Le *water jump* est une activité au cours de laquelle une personne glisse sur un toboggan mouillé qui se termine par un tremplin. À la sortie du tremplin, elle effectue un saut en chute libre et termine sa course dans l'eau.
Le sol horizontal est choisi comme origine de l'énergie potentielle de pesanteur. La personne est modélisée par son centre de masse G. L'étude de son mouvement est effectuée dans un référentiel terrestre supposé galiléen. On considère que l'action de l'air et les frottements sont négligeables. L'action du toboggan est alors constamment perpendiculaire au vecteur déplacement.

1. La personne part depuis la position A sans vitesse initiale. En utilisant la conservation de l'énergie mécanique, établir l'expression, puis calculer la valeur de sa vitesse en O.

2. On choisit comme origine des dates l'instant où la personne se trouve en O. Établir les équations horaires du mouvement dans le repère $(O\,;x,z)$.

3. Établir l'équation de la trajectoire du centre de masse de la personne.



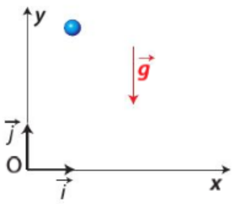
Données
- Intensité de la pesanteur : $g = 9,81\ m \cdot s^{-2}$.
- Masse de la personne : $m = 73$ kg.

10 Exprimer le vecteur accélération (1)

CORRIGÉ

| Mobiliser et organiser ses connaissances.

On étudie le mouvement du centre de masse d'une bille dans un champ de pesanteur uniforme.
Le mouvement de cette bille, soumise uniquement à son poids, est étudié dans un référentiel terrestre supposé galiléen auquel on associe le repère $(O\,;\vec{i},\vec{j})$.



1. À l'aide de la deuxième loi de Newton, exprimer le vecteur accélération du centre de masse de la bille.

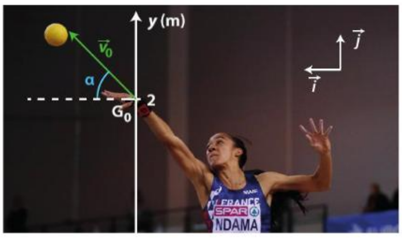
2. Déterminer ses coordonnées cartésiennes.

12 Exprimer les conditions initiales

CORRIGÉ

| Exploiter des informations.

Une athlète lance un poids, assimilé à un point matériel, dans un champ de pesanteur uniforme. On représente ci-dessous la situation du lancer à la date $t = 0$ s.



1. Dans quel référentiel le mouvement du poids est-il étudié ?

2. Exprimer les coordonnées cartésiennes du vecteur position initiale $\overrightarrow{OG_0}$ et celles du vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$ du poids.

Utiliser le réflexe 1

15 Exprimer le vecteur position

| Effectuer des calculs.

Une boule de pétanque est lancée dans un champ de pesanteur uniforme. À l'instant initial, son centre de masse P coïncide avec l'origine du repère $(O\,;\vec{i},\vec{j})$. Dans ce repère, les coordonnées cartésiennes du vecteur vitesse du point P, exprimées en $m \cdot s^{-1}$, sont :

$$\vec{v}\begin{cases} v_x = 6,0 \\ v_y = -9,81t - 6,0 \end{cases}$$

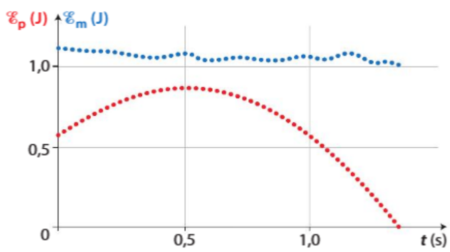
1. Déterminer les coordonnées cartésiennes du vecteur position $\overrightarrow{OP_0}$ à la date $t = 0$ s.

2. Établir les coordonnées cartésiennes de $\overrightarrow{OP}$.

21 Appliquer la conservation de l'énergie (2)

| Exploiter un graphique.

L'étude énergétique de la chute libre d'une balle de masse $m = 25$ g considérée comme ponctuelle dans un champ de pesanteur conduit aux graphiques suivants :



1. Justifier que l'énergie mécanique de la balle se conserve.

2. Calculer la hauteur initiale de la balle.

3. Déterminer l'énergie cinétique de la balle à $t = 0$ s.

Données
- Intensité de la pesanteur : $g = 9,81\ m \cdot s^{-2}$.
- L'énergie potentielle de pesanteur est nulle au niveau du sol.

23 Utiliser les équations horaires (2)

| Effectuer des calculs.

On étudie, dans un référentiel supposé galiléen, le mouvement d'un cation de masse m et de charge 2e placé entre les plaques chargées d'un condensateur plan.
On suppose que le poids du cation est négligeable devant la force électrique qu'il subit.
On obtient :

$$\overrightarrow{OG}\begin{cases} x = v_0 \times t \\ y = \frac{e}{m} \times E \times t^2 \end{cases}$$

1. Établir l'équation cartésienne de la trajectoire du cation.

