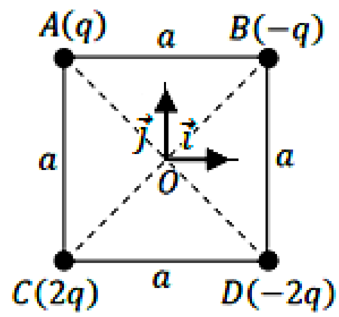
EXAMEN FINAL DE PHYSIQUE 2

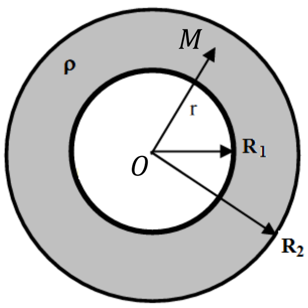
Exercice 1 : (08 points)

Dans l'assemblage de charges ponctuelles de la figure ci-contre $(q > 0)$:



1. Déterminer les distances *OA, OB, OC* et *OD* en fonction de la longueur a ;
2. Représenter puis déterminer le champ total résultant au centre O du carré ;
3. Déduire la résultante des forces appliquée sur un électron $(q_e = -e)$ placé en O ;
4. Déterminer le potentiel électrostatique résultant au point O ;
5. Déduire l'énergie potentielle électrostatique de l'électron placé en O ;
6. On enlève l'électron, Calculer l'énergie interne du système formé par les quatre charges.

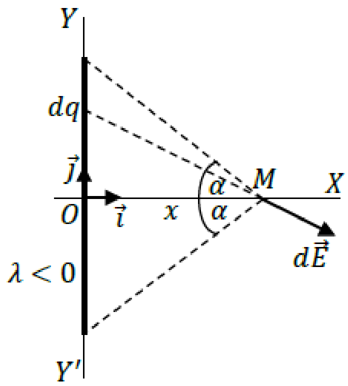
Exercice 2 : (06 points)



Soit une distribution uniforme de charges, de densité volumique $\rho > 0$, répartie entre deux sphères concentriques, S_1 et S_2, de centre O, de rayons R_1 et R_2, respectivement, tel que $R_1 < R_2$ (Figure ci-contre).
A l'aide du théorème de Gauss, déterminer l'expression du champ électrostatique en tout point M de l'espace tel que $OM = r$. Distinguer les régions : $r < R_1$, $R_1 < r < R_2$ et $r > R_2$.

<u>Traiter au choix soit l'exercice 3 soit l'exercice 4</u>

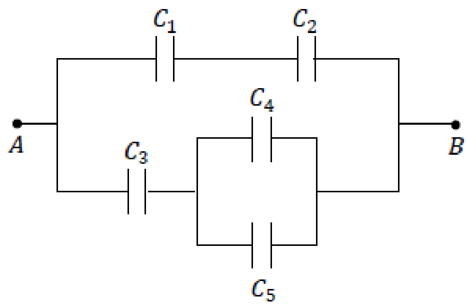
Exercice 3 : (06 points)



Soit un fil fini de longueur L, assimilé à un segment de droite porté par l'axe (YY') et symétrique par rapport à l'axe $(X'X)$, uniformément chargé avec une densité linéique λ constante est négative (Figue ci-contre).

1. Donner l'expression du champ électrique élémentaire $\overrightarrow{dE}$ crée par un élément de charge $dq = \lambda\, dl = \lambda\, dy$ en un point $M(x,)$, tel que $x > 0$;
2. Déterminer le champ électrique total crée par le fil au point M ;
3. Déduire le champ électrique créé par un fil infini au point M.

Exercice 4 : (06 points)



Soit le groupement de condensateurs de la Figure ci-contre.

1. Calculer la capacité équivalente entre les points A et B ;
2. Une tension $U_{AB} = 220\ V$ est appliquée entre les points A et B. A l'équilibre, calculer la charge portée par chaque condensateur et la différence de potentiel entre ses bornes.

On donne :
$C_1 = C_2 = 1\ \mu F$; $C_3 = 220\ nF$; $C_4 = 70\ nF$; $C_5 = 720\ nF$ avec $1nF = 10^{-9}\ F$

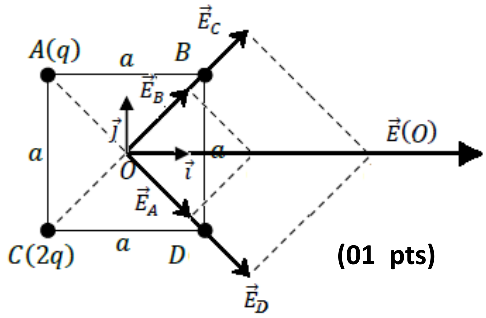
Université A. Mira de Bejaia
Faculté de Technologie
Département de Technologie

جامعة بجاية
Tasdawit n Bgayet
Université de Béjaïa

Année universitaire 2020/2021
Session normale
Durée : 01h30

Corrigé examen Physique 2

Exercice 1 : (08 points)



(01 pts)

