Institutions Educatives Amal	Examen commun Classe: SG	Année scolaire 2023/2024 Date: 22 /2 /2024	
Nom:	*Physique*	Durée: 180 min	

Cet examen est constitué de quatre exercices répartis sur quatre pages.
L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

Exercice 1 (6 points)

Etude d'une montagne russe

Le document ci-dessous (doc.1) montre le plan d'une piste d'une montagne russe. Chaque chariot part du repos du point A et roule sans frottement sur tout le trajet.
Négliger la résistance de l'air et considérer les chariots comme des particules chacune de masse m.
Prendre $g = 10\ m/s^2$.
Le niveau horizontal passant par les points les plus bas B, O et D est choisi comme référence d'énergie potentielle de la pesanteur.
On note que l'accélération de mouvement d'une particule se déplaçant le long d'un chemin curviligne peut être décomposée en deux composantes : l'accélération tangentielle, $\overrightarrow{a_T}\ avec\ \|\overrightarrow{a_T}\| = \frac{dv}{dt} = v'$ et l'accélération normale $\overrightarrow{a_N}\ avec\ \|\overrightarrow{a_N}\| = \frac{v^2}{R}$ où v représente la vitesse instantanée et R le rayon de courbure.

La montagne russe

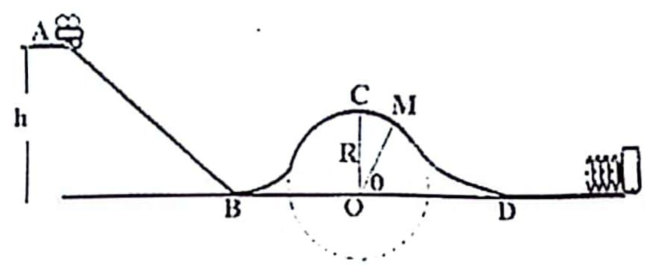


Schéma simplifié

(Doc. 1)

1) Appliquer le principe de conservation de l'énergie mécanique pour montrer que la vitesse d'un chariot au point C est $V_C = \sqrt{2g(h - R)}$, et au point M est $V_M = \sqrt{2g(h - R\sin\theta)}$.

2) Lors de son déplacement, le chariot est soumis à 2 forces, son poids $\vec{P}$ et la réaction normale du trajet $\vec{N}$. Représenter (sans échelle) ces forces agissant sur le chariot aux points C et M.

3) Appliquer la deuxième loi de Newton pour montrer que : $mg - N_C = \frac{mv_C^2}{R}$ au point C et: $mg\sin\theta - N_M = \frac{mv_M^2}{R}$ au point M.

4) Sachant que le chariot ne quitte pas la piste s'il est toujours soumis à une réaction normale de la piste, (c.-à-d N > 0), déduire alors que le rayon de sécurité minimum en C est $R_{min} = \frac{2}{3}h$.

5) La voiture ne doit pas quitter la piste au point M entre C et D si $N_M > 0$. Montrer que la valeur maximale de h est $h_{max} = \frac{3R}{2}$.

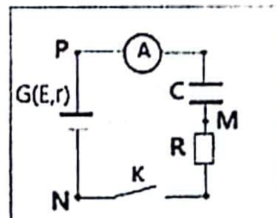
6) Application numérique : calculer θ pour $h = \frac{6}{5}R$.

7) Dans le cadre du jeu, le chariot doit s'arrêter près d'un pare-chocs au bout de la piste. Ce pare-chocs est constitué principalement d'un ressort à spires non jointives. Un chariot de masse totale m = 160 kg quitte A à une hauteur h = 27 m et heurte le pare-chocs qui subit une compression maximale de 3 m. Calculer la constante de raideur K du ressort.

Exercice 2 (7 points) Charge d'un condensateur

Le but de cet exercice est d'étudier la charge d'un condensateur.

Un condensateur de capacité C, un conducteur ohmique de résistance R, un ampèremètre A de résistance négligeable et un interrupteur K sont connectés entre les bornes d'un générateur DC (G) de f.é.m. E et de résistance interne r comme l'indique le document 2.



