



1 Les rayons X

Les rayons X, découverts en 1895 par le physicien allemand Wilhelm Röntgen, sont des rayonnements électromagnétiques utilisés principalement en imagerie médicale (radiologie).

Les rayons X sont produits dans des dispositifs appelés *tubes de Coolidge* (W.D. Coolidge, physicien américain, 1873-1975).

Dans ce dispositif, des électrons, émis par un filament chauffé par effet Joule, sont accélérés sous l'effet d'un champ électrique uniforme E . Ce champ est créé par une tension électrique U d'environ 100 kV.

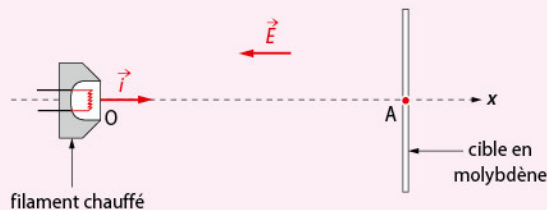
Les électrons se dirigent vers une cible de molybdène, métal de symbole Mo, avec laquelle ils interagissent pour produire les rayons X.

Données :

Entre le filament et la cible, séparés d'une distance $OA = L = 2 \text{ cm}$, règne un champ électrique uniforme E dont la valeur est donnée par la relation : $E = U/L$; célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; charge électrique élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$; masse de l'électron : $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$; intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.



DOC Principe simplifié du tube de Coolidge



1. a. Représenter l'allure des lignes de champ dans le tube de Coolidge.
b. Indiquer le signe des charges accumulées sur la cible en molybdène.
2. a. Donner l'expression vectorielle de la force électrique F_e qui modélise l'action subie par un électron.

- b. Comparer la direction et le sens de la force électrique F_e à ceux du champ électrique E .
3. Montrer qu'on peut négliger le poids de l'électron devant la force électrique.



2 La perfusion

Le but d'une perfusion est de passer le liquide contenu dans un flacon dans le sang d'un patient. Le liquide contenu dans le flacon est immobile.

La surface (S) du liquide contenu dans le flacon est à la pression atmosphérique $P_{\text{atm}} = 1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$.

La surface du liquide dans le flacon a pour valeur :

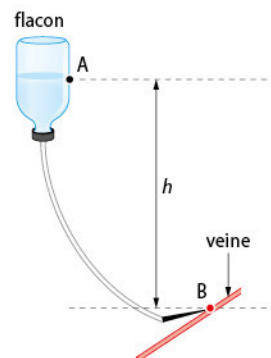
$$S = 0,01 \text{ m}^2$$

La pression du sang dans veine est :

$$P_{\text{veineuse}} = 1,05 \times 10^5 \text{ Pa}.$$

Le liquide est perfusé dans la veine au point B.

Le liquide à transfuser possède une masse volumique $\rho = 1\,100 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ et la hauteur séparant A et B est $h = 90 \text{ cm}$. On donne $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.



1. Calculer la force F qui modélise l'action de la pression atmosphérique P_{atm} sur la surface libre du liquide contenu dans le flacon.
2. a. Sans calcul, déterminer la valeur minimale de la pression P_B que doit posséder le liquide à perfuser au point B pour que la perfusion puisse se faire. Justifier.

- b. Donner la relation fondamentale de la statique des fluides entre deux points A et B distants d'une altitude h en précisant les noms et les unités de chaque terme.
- c. Calculer la variation de pression $P_B - P_A$ du liquide entre les points A et B.



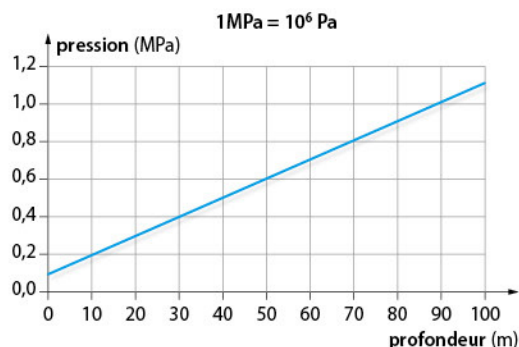
3 Apnéiste en entraînement

Au cours d'une séance d'entraînement, un apnéiste professionnel effectue une descente à 110 m de profondeur.

À son retour, l'apnéiste se plaint de douleurs aux tympans.