1- $AD = BC = \sqrt{2}\,a \Rightarrow OA = OB = OC = OD = \frac{\sqrt{2}}{2}\,a$ **(0.5 pts)**

2- $\vec{E}_A = K\frac{|q_A|}{(OA)^2}\left(\cos\frac{\pi}{4}\vec{\imath} - \sin\frac{\pi}{4}\vec{\jmath}\right) = \sqrt{2}\,K\frac{q}{a^2}\,(\vec{\imath} - \vec{\jmath})$ **(0.5 pts)**

$\vec{E}_B = K\frac{|q_B|}{(OB)^2}\left(\cos\frac{\pi}{4}\vec{\imath} + \sin\frac{\pi}{4}\vec{\jmath}\right) = \sqrt{2}\,K\frac{q}{a^2}\,(\vec{\imath} + \vec{\jmath})$ **(0.5 pts)**

$\vec{E}_C = 2\,\vec{E}_B = 2\sqrt{2}\,K\frac{q}{a^2}\,(\vec{\imath} + \vec{\jmath})$; $(\mathbf{0.5}\ \boldsymbol{pts})$ $\vec{E}_D = 2\,\vec{E}_A = 2\sqrt{2}\,K\frac{q}{a^2}\,(\vec{\imath} - \vec{\jmath})$ $(\mathbf{0.5}\ \boldsymbol{pts})$

D'après le principe de superposition, on a :

$$\vec{E}\,(O) = \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C + \vec{E}_D \qquad (\mathbf{0.5}\ \boldsymbol{pts}) \quad \vec{E}\,(O) = 6\sqrt{2}\,K\frac{q}{a^2}\,\vec{\imath} \qquad \textbf{(0.5 pts)}$$

3- $\vec{F} = q_e\,\vec{E}\,(O) = -e\,\vec{E}\,(O)$ $(\mathbf{0.25}\ \boldsymbol{pts})$ $d'ou$ $\vec{F} = -6\sqrt{2}\,K\frac{eq}{a^2}\,\vec{\imath}$ $(\mathbf{0.5}\ \boldsymbol{pts})$

4- D'après le principe de superposition, on a le potentiel créé en O :

$$V_O = V_A + V_B + V_C + V_D \quad (\mathbf{0.25}\ \boldsymbol{pts}) = K\frac{q}{OA} - K\frac{q}{OB} + K\frac{2q}{OC} - K\frac{2q}{OD} = 0 \quad (\mathbf{0.5}\ \boldsymbol{pts})$$

5- $E_p = -e\,V_O$ **(0.25 pts)** d'où $E_p = 0$ **(0.25 pts)**

6- L'énergie interne

$$U = \sum_i \sum_{j>i} K\frac{q_i q_j}{r_{ij}} \text{ ou bien } U = \frac{1}{2}\sum_i \sum_{i \neq j} K\frac{q_i q_j}{r_{ij}} \qquad \textbf{(0.25 pts)}$$

$$U = K\frac{q_A q_B}{AB} + K\frac{q_A q_C}{AC} + K\frac{q_A q_D}{AD} + K\frac{q_B q_C}{BC} + K\frac{q_B q_D}{BD} + K\frac{q_C q_D}{CD} \qquad \textbf{(0.5 pts)}$$

$$d'ou \quad U = \left(-1 - 2\sqrt{2}\right)K\frac{q^2}{a} \quad J \quad \textbf{(0.75 pts)}$$

Exercice 2 : (06 points)

La distribution de charges est invariante pour toute rotation autour du point O. Par conséquent, le champ électrostatique est radial, $\vec{E} = E\,(r)\,\vec{e}_r$. **(0.5 pts)**
La surface de Gauss est une sphère de centre O et rayon r. **(0.5 pts)**

D'après le théorème de Gauss $\oiint_S \vec{E}.\vec{ds} = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0} \Longrightarrow E.S_G = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0}$ **(0.5 pts)** avec $S_G = 4\pi r^2$ **(0.5 pts)**

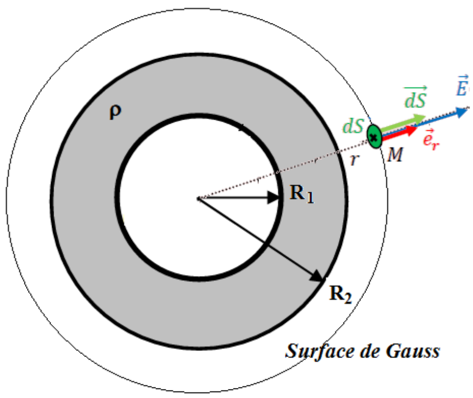
- r < R_1

$Q_{int} = 0 \Longrightarrow E_I = 0$ **(0.5 pts)**

- R_1< r < R_2

$Q_{int} = \rho V = \frac{4}{3}\pi\rho(r^3 - R_1^3)$ **(01 pts)**

$E_{II}(r) = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\frac{(r^3 - R_1^3)}{r^2} \Longrightarrow \vec{E}_{II}(r) = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\frac{(r^3 - R_1^3)}{r^2}\vec{e}_r$ **(0.5 pts)**



