Partie B : EXERCICES /20

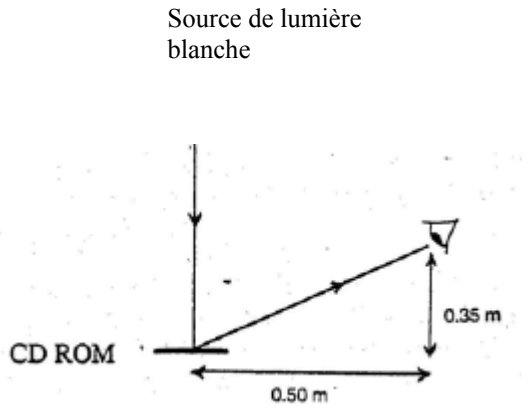
Nom et prénom : *lycée et classe* :

Ex 1 : les macarons relativistes (2 pts)
De la pâte à macarons est étalée sur un tapis roulant, dont le mouvement rectiligne se fait à une vitesse relativiste v. Un moule circulaire, de diamètre L, découpe les cookies au moment où la pâte arrive en dessous de ce moule. Quelle est la forme de ces macarons lorsqu'on les trouve en magasin (on précisera les caractéristiques mathématiques) ? Sont-ils étirés dans la direction du tapis roulant, ou contraire comprimés, ou bien tout simplement ronds ?

Pour des événements simultanés, on doit raisonner dans le référentiel du moule qui est celui du laboratoire. La pâte est découpée d'une longueur dx=L à l'instant t. D'après les transformations de Lorentz, cela correspond dans le référentiel du tapis roulant à une longueur $dx' = \gamma\,(dx - v\,dt) = \gamma\,(L-0) = \gamma L$, donc à des cookies étirés dans le sens du mouvement (ellipse de grand axe γL, d'excentricité v/c).

Sans utiliser les transformations de Lorentz, dans le référentiel du laboratoire, la pâte est contractée d'un facteur γ de sorte que le diamètre du moule correspond à une distance plus large, γL, dans le référentiel du tapis roulant. Les cookies auront donc une forme allongée dans la direction du tapis roulant (ellipse de grand axe γL, d'excentricité v/c)

Ex 2 : diffraction par un CD Rom (5 pts)
Un CD Rom est éclairé par une source de lumière blanche parallèle. Vous regardez le CD, en plaçant votre œil comme indiqué sur la figure ci-contre.
Vous observez alors une radiation jaune, dont on peut mesurer la longueur d'onde, égale à 590 nm. Elle correspond au premier ordre de diffraction de la lumière par les sillons, régulièrement espacés, du CD Rom.



1. Déterminer la distance entre deux sillons consécutifs, c'est-à-dire le pas du réseau ainsi constitué.
2. Vous tournez maintenant le CD Rom, autour d'un axe perpendiculaire au plan de la figure, dans le sens horaire, d'un angle de 5° (sans changer la position de votre œil). Faire le schéma de 2 rayons consécutifs, diffractés par le CD Rom, qui atteignent votre œil. Déterminer la longueur d'onde observée cette fois, et la couleur correspondante

1. 1er max de diffraction : $\sin\phi = \lambda/d$, où d est le pas du réseau. On a

$$\sin\phi = \frac{0.5}{\sqrt{0.5^2 + 0.35^2}} = 0.819 \text{ 1pt}$$

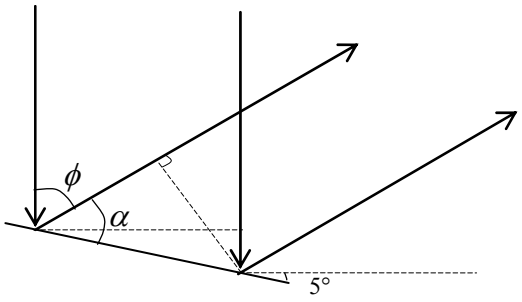
soit ϕ=55°. 0,5 pt

D'où d = 720 nm. 0,5 pt

2. la ddm entre les 2 rayons diffractés est : $\delta = d(\cos\alpha - \sin 5°)$ = (sin (ϕ-5°)-sin 5°) 1pt

Soit δ = 489 nm. 0,5 pt

La longueur d'onde qui est perçue est celle qui correspond à des interférences constructives : soit $\delta = \lambda$ = 489 nm. Soit du bleu approximativement 0,5 pt



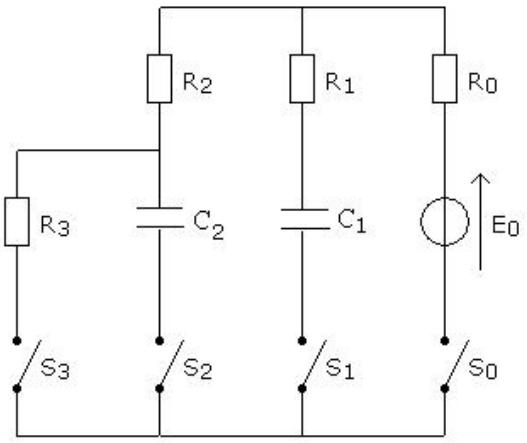
1 pt

<u>Ex 3</u> : charges de condensateurs (4 pts)

Les interrupteurs sont initialement tous ouverts, et les condensateurs déchargés.

1. On ferme S_0, S_1, S_2 ; S_3 reste ouvert. Déterminer la charge des condensateurs au bout d'un temps très long.
2. A la suite de la situation précédente, on ferme maintenant de plus S_3. Même question.
3. A la suite de la situation précédente, on ouvre simultanément S_0 et S_3. Même question.

