

11 Septembre 2024

Concours d'entrée (Génie)
Examen de Physique

Durée : 1H30

Les deux exercices 1 et 2 sont obligatoires.
Choisir un seul exercice parmi les deux exercices 3 et 4.

Exercice 1

(10 points)

Le but de cet exercice est de déterminer la nature d'une collision entre deux objets. Dans ce but on dispose d'un objet (A), supposé ponctuel, de masse $m_A = 2 \text{ kg}$ qui peut glisser sans frottement sur une glissière située dans un plan vertical et formée de deux parties : une partie circulaire DN et une partie rectiligne horizontale NM. (A) est lâché, sans vitesse initiale, du point D situé à une hauteur $h_D = 0,45 \text{ m}$ de la partie horizontale NM (Figure 1).

Le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur est le plan horizontal passant par NM.
Prendre $g = 10 \text{ m/s}^2$.

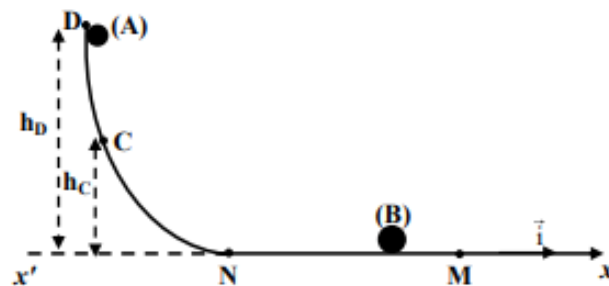


Fig.1

- 1) Calculer l'énergie mécanique du système [(A), Terre] au point D.
- 2) Déduire la valeur V_{1A} de la vitesse de (A) lorsqu'il atteint le point N.
- 3) (A) atteint N et continue son mouvement le long de NM avec la même vitesse $\vec{V}_{1A} = V_{1A} \vec{i}$. Un autre objet (B), supposé ponctuel, de masse $m_B = 4 \text{ Kg}$ se déplace sur la partie horizontale de M vers N avec la vitesse $\vec{V}_{1B} = -1 \vec{i}$, (V_{1B} en m/s).
 - a) Déterminer la quantité de mouvement $\vec{P}$ du système [(A), (B)] avant la collision.
 - b) Déduire la vitesse $\vec{V}_G$ du centre d'inertie G du système [(A), (B)].
- 4) Après la collision, (A) rebondit et atteint une hauteur maximale $h_C = 0,27 \text{ m}$.
 - a) Déterminer l'énergie mécanique du système [(A), Terre] au point C.
 - b) Déduire la valeur V_{2A} de la vitesse $\vec{V}_{2A}$ de (A) juste après la collision.
- 5) Déterminer, en appliquant le principe de conservation de la quantité de mouvement du système [(A), (B)], la vitesse $\vec{V}_{2B}$ de (B) juste après la collision.
- 6) Préciser la nature de la collision.

A- Principe de fonctionnement du circuit

On dispose d'une source de tension continue de valeur E , d'un commutateur, d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un condensateur, initialement neutre, de capacité C réglable. On réalise le circuit schématisé par la figure 2.

1- Charge du condensateur

Le commutateur est placé en position (1). Le condensateur se charge.

- La durée de la charge du condensateur est très courte. Pourquoi ?
- Quelle serait la valeur de la tension $u_c = u_{AB}$ aux bornes du condensateur ainsi chargé ?

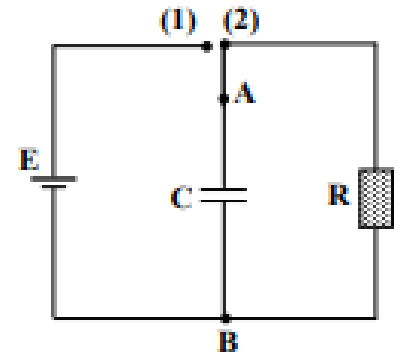


Fig.2

2- Décharge du condensateur

Le condensateur étant ainsi chargé, on relâche le commutateur qui revient automatiquement en position (2) à la date $t_0 = 0$. Le condensateur se décharge à travers le conducteur ohmique.