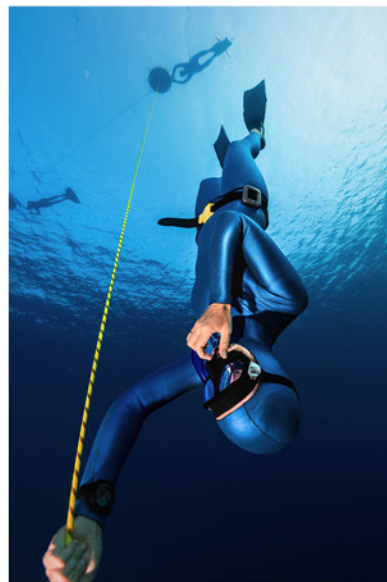
On considère qu'un tympan a une surface S d'aire égale à $6,0 \times 10^{-5} \text{ m}^2$.

Le graphique ci-dessous permet de visualiser les variations de la pression en fonction de la profondeur.



Donnée :

Intensité
de la pesanteur :
 $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.



1. a. Déterminer la valeur de la pression lorsque le plongeur atteint la profondeur de 110 m.
- b. Citer le nom de l'appareil permettant de mesurer la pression au cours de la plongée.
2. a. Par quelle relation peut-on modéliser la courbe obtenue sur le graphique ?
- b. Déterminer la masse volumique de l'eau dans laquelle a eu lieu cette séance d'entraînement.

3. a. Calculer la valeur de la force pressante qui modélise l'action qui s'exerce sur la face externe d'un tympan de l'apnéiste :
 - à 110 m de profondeur ;
 - au retour à la surface.
- b. Proposer une explication aux douleurs de l'apnéiste en eau profonde.

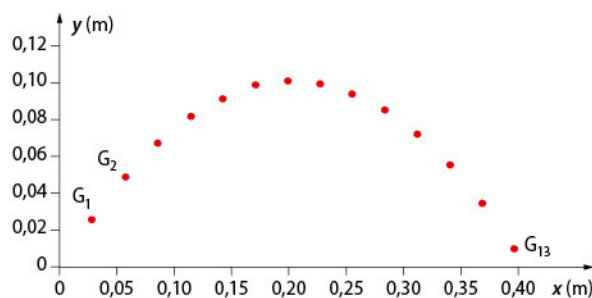
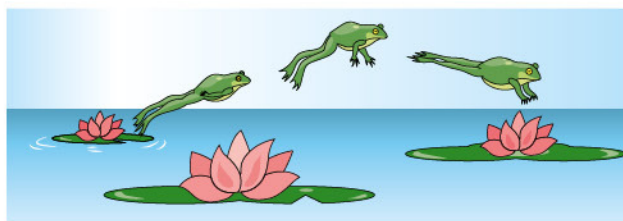


4 Le saut de la grenouille

Pour atteindre un nénuphar situé à 40 cm, une grenouille effectue un saut avec une vitesse initiale $v_0 = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Le vecteur vitesse initial fait un angle $\alpha = 45^\circ$ avec la direction horizontale.

L'analyse d'un des clichés à l'aide d'un logiciel informatique permet d'obtenir l'enregistrement des positions successives d'un point de la grenouille.

La première position du centre d'inertie de la grenouille (G_0) sur le document correspond à l'origine du repère (point O), à la date choisie comme origine des temps. La durée entre deux positions successives est $\tau = 20 \text{ ms}$.



1. Déterminer les valeurs v_9 et v_{11} des vecteurs vitesse instantanée de la grenouille aux points G_9 et G_{11} . Reproduire la **figure** et représenter sur celle-ci les vecteurs \vec{v}_9 et \vec{v}_{11} en choisissant une échelle adaptée.
2. Construire le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v} = \vec{v}_{11} - \vec{v}_9$ avec pour origine le point G_{10} . Déterminer sa valeur.
3. Quel lien existe-t-il entre le vecteur variation de vitesse et le vecteur somme des forces qui modélisent les actions mécaniques agissant sur la grenouille ?



5 L'expérience de Millikan

L'objectif de Millikan a été de montrer qu'un corps chargé électriquement ne peut porter qu'une charge électrique multiple d'une charge élémentaire. Pour cela, il a réalisé l'expérience décrite dans le **document 1**.