2. Déterminer l'ordonnée y_S du cation quand il a parcouru la distance horizontale d.

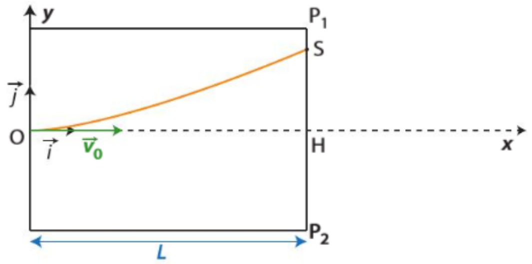
33 À chacun son rythme

L'expérience de J. J. THOMSON

| Mobiliser et organiser ses connaissances ; rédiger une explication.

Commencer par résoudre l'énoncé compact. En cas de difficultés, passer à l'énoncé détaillé.

Au XIX^e siècle, un défi pour les scientifiques est de déterminer les caractéristiques de l'électron : sa charge électrique –e et sa masse m_e.
Joseph John THOMSON conçoit un dispositif dans lequel un faisceau d'électrons est dévié lors de son passage entre deux plaques où règne un champ électrique. La mesure de la déviation du faisceau d'électrons lui permet alors de déterminer le rapport $\frac{e}{m_e}$.
À l'instant $t = 0$ s, l'électron arrive en un point O avec une vitesse horizontale $\vec{v}_0$.
L'électron, supposé ponctuel, est soumis à la seule force électrique $\vec{F}$. Son mouvement est étudié dans un référentiel terrestre supposé galiléen. La trajectoire de l'électron dans un repère (O ; x, y) est représentée sur le schéma ci-dessous :



À la sortie de la zone entre les plaques P_1 et P_2, l'électron a subi une déviation verticale HS comme indiqué ci-dessus.

Énoncé compact

Calculer le rapport $\frac{e}{m_e}$ à partir de l'équation de la trajectoire de l'électron.

Énoncé détaillé

1. Exprimer la force électrique qui s'applique sur l'électron.

2. En utilisant la deuxième loi de Newton, déterminer les équations horaires du mouvement de l'électron.

3. Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire de l'électron.

4. Calculer le rapport $\frac{e}{m_e}$.

Données
- Longueur des plaques : $L = 9{,}0 \times 10^{-2}$ m.
- Valeur de la vitesse initiale de l'électron : $v_0 = 2{,}4 \times 10^7$ m·s^{-1}.
- Valeur du champ électrique : $E = 1{,}6 \times 10^4$ V·m^{-1}.
- Hauteur atteinte par l'électron à la sortie des plaques : HS $= 2{,}0 \times 10^{-2}$ m.

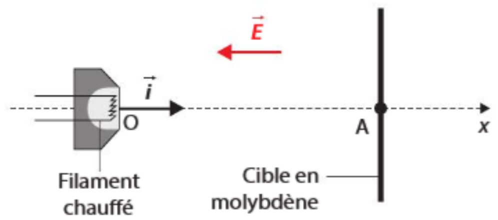
34 Émission de rayons X par collision avec des électrons

CORRIGÉ

| Mobiliser et organiser ses connaissances

Les rayons X, découverts en 1895 par le physicien allemand Wilhelm Conrad RÖNTGEN, sont des ondes électromagnétiques utilisées principalement en imagerie médicale (radiologie) et en cristallographie (étude des substances cristallines).
Les rayons X sont produits dans des dispositifs appelés tubes de Coolidge dont le premier exemplaire est fabriqué en 1913.
Dans ce dispositif, des électrons sont émis par un filament chauffé par effet Joule. Ils sont ensuite accélérés sous l'effet d'un champ électrique uniforme $\vec{E}$ et dirigés vers une cible de molybdène, métal de symbole Mo.
Ce champ est obtenu grâce à une tension électrique U_{OA} d'environ –50 kV imposée entre le filament chauffé et la cible.
Lorsque les électrons atteignent la cible de molybdène, ils interagissent avec le métal pour produire les rayons X. Le tube de Coolidge est complètement vidé d'air.

A Schéma simplifié d'un tube de Coolidge



On se propose d'évaluer la valeur de la vitesse atteinte par les électrons lorsqu'ils arrivent sur la cible en molybdène. On suppose pour cela qu'un électron est émis en O avec une vitesse de valeur nulle à $t = 0$ s. Il arrive en A avec une vitesse $\vec{v}_A$.

1. a. Donner l'expression vectorielle de la force électrique $\vec{F}$ subie par cet électron.

b. Comparer la direction et le sens de la force électrique $\vec{F}$ à ceux du champ électrique $\vec{E}$.

2. Montrer que, dans le cas où la tension électrique U_{OA} appliquée entre le filament et la cible vaut –50 kV, on peut négliger le poids de l'électron devant la force électrique qu'il subit.

3. Montrer que l'expression de la valeur de la vitesse de l'électron lorsqu'il arrive au point A est :

$$v_A = \sqrt{\frac{-2e \times U_{OA}}{m_e}}$$

4. Calculer la valeur de cette vitesse en A.

Données
- OA $= L = 2{,}0$ cm.
- Charge élémentaire : e $= 1{,}60 \times 10^{-19}$ C.
- Masse de l'électron : $m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg.
- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81$ N·kg^{-1}.
- Travail de la force électrique lors du déplacement d'une particule de charge q entre les positions A et B : $W_{A\to B}(\vec{F}) = q \times U_{AB}$.
- La valeur de $\vec{E}$ est : $E = \frac{|U_{OA}|}{OA}$.