(Doc. 2)

Un oscilloscope à double trace permet de visualiser les tensions u_{PM} aux bornes de C et u_{MN} aux bornes de R. Lorsque l'interrupteur est fermé à l'instant $t_0 = 0$, l'ampèremètre indique 400 mA, et le document 3 montre les variations de u_{PM} et u_{MN} en fonction du temps.

1) Reproduire la figure du circuit et y montrer les connexions de l'oscilloscope.

2) u_{MN} peut être utilisé pour représenter la variation du courant dans le circuit. Justifier.

3) Appliquer la loi d'additivité des tensions pour montrer que l'intensité du courant initial dans le circuit est $I_0 = \frac{E}{R+r}$.

4) A partir de la loi d'additivité des tensions, établir l'équation différentielle suivante :
$u_R + (R+r)C\frac{du_R}{dt} = 0$ où $u_R = u_{MN}$ est la tension aux bornes du conducteur ohmique R.

5) La solution de l'équation différentielle ci-dessus a la forme : $u_{MN} = Ae^{Bt}$ où A et B sont deux constantes. Montrer que $A = \frac{RE}{R+r}$, et $B = -\frac{1}{(R+r)C} = -\frac{1}{\tau}$. où τ : la constante de temps

6) En déduire que la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps est
$u_{PM} = E\left(1 - e^{-\frac{t}{(R+r)C}}\right)$.

7) Utiliser les données de l'exercice et du doc.3 pour montrer que E = 20V, R = 45Ω, r = 5 Ω et C= 20×10^{-6} F.

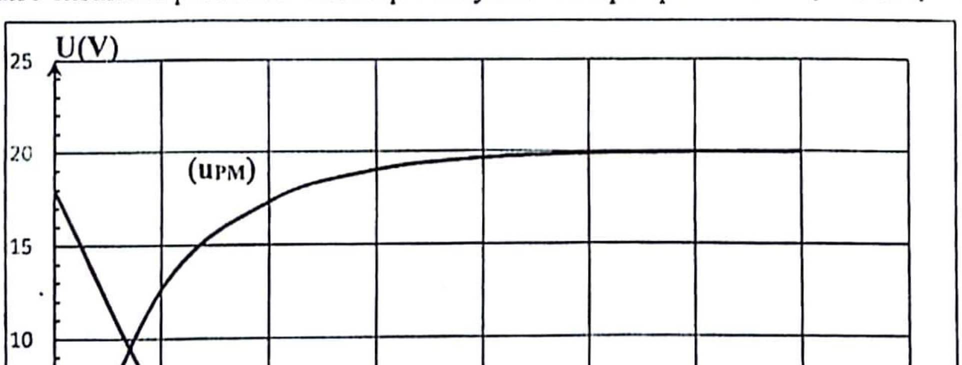
8) L'énergie fournie par le générateur à l'instant t est donnée par l'expression : $W_G = CE^2(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$.

8.1) Calculer à l'instant $t_1 = \tau$ s :

8.1.1) l'énergie fournie par le générateur.

8.1.2) l'énergie stockée par le condensateur.

8.2) En déduire ensuite la puissance thermique moyenne dissipée par R entre $t_0 = 0$ et $t_1 = \tau$ s.

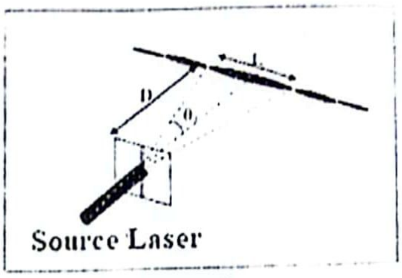


(doc.3)

Exercice 3 (7,5 pts)

Nature de la lumière

A- Expérience de la diffraction de la lumière



(doc.4)

Un faisceau laser de lumière, de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 632{,}8$ nm, tombe normalement sur une fente verticale de largeur a . Le diagramme de diffraction est observé sur un écran placé perpendiculairement au faisceau laser à une distance D = 1,5 m de la fente. Soit «L» la largeur linéaire de la frange centrale (**Doc.4**). L'angle de diffraction θ correspondant à une frange sombre d'ordre m est donné par $\sin\theta = \frac{m\lambda}{a}$ où m = ±1, ±2, ±3…

Pour les petits angles, prendre $\tan\theta \approx \sin\theta \approx \theta$ en radian.

