MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

DIRECTION GENERALE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE L'INSERTION PROFESSIONNELLE (**DGESIP**)

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE
Union - Discipline - Travail

Institut National Polytechnique
Félix Houphouët – Boigny
SERVICE DES CONCOURS

Concours STIC session 2018

Composition : <u>Physique 3</u> (électricité)

Durée : 3 Heures

NB. *: Dans cette épreuve, on demande d'indiquer, pour chaque question, la bonne réponse parmi celles qui sont proposées :*

- ***une réponse bonne vaut : 1 point ;***
- ***une réponse fausse vaut : - 1 point ;***
- ***une absence de réponse : - 1 point.***

Partie 1 : Propriétés générales des diélectriques

Un milieu diélectrique ne possède pas de charges libres (contrairement aux conducteurs), les électrons sont liés à un atome, c'est-à-dire qu'ils ne se déplacent que de la taille d'un atome sous l'action d'un champ électromagnétique. Pour caractériser l'interaction d'une onde électromagnétique avec la matière, on utilise le modèle du physicien britannique Joseph John Thomson (1856-1940) appelé aussi « modèle de l'électron élastiquement lié ».

On étudie un électron situé en un point M, de charge –e et de masse m, dans un référentiel lié au noyau de l'atome, de centre O. Ce référentiel est supposé galiléen. L'atome interagit avec les champs $\vec{E}$ et $\vec{B}$ d'une onde électromagnétique plane, monochromatique de pulsation ω. L'électron subit la force électromagnétique de Lorentz $\vec{F}_{em} = -e\vec{E} - e\vec{v} \wedge \vec{B}$. En outre, dans le cadre du modèle, l'électron est supposé soumis à une force de rappel élastique $\vec{F}_r = -k\overrightarrow{OM}$ et à une force de frottement $\vec{F}_f = -\alpha\vec{v}$, où k et α sont des constantes strictement positives.

Question 1 : Quelle est l'origine physique de la force de rappel ?

A : force magnétique attractive entre noyau et électron

B : force magnétique répulsive entre noyau et électron

C : force électrostatique attractive entre noyau et électron

D : force électrostatique répulsive entre noyau et électron

E : force de Lorentz entre noyau et électron.

Question 2 : Quelle est l'origine physique de la force de frottement ?

A : cohésion de l'atome

B : gain d'énergie par l'atome quand il n'est pas dans son niveau fondamental

C : perte d'énergie de l'atome quand il n'est pas dans son niveau fondamental

D : l'atome subit un choc élastique

E : l'atome subit un choc inélastique.

Question 3 : Comparaison des forces électrique et magnétique et le poids de l'électron

A : les forces électrique et magnétique sont comparables

B : on peut négliger la force magnétique devant la force électrique

C : on peut négliger la force électrique devant la force magnétique

D : les forces électrique et magnétique sont négligeables devant le poids de l'électron

E : la force électrique, la force magnétique et le poids de l'électron sont comparables.

Question 4 : A quelle condition peut-on considérer que le champ $\vec{E}$ est uniforme à l'échelle de l'atome ?

A : il faut que la longueur d'onde de l'onde soit très faible de la taille de l'atome

B : il faut que la longueur d'onde de l'onde soit très grande de la taille de l'atome

C : il faut que le milieu traversé par l'onde soit le vide

D : il faut que le milieu traversé par l'onde soit un plasma peu dense

E : il faut que le milieu traversé par l'onde soit un milieu dense.

Le champ électrique de l'onde est $\vec{E} = \vec{E}_0 \cos(\omega t)$. $\vec{E}_0$ est un vecteur uniforme.

Question 5 : Le vecteur position de l'électron s'écrit en notation complexe

A : $\underline{\overrightarrow{OM}} = \dfrac{-e\vec{E}_0}{k + m\omega^2 + j\alpha\omega}$

B : $\underline{\overrightarrow{OM}} = \dfrac{-e\vec{E}_0}{k - j\alpha\omega}$

C : $\underline{\overrightarrow{OM}} = \dfrac{-e\vec{E}_0 e^{j\omega t}}{k - m\omega^2}$

D : $\underline{\overrightarrow{OM}} = \dfrac{-e\vec{E}_0 e^{j\omega t}}{k - m\omega^2 + j\alpha\omega}$

E : $\underline{\overrightarrow{OM}} = \dfrac{-e\vec{E}_0 e^{j\omega t}}{k - j\alpha\omega}$.

