مسابقة في مادة الفيزياء
المدة: ثلاث ساعات

الاسم:
الرقم:

Cette épreuve est constituée de quatre exercices obligatoires répartis sur quatre pages numérotées de 1 à 4.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

Premier exercice (7 pts) Moment d'inertie d'un disque

On dispose d'un disque (D) homogène de masse m = 400 g et de rayon R =10 cm.
Le but de cet exercice est de déterminer, par deux méthodes, le moment d'inertie I_0 de (D) par rapport à un axe (Δ_0) perpendiculaire à son plan et passant par son centre d'inertie G.
Tous les frottements sont négligés .**Prendre**: $0,32\pi = 1$; $g = 10\ m/s^2$; $\sin\theta = \theta_{(rd)}$ pour θ faible.

A- Première méthode

Le disque (D) peut tourner librement autour d'un axe (Δ_0) horizontal, perpendiculaire à son plan et passant par son centre G (fig.1). Ce disque part du repos, à la date $t_0 = 0$, sous l'action d'une force $\vec{F}$ de moment constant par rapport à (Δ_0) et de valeur $\mathcal{M} = 0,2$ m.N. À la date $t_1 = 5$ s, (D) tourne alors à la vitesse de rotation $N_1 = 80$ tours/s.

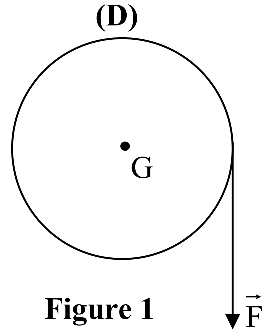


Figure 1

1) a- Nommer les forces extérieures appliquées à (D) et schématiser les.
   b- Montrer que le moment résultant de ces forces, par rapport à (Δ_0), est égal au moment $\mathcal{M}$ de la force $\vec{F}$.
   c- Préciser, en utilisant le théorème du moment cinétique, la nature du mouvement de (D).
2) a- Trouver l'expression du moment cinétique σ du disque, par rapport à (Δ_0) , en fonction de t.
   b- Déterminer la valeur de I_0 .

B – Deuxième méthode

Le disque (D) peut osciller librement autour d'un axe (Δ) horizontal, perpendiculaire à son plan et passant par un point O de sa périphérie. On désigne par I le moment d'inertie de (D) par rapport à (Δ).On écarte (D), à partir de sa position d'équilibre, d'un angle θ_0 faible et on le lâche, sans vitesse, à la date $t_0 = 0$.
On repère la position de (D), à la date t, par l'angle θ que fait la verticale OZ avec OG , $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$ représentant la vitesse angulaire de (D) à la date t (fig.2).
Le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur est le plan horizontal passant par le point O.

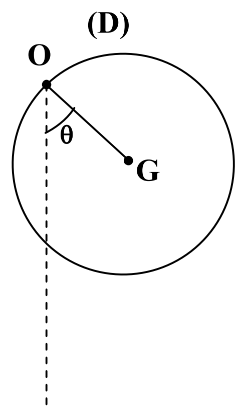


Figure 2

1) Déterminer, à la date t, l'énergie mécanique du système [(D), Terre], en fonction de I , m , g , R , θ et θ'.
2) Établir l'équation différentielle du second ordre qui régit le mouvement oscillatoire de (D).
3) Déduire l'expression de la période T des oscillations de (D) en fonction de I , m , g et R .
4) La mesure de la durée de 10 oscillations du pendule pesant ainsi constitué donne 7,7s. Déterminer la valeur de I .
5) Sachant que I_0 et I sont liés par la relation $I = I_0 + mR^2$, retrouver la valeur de I_0.

Deuxième exercice (7 pts) Identification d'un dipôle

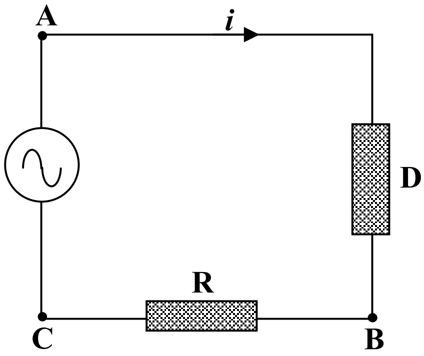


Figure 1

On voudrait exploiter un oscillogramme et identifier un dipôle (D) de grandeur caractéristique X. (D) peut être :