- Déterminer, l'équation différentielle qui régit l'évolution de u_c en fonction du temps.
- La solution de l'équation différentielle précédente est de la forme $u_c = ae^{-\frac{t}{\tau}}$ où a et τ sont des constantes positives. Déterminer les expressions de a et τ en fonction de E , R et C .
- Montrer que, pour $t = \tau$, la tension aux bornes du condensateur est égale à 37 % de sa valeur à la date $t_0 = 0$.

B- Utilisation du circuit

On donne $E = 10 \text{ V}$ et le conducteur ohmique est remplacé par une lampe de résistance $R = 3 \text{ k}\Omega$ (figure 3).

La lampe demeure allumée tant que la tension entre ses bornes est supérieure ou égale à une tension limite notée U .

- En utilisant la solution de l'équation différentielle (donnée à la question A-2-b), déterminer l'expression de la durée t_1 d'allumage de la lampe en fonction de U , E et τ .

- Calculer t_1 pour $U = 3,7 \text{ V}$ et $C = 2 \times 10^{-2} \text{ F}$.

- On garde la même lampe et la même alimentation. Sur quel composant, dans le montage, doit-on agir et comment, afin d'augmenter la durée d'allumage de la lampe ?

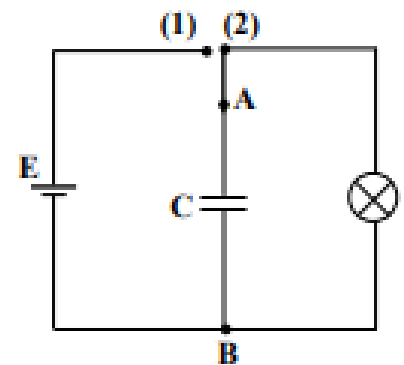


Fig.3

On considère le dispositif des fentes de Young constitué de deux fentes très fines F_1 et F_2 , parallèles et distantes de $a = 1 \text{ mm}$, d'un écran d'observation (E) disposé parallèlement au plan des fentes à une distance $D = 2 \text{ m}$ du milieu I de F_1F_2 et d'une fente fine F, équidistante de F_1 et F_2 , située sur la droite (Δ) dont l'intersection avec (E) est le point O (figure 4).

Le but de l'exercice est d'étudier la figure d'interférences observée sur l'écran (E) dans deux cas différents.

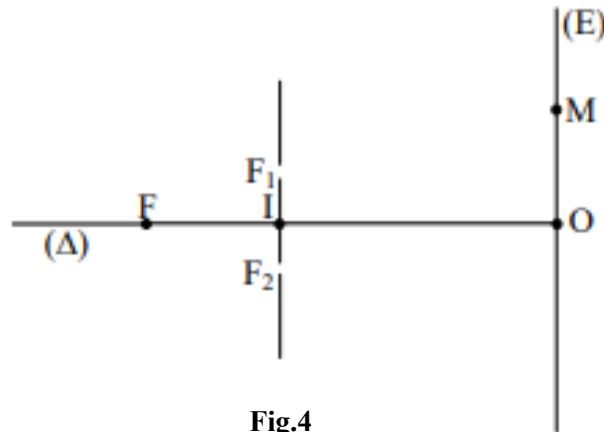


Fig.4

A – Premier cas

La fente F est éclairée par une lumière monochromatique de longueur d'onde dans l'air $\lambda = 0,64 \text{ }\mu\text{m}$.

- 1) Décrire la figure d'interférences observée sur (E).
- 2) On considère un point M sur l'écran à la distance d_1 de F_1 et d_2 de F_2 .

Préciser la nature de la frange qui se forme en M dans chacun des cas suivants :

- a) $d_2 - d_1 = 0$;
- b) $d_2 - d_1 = 1,28 \text{ }\mu\text{m}$;
- c) $d_2 - d_1 = 0,96 \text{ }\mu\text{m}$.

- 3) On fait subir à F une translation le long de (Δ). On remarque que les franges d'interférences conservent leurs positions. Expliquer pourquoi.
- 4) On fait subir à F une translation perpendiculaire à (Δ) du côté de F_2 . On remarque que la frange centrale se déplace. Dans quel sens et pourquoi ?