1) Décrire l'aspect du diagramme de diffraction observé sur l'écran.

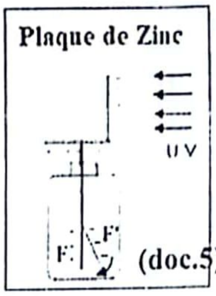
2) Écrire la relation entre a, θ_1 et λ.

3) Établir la relation entre a , λ , L et D.

4) Sachant que L = 6,3 mm, calculer la largeur **a** de la fente utilisée.

5) En déduire le nom de l'aspect de la lumière mis en évidence par cette expérience.

B- Effet photoélectrique.



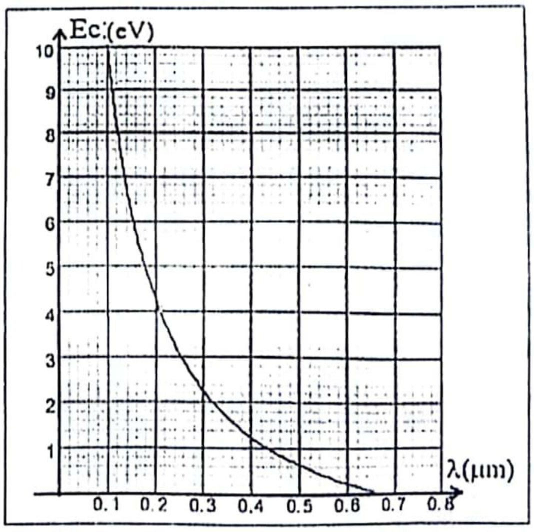
(doc.5)

On donne : célérité de la lumière dans le vide $c = 3\times10^{8}$ m/s ; 1 eV = $1{,}6\times10^{-19}$ J.

1) L'effet photoélectrique a été découvert par Hertz en 1887. L'expérience représentée dans le document 5 peut mettre en évidence ce phénomène. Une plaque de zinc est fixée sur la tige conductrice d'un électroscope. L'ensemble de l'installation est chargé négativement. Si on éclaire la plaque par une lampe émettant une lumière blanche riche en rayonnement ultraviolet (U.V), les feuilles F et F' de l'électroscope se rapprochent rapidement.

1.1) A quoi est du le rapprochement des feuilles ?

1.2) L'effet photoélectrique met en évidence un aspect de la lumière. Nommer cet aspect.



(doc.6)

2) Les expériences réalisées par Millikan en 1915, ont l'intention de déterminer l'énergie cinétique maximale Ec des électrons émis par des plaques métalliques lorsqu'elles sont éclairées par un rayonnement monochromatique de longueur d'onde réglable λ dans le vide.

Dans une expérience utilisant une plaque de césium, un appareil approprié permet de mesurer l'énergie cinétique maximale Ec d'un électron émis correspondant à la longueur d'onde λ du rayonnement incident.

La variation de E_c en fonction de λ est représentée dans le graphe du document. 6.

Le but de cette partie est de déterminer la valeur de la constante de Planck h et celle de l'énergie d'extraction W_0 du césium.

2.1) Ecrire l'expression de l'énergie E d'un photon incident, de longueur d'onde λ dans le vide, en fonction de λ , h et c.

2.2) En appliquant la relation d'Einstein sur l'effet photoélectrique, montrer que l'énergie cinétique maximale Ec d'un électron extrait peut s'écrire sous la forme : $\boldsymbol{Ec = \frac{a}{\lambda} + b}$, où a et b sont des constantes.

2.3) En déduire l'expression de la longueur d'onde seuil λ_0 du césium en fonction de W_0, h et c.