On suppose que chaque atome ne comporte qu'un seul électron.

Question 6 : Le moment dipolaire de l'atome s'écrit

A : $\vec{p}(t) = e\,\overrightarrow{OM}$

B : $\vec{p}(t) = -e\,\overrightarrow{OM}$

C : $\vec{p}(t) = \dfrac{\overrightarrow{OM}}{m}$

D : $\vec{p}(t) = m\,\overrightarrow{OM}$

E : $\vec{p}(t) = -m\,\overrightarrow{OM}$.

Le vecteur polarisation du milieu est la densité volumique de moment dipolaire. On note n_0 la densité volumique de dipôles. La susceptibilité complexe du milieu, noté $\underline{\chi}(\omega)$ est défini par $\vec{\underline{P}}(t) = \varepsilon_0 \underline{\chi}(\omega)\vec{\underline{E}}(t)$ où $\vec{\underline{P}}(t)$ est le vecteur polarisation complexe.

Question 7 : L'expression de $\underline{\chi}(\omega)$ est

A : $\underline{\chi}(\omega) = \dfrac{jn_0e^2}{\varepsilon_0}$

B : $\underline{\chi}(\omega) = \dfrac{n_0e^2/\varepsilon_0}{k - m\omega^2 + j\alpha\omega}$

C : $\underline{\chi}(\omega) = \dfrac{n_0e^2/\varepsilon_0}{k + j\alpha\omega}$

D : $\underline{\chi}(\omega) = \dfrac{n_0e^2/\varepsilon_0}{k + j\omega}$

E : $\underline{\chi}(\omega) = \dfrac{n_0e^2/\varepsilon_0}{k + m\omega^2 - j\alpha\omega}$.

L'onde se propage dans le sens des x croissants, de vecteur d'onde complexe $\vec{\underline{k}}$.

Question 8 : L'expression de $\underline{k}^2$ est

A : $\underline{k}^2 = \dfrac{\underline{\chi}(\omega)\omega^2}{c^2}$

B : $\underline{k}^2 = 1+\underline{\chi}(\omega)$

C : $\underline{k}^2 = \dfrac{\left[-1+\underline{\chi}(\omega)\right]\omega^2}{c^2}$

D : $\underline{k}^2 = \underline{\chi}(\omega)\omega^2$

E : $\underline{k}^2 = \dfrac{\left[1+\underline{\chi}(\omega)\right]\omega^2}{c^2}$.

Question 9 : $\overrightarrow{rot}\vec{\underline{B}} = \mu_0\underline{\varepsilon}\dfrac{\partial\vec{\underline{E}}}{\partial t}$

A : $\underline{\varepsilon} = \varepsilon_0$

B : $\underline{\varepsilon} = \varepsilon_0\left[-1+\underline{\chi}(\omega)\right]$

C : $\underline{\varepsilon} = \varepsilon_0\underline{\chi}(\omega)-1$

D : $\underline{\varepsilon} = \varepsilon_0\underline{\chi}(\omega)$

E : $\underline{\varepsilon} = \varepsilon_0\left[1+\underline{\chi}(\omega)\right]$

Question 10 : L'indice optique complexe $\underline{n}$ d'un milieu s'écrit

A : $\underline{n}^2 = \varepsilon_0$

B : $\underline{n}^2 = -1+\underline{\chi}(\omega)$

C : $\underline{n}^2 = 1$

D : $\underline{n}^2 = \underline{\chi}(\omega)$

E : $\underline{n}^2 = 1+\underline{\chi}(\omega)$.

Question 11 : On donne $\underline{k} = k_1 - jk_2$, où k_1 et k_2 sont des constantes réelles strictement positives

A : le milieu est dispersif et absorbant

B : le milieu est dispersif

C : le milieu est transparent

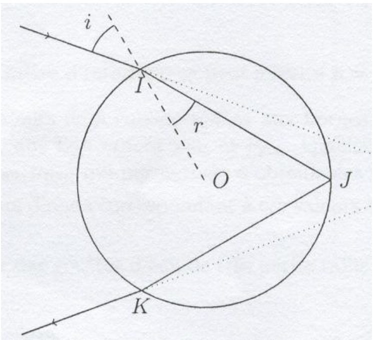
D : le milieu est dispersif et non absorbant

E : le milieu est absorbant et non dispersif.