- r > R_2

$Q_{int} = \rho V = \frac{4}{3}\pi\rho(R_2^3 - R_1^3)$ **(01 pts)**

$E_{III}(r) = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\frac{(R_2^3 - R_1^3)}{r^2} \Longrightarrow \vec{E}_{III}(r) = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\frac{(R_2^3 - R_1^3)}{r^2}\vec{e}_r$ $(\mathbf{0.5}\ \boldsymbol{pts})$

(0.5 pts)

Exercice 3 : (06 points)

1. Une charge élémentaire dq, contenue dans l'élément de longueur dl entourant le point P, va créer au point M un champ électrostatique élémentaire :

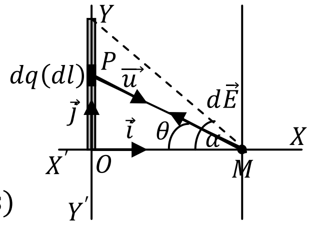
$$d\vec{E} = K\frac{dq}{r^2}\vec{u} = K\frac{\lambda dl}{r^2}\vec{u} = K\frac{\lambda dy}{r^2}\vec{u} \quad \textbf{(0.5 pts)}$$

$$x = OM\ ;\ r = PM\ ;\ \vec{u} = \vec{r}/r\ ;\ y = OP$$

D'après la figure, on a :

$\tan\theta = \frac{y}{x} \Rightarrow y = x\tan\theta \Rightarrow dy = \frac{x}{\cos^2\theta}d\theta$ **(0.5 pts)**

(0.5 pts)



$\cos\theta = \frac{x}{r} \Rightarrow r = \frac{x}{\cos\theta}$ **(0.5 pts)** et $\vec{u} = \cos\theta\,\vec{\imath} - \sin\theta\,\vec{j}$ **(0.5 pts)**

Ce qui nous donne :

$d\vec{E} = K\frac{\lambda}{x}(\cos\theta\,\vec{\imath} - \sin\theta\,\vec{j})d\theta$ ou bien $d\vec{E} = K\frac{|\lambda|}{x}(-\cos\theta\,\vec{\imath} + \sin\theta\,\vec{j})d\theta$ **(0.5 pts)**

2. Pour des raisons de symétrie, seule la composante horizontale contribue au champ total

Le champ électrique total en M s'obtient en intégrant sur tout le fil :

$\vec{E} = K\frac{\lambda}{x}\int_{-\alpha}^{\alpha}[(\cos\theta\,\vec{\imath})d\theta] = 2\,K\frac{\lambda}{x}\int_{0}^{\alpha}[(cos\,\theta\,\vec{\imath})d\theta]$; **(01 pts)** $\vec{E} = 2\,K\frac{\lambda}{x}[\sin\theta\,\vec{\imath}]_0^{\alpha} = 2\,K\frac{\lambda}{x}[\sin\alpha\,\vec{\imath}]$ **(01 pts)**

3. Pour obtenir le champ créé par un fil infini, on fait tendre l'angle $\alpha \to \frac{\pi}{2}$ $soit\ sin\,\alpha = 1$ **(0.5 pts)**

   Donc on obtient $\vec{E} = 2\,K\frac{\lambda}{x}\,\vec{\imath}$ **(0.5 pts)**

Exercice 4 : (06 points)

1. Capacité équivalente :

C_1, C_2 en série alors $\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ d'où $C_{12} = 0{,}5\ \mu F$ **(0.5 pts)**

C_4, C_5 en parallèle alors $C_{45} = C_4 + C_5$ d'où $C_{45} = 0{,}79\ \mu F$ **(0.5 pts)**

C_3, C_{45} en série alors $\frac{1}{C_{345}} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_{45}}$ d'où $C_{345} = 0{,}17\ \mu F$ **(0.5 pts)**

C_{12}, C_{345} en parallèle alors $C_{AB} = C_{eq} = C_{12} + C_{345}$ d'où $C_{AB} = 0{,}67\ \mu F$ **(0.5 pts)**

2. Charge et d.d.p aux bornes de chaque condensateur

$Q_1 = Q_2 = Q_{12} = C_{12}\,U_{AB} = 110\ \mu C$ **(0.5 pts)** $d'ou\ V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = 110V$ **(0.5 pts)** $V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = 110\ V$ **(0.5 pts)**

$Q_3 = Q_{45} = Q_{345} = C_{345}\,U_{AB} = 38\ \mu C$ **(0.5 pts)** $alors$ $V_3 = \frac{Q_3}{C_3} = 172\ V$ **(0.5 pts)**

$V_4 = V_5 = V_{AB} - V_3 = 48\ V$ **(0.5 pts)**$alors\ Q_4 = C_4\,V_4 = 3{,}5\ \mu C$ **(0.5 pts)**; $Q_5 = C_5\,V_5 = 34{,}5\ \mu C$ **(0.5 pts)**