2.4) En utilisant le graphe (doc.6) :

2.4.1) Donner la valeur de la longueur d'onde seuil λ_0 du césium ;

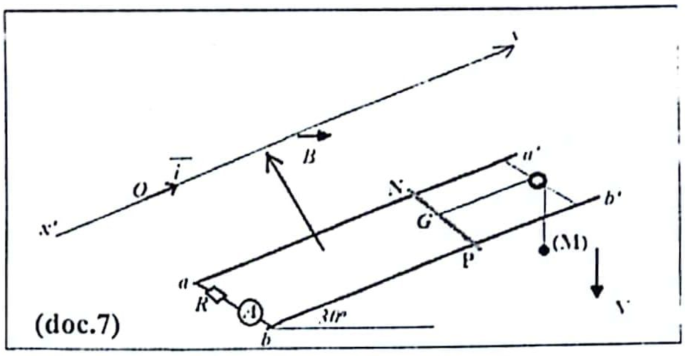
2.4.2) Déterminer la valeur de W_0 et celle de h.

Exercice 4 (7 points)

Induction électromagnétique

Le but de cet exercice est d'étudier le phénomène d'induction électromagnétique dans les rails de Laplace.

Deux rails de cuivre longs et parallèles aa' et bb' sont placés dans une région de champ magnétique uniforme $\vec{B}$. Le plan des rails fait un angle de 30° avec l'horizontal et il est perpendiculaire aux lignes de champ magnétique comme l'indique le document 7. Les bornes a et b des rails sont reliées par un conducteur ohmique de résistance R = 0.1 Ω et un ampèremètre de résistance négligeable. Les résistances des rails sont négligeables par rapport à R.



(doc.7)

Une tige de cuivre NP de masse m = 4 g et de longueur ℓ = 10 cm peut glisser sans frottement le long des rails et elle reste perpendiculaire à ceux-ci. Cette tige est reliée à une particule (M) de masse M = 10 g au moyen d'une corde sans masse et inextensible passant sur une poulie fixée au sommet des rails.

Le moment d'inertie de la poulie est $I = 6\times10^{-7}$ kg.m^2 et son rayon est r = 1 cm. Étant donné : g = 10 m/s^2.

A l'instant t_0 = 0, le système est libéré du repos, et à l'instant t, la position du centre de masse G de la tige de cuivre est x = OG et sa vitesse est $v = x' = \frac{dx}{dt}$.

On observe que lorsque la tige NP commence à se déplacer, l'ampèremètre indique que le courant augmente de zéro à I_0 **= 1 A** quand on atteint le régime permanent.

1) Interpréter l'apparition du courant électrique induit dans le circuit pendant que NP est en mouvement et déterminer son sens.

2) En choisissant le sens positif comme celui du courant induit i, montrer que la force électromotrice induite dans NP est $e = B\ell v$.

3) La tige NP et la particule (M) ont la même vitesse v et la même accélération a. Justifier.

4) Soit T_1 et T_2 les modules des tensions dans la corde en (M) et PN. Appliquer le théorème de l'énergie cinétique à la poulie pour montrer que $T_1 - T_2 = \frac{I}{r^2}\frac{dv}{dt}$ où $\frac{dv}{dt} = v' = acceleration\ a)$.

5) Appliquer la deuxième loi de Newton sur (M) pour montrer que $T_1 = Mg - M\frac{dv}{dt}$.

6) Appliquer la deuxième loi de Newton sur NP pour montrer que $T_2 = \frac{1}{2}mg + i\ell B + m\frac{dv}{dt}$ sachant que l'intensité de la force électromagnétique agissant sur NP est donnée par $\|\vec{F}\| = i\ell B$. (i est le courant induit).

7) En déduire que la différence de potentiel (tension) aux bornes du conducteur ohmique R satisfait l'équation différentielle : $\frac{du_R}{dt} + 5B^2 u_R = 0.4B$

8) Utiliser l'équation différentielle pour déterminer la valeur de B.