A.N. : R_0 = 50 Ω ; R_1 = R_2 = R_3= 25 Ω ;
E_0 = 10 V ; C_1 = 1,0 µF ; C_2 = 4,0 µF



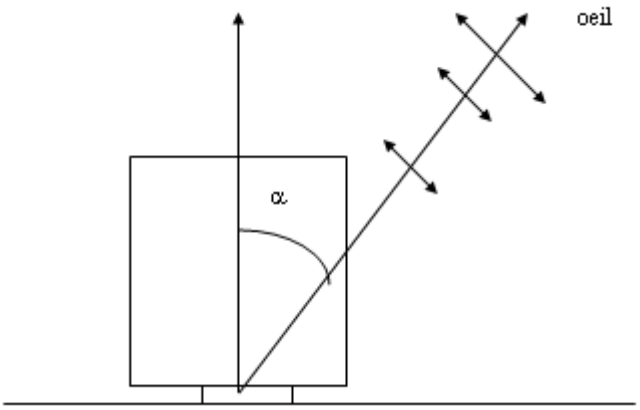
1. tension = 10V aux bornes de chaque condensateur 0,5 pt $Q_1 = 1{,}0.10^{-5}$ C, $Q_2 = 4{,}0.\ 10^{-5}$ C 0,5 pt
2. il existe un courant dans la branche 3, branche 0, et la résistance de la branche 2 : I=0.1 A. 0,5 pt Donc la tension aux bornes de C_2 vaut 2,5V, et celle aux bornes de C_1 vaut 5V 1 pt; soit $Q_1 = 5{,}0.\ 10^{-6}$ C, $Q_2 = 1{,}0.10^{-5}$ C 0,5 pt
3. on a $Q_1 + Q_2$ = cte (ensemble isolé) = $1{,}5.10^{-5}$ C. 0,5 pt D'autre part, dans l'état final, les 2 condensateurs ont même ddp ; donc $Q_2 = 4\ Q_1$. On a $Q_1 = 3{,}0.10^{-6}$ C, $Q_2 = 1{,}2.10^{-5}$ C 0,5 pt

<u>Ex 4</u> : détermination d'indice optique (2pts)

Un cube de verre d'indice n =1,5200 pour la lumière utilisée est posé sur un support noirci . Entre le cube et le support se trouve une goutte de liquide que l'on regarde à travers la face opposée à celle qui reçoit la lumière.

La source lumineuse est supposée de dimension suffisante pour que la lumière atteigne la face d'entrée sous toutes les incidences de 0 à $\pi/2$.

L'observateur est muni d'un viseur mobile sur un cercle gradué. En inclinant le viseur par rapport à la normale du support, on constate qu'à partir d'une valeur α de l'angle d'inclinaison, la goutte apparaît très brillante . En déduire son indice pour $\alpha = 75°56'$



A la limite de la réflexion totale : $\sin\alpha' = \frac{n_L}{n}$ 1 pt

avec α' = angle d'incidence dans le verre. A la sortie du verre, on a : $n\cos\alpha' = \cos\alpha$ 0,5 pt

soit $n_L = \sqrt{n^2 - \cos^2\alpha} = 1{,}5004$ 0,5 pt

<u>Ex 5</u> : désexcitation d'un atome (7pts)

Un atome isolé, au repos, se trouve dans un état excité S'. Avant qu'il ne se désexcite, sa masse est M'. Il se désexcite alors jusqu'à un état stable S, où sa masse est M, en émettant un photon. L'énergie perdue par l'atome est $E_0 = (M'-M)c^2$. Soit E l'énergie du photon.

1. Montrer sans calculs, par un argument physique, que l'on a nécessairement $E<E_0$.
2. Montrer que $E \approx E_0(1-\frac{E_0}{2Mc^2})$, en supposant $\frac{E_0}{2Mc^2} << 1$.
3. On a $Mc^2 = 2{,}0.10^{11}$ eV, et $E_0 = 4{,}0.\ 10^5$ eV. Le fait que E ne soit pas exactement égal à E_0 induit un décalage spectral (c'est-à-dire de fréquence) Δf de la radiation émise. Calculer Δf.
4. On peut également produire un décalage spectral par effet Doppler. Quel doit être la direction et le sens du mouvement, ainsi que la vitesse, d'un observateur par rapport au photon émis d'énergie E, pour que la fréquence qu'il mesure soit de nouveau égale à f_0, fréquence correspondant à l'énergie recherchée E_0 ?

<u>Données</u> : $h = 6.63\times10^{-34}$ J.s $= 4.14\times10^{-15}$ eV.s

1. La conservation de la quantité de mouvement entraîne l'existence d'une qté de mvt 1 pt, donc d'une énergie cinétique de l'atome dans son état final. La conservation de l'énergie oblige donc à avoir $E<E_0$. 0,5 pt

2. L'atome est non relativiste, de vitesse v dans son état final (référentiel du labo, où il est immobile dans l'état initial). Conservation de la qté de mvt : $E/c= Mv$ 1 pt

Conservation de l'énergie : $E = E_0 – ½ M v^2$ 1 pt = $E_0 – E^2/2Mc^2$, d'où le résultat. 1 pt

3. $E-E_0=h \Delta f$; la fréquence a diminué (décalage vers le rouge) $\Delta f=9.7\ 10^{13}$ Hz 1 pt

4. $\Delta f/f_0= v/c$, avec $f_0=9.7\ 10^{19}$ Hz d'où $v=3\ 10^{-2}$ m/s= 108 m/heure ! on doit contrer le décalage précédent, donc augmenter la fréquence, donc décaler vers le bleu : il faut se diriger vers la source. 1,5 pt