Chute verticale de la gouttelette

Lors de l'expérience menée au laboratoire, une gouttelette de masse m et de charge q négative arrive entre les plaques A et B.

Les forces représentant les actions mécaniques qui s'exercent sur la gouttelette étudiée sont modélisées par :

- son poids \vec{P} qui modélise l'action de la Terre
- la force de frottement \vec{f} qui modélise l'action de l'air :

$$\vec{f} = -6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot \vec{v}$$

- avec η un coefficient appelé viscosité de l'air ; r le rayon de la gouttelette ; \vec{v} sa vitesse.

Remontée de la gouttelette

Un champ électrique uniforme étant établi entre les plaques A et B, la gouttelette subit une action supplémentaire modélisée par une force \vec{F}_e verticale et remonte alors avec une vitesse constante v_2 atteinte presque instantanément. On peut montrer que la charge q de la gouttelette est donnée par la relation :

$$q = - \frac{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot (v_1 + v_2)}{E}$$

Plusieurs mesures ont été réalisées (**document 2**).

DOC 2 Mesures de v_1 et v_2 pour différentes gouttelettes

N° gouttelette	r gouttelette (μm)	v_1 ($\times 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)	v_2 ($\times 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)	q (C)
1	1,2	1,55	1,59	$-6,4 \times 10^{-19}$
2	1,3	1,82	1,81	$-8,0 \times 10^{-19}$
3	1,5	2,42	1,35	$-9,6 \times 10^{-19}$
4	1,6	2,76	3,13	$-1,6 \times 10^{-19}$
5		1,82	2,53	$-9,6 \times 10^{-19}$

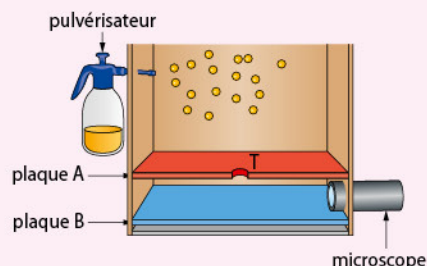
1. a. Lors de la chute de la gouttelette en l'absence de champ électrique, écrire la relation vectorielle entre la force de frottement et le poids lorsque la vitesse constante v_1 est atteinte.

En déduire l'expression de v_1 en fonction de η , r , m et g .

- b. La relation précédente peut également s'écrire : $v_1 = \frac{2}{9} \cdot \frac{\rho \cdot g \cdot r^2}{\eta}$ avec ρ est la masse volumique de l'huile. Déterminer le rayon r de la gouttelette sachant qu'elle parcourt, lors de sa chute, une distance de 2,11 mm pendant une durée $\Delta t = 10,0 \text{ s}$.

- c. Afin de faciliter la mesure au microscope, la gouttelette ne doit pas être trop rapide. En déduire s'il est

DOC 1 Description de l'expérience



Un pulvérisateur produit un nuage de gouttelettes d'huile chargées négativement qui tombent dans la chambre supérieure du dispositif. Lorsque l'une d'elles passe à travers le trou T, elle tombe verticalement à une vitesse constante v_1 , son poids étant très vite compensé par la force de frottement de l'air. Lors de cette première étape, la chute verticale de la gouttelette dans l'air en l'absence de champ électrique est observée à l'aide d'un microscope et permet de déterminer le rayon r de la gouttelette.

Lors d'une deuxième étape, lorsque la gouttelette parvient en bas du dispositif, un champ électrique uniforme est créé entre les plaques A et B. La gouttelette remonte alors verticalement à une vitesse constante v_2 .

La charge électrique portée par la gouttelette est ensuite déduite des mesures des vitesses v_1 et v_2 .

Données :

Masse volumique de l'huile : $\rho = 890 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Valeur du champ de pesanteur : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

Viscosité de l'air : $\eta = 1,8 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

préférable de sélectionner une grosse gouttelette ou au contraire une petite gouttelette.

2. a. Les gouttelettes n° 2 et n° 5 du **document 2** ont la même vitesse de descente v_1 mais des vitesses de remontée v_2 différentes. Déterminer sans calcul le rayon de la gouttelette n° 5. Justifier.

Pourquoi leurs vitesses de remontée sont-elles différentes ?