Partie 2 : Phénomène de dispersion

Lorsqu'on aperçoit un arc-en-ciel, on remarque immédiatement un arc coloré appelé « arc primaire ». C'est le philosophe grec Aristote (-383 - -322) qui le premier tenta une explication rationnelle de ce phénomène. Le premier physicien à s'y être intéressé est Isaac Newton (1643 - 1727). Dès les premières lignes de son ouvrage « Opticks » publié en 1704, il rappelle que le principe de l'explication de l'arc-en-ciel repose sur l'idée que ce dernier « est produit par les rayons solaires réfractés et réfléchis dans les gouttes de pluie ».

En suivant l'interprétation d'Isaac Newton, on considère une goutte d'eau éclairée par le soleil. L'eau est considérée comme un milieu transparent d'indice $n = 1,333$. La goutte est assimilée à une sphère de centre O baignant dans l'air (d'indice égal à 1). Elle est éclairée par un faisceau de lumière parallèle, considéré comme monochromatique, dont un rayon atteint la sphère en I où se produit une réfraction. Soit i l'angle d'incidence en I et r l'angle de réfraction correspondant. Le rayon réfracté recoupe la goutte en J où la lumière peut être soit réfractée, soit réfléchie, mais on considère ici que le rayon réfléchi. Ce rayon réfléchi ressort de la goutte en K où on ne considère que le rayon réfracté. On appelle D l'angle de déviation du rayon lumineux par la goutte (voir figure).



Question 12 : L'angle d'incidence en *J* est

A : $2r$

B : i

C : $i - r$

D : r

E : $i + r$

Question 13 : L'angle de réflexion en *J* est

A : r

B : i

C : $i - r$

D : $2r$

E : $i + r$

Question 14 : L'angle d'incidence en K est

A : i

B : r

C : $i - r$

D : $2r$

E : $i + r$

Question 15 : L'angle de réfraction en K est

A : r

B : i

C : $i - r$

D : $2r$

E : $i + r$

Question 16 : Pour qu'il y ait réflexion totale en J , il faut que

A : $n \sin r \leq 1$

B : $n \sin r = 1$

C : $n \sin r \succ n$

D : $n \sin r \leq n$

E : $n \sin r \succ 1$

Question 17 : la déviation du rayon en K est

A : $i - r$

B : r

C : $2r$

D : $i + r$

E : $2i$

Question 18 : L'angle de déviation *D* est égal à

A : π

B : $\pi + 2r$

C : $\pi + 2i - 4\arcsin\left(\dfrac{\sin i}{n}\right)$

D : $\pi + 2i + 4\arcsin\left(\dfrac{\sin i}{n}\right)$

E : $2i + 4\arcsin\left(\dfrac{\sin i}{n}\right)$

L'angle de déviation *D* admet un minimum $D_m = D(i_m)$ lorsqu'on fait varier la position du point *I* d'incidence du rayon lumineux sur la goutte, donc l'angle *i*. On appelle i_m l'angle d'incidence auquel ce minimum correspond.

Question 19 : L'angle i_m égal à

A : $\arcsin\left[\left(4-n^2\right)^{1/2}\right]$

B : $\arcsin\left[\left(\dfrac{4-n^2}{2}\right)^{1/2}\right]$

C : $\arcsin\left[\left(\dfrac{4-n^2}{3}\right)^{1/2}\right]$

D : $\arcsin\left[\left(\dfrac{4-n^2}{4}\right)^{1/2}\right]$

E : $\arcsin\left[\left(\dfrac{4-n^2}{5}\right)^{1/2}\right]$

Question 20 : L'angle de déviation D_m est égal à

A : $\pi - 2\arcsin\left[\left(\dfrac{4-n^2}{3}\right)^{1/2}\right] + 4\arcsin\left[\left(\dfrac{4-n^2}{3n^2}\right)^{1/2}\right]$

B : $\pi + 2\arcsin\left[\left(\dfrac{4-n^2}{3}\right)^{1/2}\right]$

C : $\pi + 4\arcsin\left[\left(\dfrac{4-n^2}{3n^2}\right)^{1/2}\right]$

D : $\pi + 2\arcsin\left[\left(\dfrac{4-n^2}{3}\right)^{1/2}\right] - 4\arcsin\left[\left(\dfrac{4-n^2}{3n^2}\right)^{1/2}\right]$

E : $\pi - 2\arcsin\left[\left(\dfrac{4-n^2}{3}\right)^{1/2}\right] - 4\arcsin\left[\left(\dfrac{4-n^2}{3n^2}\right)^{1/2}\right]$