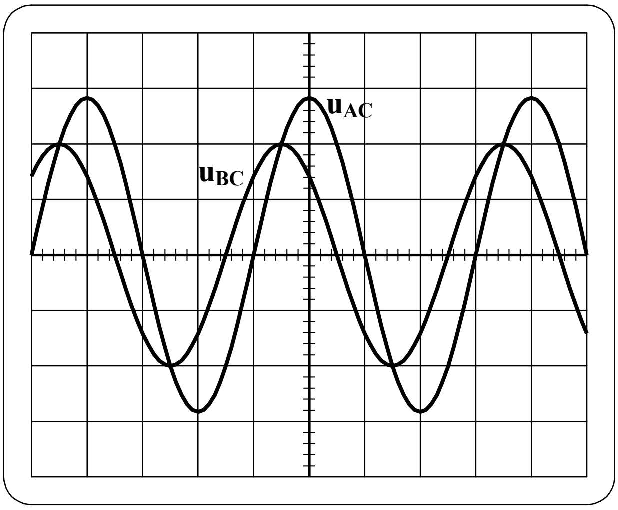
- un conducteur ohmique de résistance $X = R_1$
- ou un condensateur de capacité $X = C$
- ou une bobine d'inductance $X = L$ et de résistance négligeable.

Dans ce but, on branche (D) en série avec un conducteur ohmique de résistance $R = 40\,\Omega$ et un générateur délivrant entre ses bornes une tension alternative sinusoïdale :

$$u_g = u_{AC} = 4\sqrt{2}\cos(100\,\pi t),\ \ (u \text{ en V et t en s}) \ \ \text{(fig.1)}.$$

Le circuit est alors parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité *i*.

Un oscilloscope, convenablement branché, donne l'oscillogramme représentant l'évolution, en fonction du temps, de la tension $u_{AC} = u_g$ sur la voie 1 et celle de la tension $u_{BC} = u_R$ aux bornes du conducteur ohmique sur la voie 2 (fig.2).



La sensibilité verticale sur la voie 2 est 2V/div.

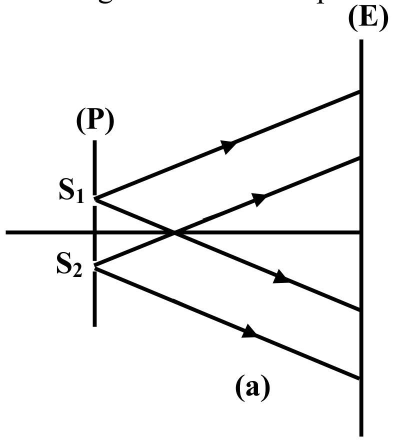
1) Reproduire la figure 1 en montrant les branchements de l'oscilloscope.
2) a- Calculer la valeur de la période T de la tension u_g.
   b- Déterminer la sensibilité horizontale adoptée sur l'oscilloscope.
3) a- L'oscillogramme de u_{BC} représente "l'image" de l'intensité *i*. Pourquoi?
   b- Préciser, en justifiant la réponse, la nature du dipôle (D).
4) a- Déterminer le déphasage entre u_{AC} et u_{BC}.
   b- Déterminer la valeur maximale I_m de l'intensité *i*.
   c- Écrire l'expression de *i* en fonction du temps.
5) Montrer que u_{AB} peut s'écrire sous la forme : $u_{AB} = \dfrac{0{,}1}{100\pi X}\sin(100\pi\, t + \dfrac{\pi}{4})$
6) En appliquant la loi d'additivité des tensions, déterminer la valeur de X en donnant à t une valeur particulière.

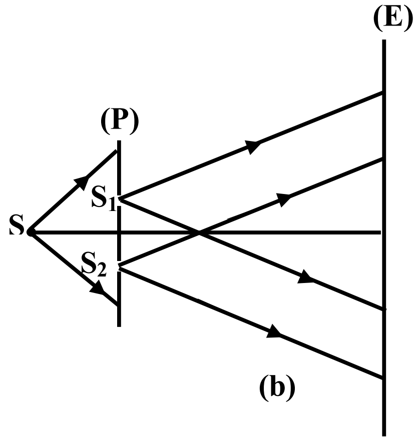
Troisième exercice (6 ½ pts) Interférences lumineuses

A- Conditions d'obtention d'un phénomène d'interférences

On dispose de deux fentes de Young et de deux lampes identiques.

On envisage chacun des dispositifs (a) et (b) représentés ci-dessous.





Dans le dispositif (a), chacune des fentes sources, S_1 et S_2 , est éclairée par une lampe; les deux lampes émettent une même radiation.
Dans le dispositif (b), S_1 et S_2 sont éclairées par une lampe placée en S et munie d'une fente très fine parallèle à S_1 et S_2 ; la lampe émet la même radiation précédente.

1- Les radiations émises par les sources lumineuses S_1 et S_2 dans les dispositifs (a) et (b) jouissent d'une propriété commune. Laquelle?

2- Une propriété différencie les radiations issues de S_1 et S_2 dans le dispositif (a) de celles issues de S_1 et S_2 dans le dispositif (b). Préciser cette propriété.

3- Le dispositif (b) permet d'observer un phénomène d'interférences. Pourquoi ?

B- Interférences et mesure

On désire réaliser une série d'expériences d'interférences avec un dispositif des fentes de Young. Les fentes, situées dans un plan (P), sont distantes de a et la figure d'interférences est observée sur un écran (E) situé à une distance D de (P).