- b. Montrer que la charge de ces gouttelettes est « quantifiée », c'est-à-dire qu'elle ne prend que des valeurs multiples d'une même charge élémentaire égale à $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

6 Le Jet-Pack de Rocketeer

Démunis des superpouvoirs des supers héros traditionnels, le héros de bande dessinée Rocketeer utilise un réacteur placé dans son dos pour voler.

Un Jet-Pack utilise le principe de la propulsion par réaction. Lorsqu'un moteur expulse vers l'arrière un jet de fluide, il apparaît par réaction une force de poussée dont la valeur est égale au produit du débit massique de gaz éjecté par la vitesse d'éjection de ces gaz.

Afin de tester le potentiel de son nouveau Jet-Pack, Rocketeer réalise quelques essais de mouvements rectilignes ascensionnels verticaux.

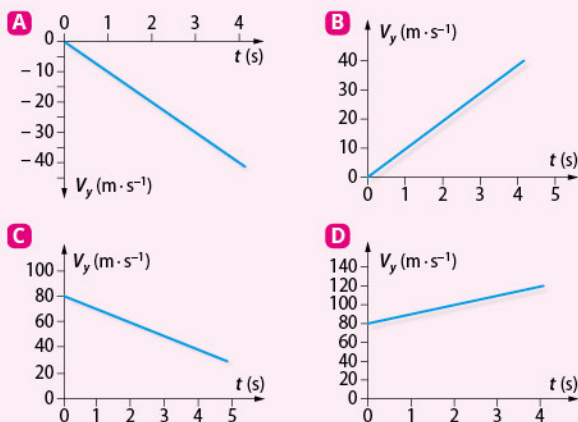
Le mouvement de Rocketeer est composé de deux phases : phase 1 et phase 2.

Au cours de la phase 1, d'une durée $\Delta t_1 = 3,0$ s, il passe de l'immobilité à une vitesse v_1 , vitesse qui reste constante au cours de la phase 2.

Après à peine quelques dizaines de mètres, le Jet-Pac ne répond plus et tombe en panne : au bout de 80 m d'ascension verticale, la vitesse de Rocketeer est nulle. Le « super héros » amorce alors un mouvement de chute verticale. La position de Rocketeer et de son équipement est repérée selon l'axe Oy vertical dirigé vers le haut et la date $t = 0$ s correspond au début de la chute, soit à l'altitude $y_0 = 80$ m.



DOC Quatre évolutions possibles au cours du temps de v_y , vitesse de Rocketeer suivant l'axe Oy



Données :

– vitesse du fluide éjecté supposée constante :

$$v_f = 2,0 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1};$$

– masse initiale du système {Rocketeer et de son équipement} : $m_R = 120$ kg (dont 40 kg de fluide au moment du décollage) ;

– intensité de la pesanteur sur Terre :

$$g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1};$$

– débit massique de fluide éjecté, considéré constant durant la phase 1 du mouvement :

$$D_f = \frac{m_f}{\Delta t}$$

où m_f est la masse de fluide éjecté pendant la durée Δt ;

– les forces de frottements de l'air sont supposées négligeables.

1. Pour la phase 1, donner la direction et le sens du vecteur variation de vitesse du système.

Que dire du vecteur variation de vitesse dans la phase 2 ? Justifier.

2. On étudie la phase 1 du mouvement ascensionnel de Rocketeer.

On assimile Rocketeer et son équipement à un système noté M dont on néglige la variation de masse (due à l'éjection des gaz) durant cette phase du mouvement.

- a. Juste après le décollage, la force de poussée \vec{F} est l'une des forces qui modélisent les actions qui s'appliquent sur le système M. Quelle est l'autre force que l'on peut identifier ? Quelle action modélise-t-elle ?

- b. Trois valeurs d'intensité de force de poussée sont proposées ci-dessous.

Proposition 1 : 800 N.

Proposition 2 : 1200 N

Proposition 3 : 1600 N

Justifier que seule la proposition 3 permet le décollage.

- c. En supposant que la force de poussée a pour valeur 1600 N, montrer que la masse de fluide consommé durant la phase 1 du mouvement est égale à 2,4 kg.

3. Les représentations graphiques données dans l'énoncé proposent quatre évolutions au cours du temps de v_y , vitesse de Rocketeer suivant l'axe Oy. Quelle est la représentation cohérente avec la situation donnée ? Une justification qualitative est attendue.