B- Deuxième cas

La fente F est éclairée maintenant par une lumière blanche.

- 1) On observe au point O une frange blanche. Justifier.
- 2) Préciser la couleur de la frange brillante la plus proche de la frange brillante centrale.

On utilise les lampes à vapeur de sodium pour éclairer les routes. Ces lampes contiennent de la vapeur de sodium sous très faible pression. Cette vapeur est excitée par un faisceau d'électrons qui traversent le tube contenant la vapeur. Les électrons cèdent de l'énergie aux atomes de sodium, et les atomes restituent l'énergie reçue lors du retour à l'état fondamental sous forme de radiations électromagnétiques.

Données : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$; $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$; $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

1) Que représentent les grandeurs h , c et e ?

2) L'analyse du spectre d'émission d'une lampe à vapeur de sodium révèle la présence de raies de longueurs d'onde λ bien définies. La figure 5 représente quelques raies de ce spectre.

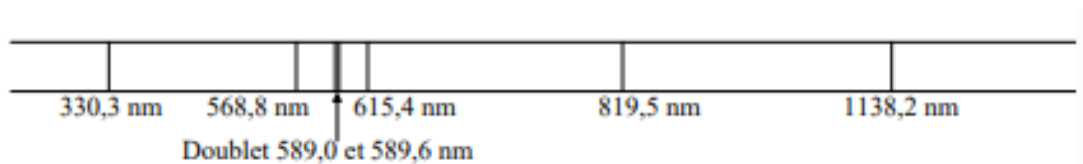


Fig.5

a) Le doublet jaune de longueurs d'onde dans le vide $\lambda_1 = 589,0 \text{ nm}$ et $\lambda_2 = 589,6 \text{ nm}$ est beaucoup plus intense que les autres raies.

i) À quel domaine, visible, infrarouge ou ultraviolet, appartient chacune des autres raies du spectre ?

ii) Les lampes à vapeur de sodium sont caractérisées par l'émission d'une lumière jaune. Pourquoi ?

b) La lumière visible émise par la lampe de sodium est-elle monochromatique ou polychromatique ? Justifier la réponse.

3) a) En se référant au diagramme des niveaux d'énergie de l'atome de sodium ci-contre (figure 6) :

i) Préciser un indicateur qui justifie la discontinuité du spectre d'émission d'une lampe à vapeur de sodium.

ii) Vérifier que l'émission de la raie de longueur d'onde λ_1 correspond à la transition du niveau d'énergie E_2 au niveau fondamental.

b) En fait, le niveau d'énergie E_2 est dédoublé, c'est-à-dire qu'il est constitué de deux niveaux d'énergie très rapprochés. Faire un schéma montrant la transition précédente et celle qui correspond à l'émission de la radiation de longueur d'onde λ_2 .

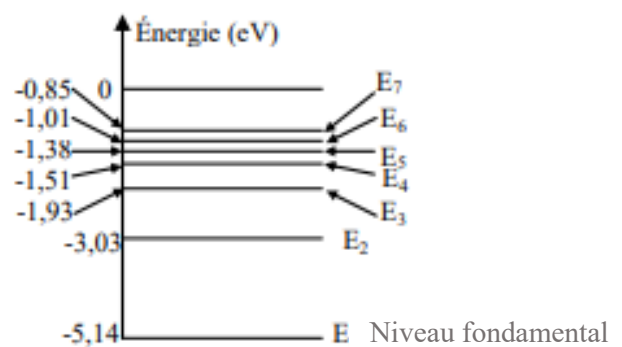


Fig.6

4) L'atome de sodium, pris dans son état fondamental, est heurté successivement par les électrons (a) et (b), d'énergies cinétiques respectives 1,01 eV et 3,03 eV.

a) Déterminer l'électron qui peut interagir avec l'atome de sodium.

b) Préciser l'état de l'atome de sodium après chaque collision.

c) Déduire l'énergie cinétique de l'électron après son interaction avec l'atome de sodium.