I- Interférences dans l'air

On dispose de plusieurs filtres, chacun pouvant sélectionner une radiation monochromatique. Pour chaque radiation de longueur d'onde dans l'air λ , on mesure la distance x = 5i sur laquelle s'étalent cinq interfranges. Les résultats obtenus sont relevés dans le tableau ci-dessous.

λ(*en nm*)	470	496	520	580	610
x = 5i (en mm)	11,75	12,40	13,00	14,50	15,25
i (en mm)					

1) a- Compléter le tableau ci-dessus.

b) i- Montrer que l'expression de i en fonction de λ est de la forme $i = \alpha\lambda$ où α est une constante positive.

ii- Calculer α.

iii- En déduire la valeur du rapport $\frac{D}{a}$.

2) On éloigne (E) de 50 cm de (P). On remarque alors que, pour la radiation de longueur d'onde dans l'air λ = 496 nm , cinq interfranges s'étalent sur une distance de 18,6 mm. Déterminer la valeur de D.

3) Déduire la valeur de a.

II – Interférences dans l'eau

La radiation utilisée maintenant a pour longueur d'onde dans l'air λ = 520 nm. Le dispositif précédent est complètement immergé dans l'eau d'indice de réfraction n. La distance entre les plans (E) et (P) est D et la distance des fentes est a.

1- La valeur de la longueur d'onde λ d'une radiation lumineuse change quand on passe d'un milieu transparent à un autre. Pourquoi ?

2-Les franges d'interférences paraissent plus serrées dans l'eau que dans l'air. Pourquoi?

3- Dans l'eau, cinq interfranges s'étalent sur une distance de 9,75 mm. Déterminer la valeur de n.

Quatrième exercice (7 pts) Le Technétium 99

A - Un peu d'histoire…

En 1937, Pierrier et Sègre obtiennent, pour la première fois, un isotope de technétium ${}^{99}_{43}Tc$ en bombardant des noyaux de molybdène ${}^{98}_{42}Mo$ par un isotope de l'hydrogène ${}^{A}_{Z}H$ selon la réaction suivante :

$${}^{98}_{42}Mo + {}^{A}_{Z}H \longrightarrow {}^{99}_{43}Tc + {}^{1}_{0}n$$

Déterminer Z et A en précisant les lois utilisées.

B- Production actuelle et caractéristique du technétium 99

L'isotope ${}^{99}_{43}Tc$ est actuellement obtenu dans des générateurs molybdène/technétium, à partir de l'isotope ${}^{99}_{42}Mo$ du molybdène. Ce molybdène est radioactif β^- .

1) Écrire l'équation correspondant à la désintégration de ${}^{99}_{42}Mo$.
2) Déterminer, en MeV, l'énergie libérée par cette désintégration.
3) Les noyaux de technétium sont obtenus, en majorité, dans un état excité $[{}^{99}_{43}Tc^*]$
   a- i) Compléter l'équation de désexcitation suivante: ${}^{99}_{43}Tc^* \longrightarrow {}^{99}_{43}Tc + \ldots\ldots$
   ii) Préciser la nature du rayonnement émis.
   b- L'énergie libérée par cette désexcitation, de valeur 0,14 MeV, est entièrement emportée par le rayonnement émis, les noyaux $[{}^{99}_{43}Tc^*]$ et ${}^{99}_{43}Tc$ étant supposés au repos.
   i) Déterminer, en u, la masse du noyau de ${}^{99}_{43}Tc^*$.
   ii) Calculer la longueur d'onde du rayonnement émis.

C- Utilisation du technétium 99 en médecine

L'isotope ${}^{99}_{43}Tc$ est actuellement très utilisé en imagerie médicale. Le générateur molybdène/technétium est connu, en médecine, sous le nom de " vache à technétium ". Aussi, la préparation journalière dans un service médical du technétium 99, de demi-vie T_1 = 6 heures, à partir de son " père " le molybdène de demi-vie T_2 = 67 heures, permet un approvisionnement hebdomadaire.

1) Pourquoi est-il préférable, dans un service médical utilisant le technétium 99, de disposer d'une réserve de molybdène 99 et non pas d'une réserve de technétium 99 ?
2) Déterminer le nombre des noyaux de technétium 99 obtenus à partir de 1g de molybdène 99 au bout de 24 heures. En déduire la masse de ces noyaux de technétium.

Données: Masses des noyaux et particule: ${}^{99}_{42}Mo$ = 98,88437 u; ${}^{99}_{43}Tc$ = 98,88235 u; ${}^{0}_{-1}e = 55\times10^{-5}u$.
1u = 931,5 MeV/c^2 = 1,66 $\times10^{-27}$ kg ;
constante de Planck: h = 6,63 $\times10^{-34}$ J.s ;
1eV = 1,6 10^{-19} J ;
c = 3 $\times10^{8}$ m/s .