Université M'Hamed Bougara
Faculté des Sciences
Département de Physique

LMD-ST: 2021/2022
Durée : 1h 30mn

ETLD Physique 2

Exercice 1 :(*7 Pts*)

Trois charges électriques ponctuelles q_A, q_B, et q_C tel que,

$q_A = q_B = 5\sqrt{5}q$ et $q_C = q > 0$ sont disposées respectivement aux points **A(*-a, 0*)**, **B(*a, 0*)** et **C(*0, a*)** dans un repère orthonormé (*XOY*) de base $(O, \vec{\imath}, \vec{\jmath})$ .Voir **Figure 1.**

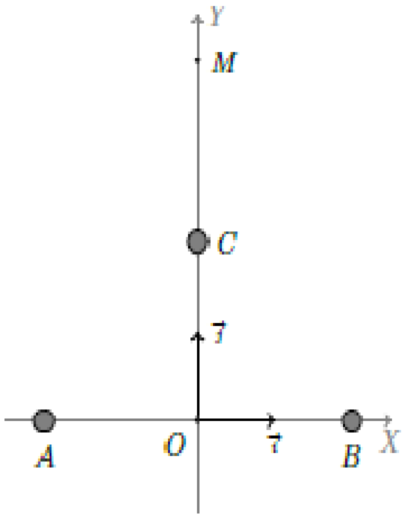


Figure 1

1) Représenter qualitativement les champs électriques créés par les trois charges au point **M** (*0, 2a*).
2) Déterminer le champ électrique $\vec{E}_M$ créé au point *M*.
3) Donner le potentiel *V(M)* créé au point *M*.
4) On place au point *M* une charge $q_M = +2q$. Trouver l'énergie potentielle de la charge q_M.
5) Représenter et calculer la force électrostatique $\vec{F}_M$ exercée sur la charge q_M.

On donne : $q=10^{-9}$ *C* , *a=10 cm*, $K=9.10^9$ *(SI)*,

Exercice 2 : (*6 pts*) :

On considére une sphère de rayon ***R*** et de centre ***O***, chargée uniformémént en surface avec une charge Q de densité σ >0 .

1. *a)* En utilisant le théorème de Gauss, déterminer le champ électrique produit par la sphère en tout point *M* de l'espace ($r < R$ et $r \geq R$).Voir **Figure 2**.

   b) Déduire le potentiel *V(r)* en tout point *M*, sachant qu'il est nul à l'infini ($V(\infty) = 0$).
2. Si la valeur du potentiel à une distance ***r = 0.8 m*** du centre ***O*** de la sphère est égale à ***1000 V*** :

   a) Calculer la densité surfacique σ en (*C/m²*).

   b) Quelle doit être la valeur du potentiel sur la surface de la sphère.

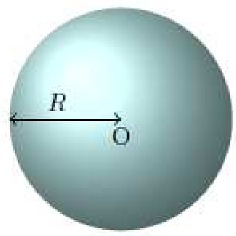


Figure 2

On donne : ***R= 0.4m***, $K = 1/4\pi\varepsilon_0 = 9.10^9$ Nm²C⁻² donc $\varepsilon_0 = 8.85\ 10^{-12}\ C^2/(Nm^2)$

Exercice 3 : (*7 pts*)

Soit le circuit électrique représenté sur la **Figure 3.**

1) Déterminer la résistance équivalente ***R*** de la portion ***CEFDC*** du circuit**.** Donner le nouveau schéma simplifié.

2) Calculer le courant I_1 débité par le générateur

3) Calculer la différence de potentiel V_{CD} entre les deux points *C* et *D* ainsi que le courant I_2 qui circule dans la branche *CD*. En déduire le courant I_3.

4) Quelle est la puissance dissipée par effet joule dans le générateur ? Calculer son rendement.

5) Si ce circuit n'est qu'une petite partie d'un appareil électrique, que vous laissez branché dans votre maison pendant une année. Calculer l'énergie dissipée (perdue) sous forme de chaleur dans ce circuit.

On donne : $E=15V$, $r=1\Omega$, $R_1=5\Omega$, $R_2=7\Omega$, $R_3=8\Omega$, $R_4=3\Omega$, $R_5=4\Omega$ *et* $R_6=6\Omega$

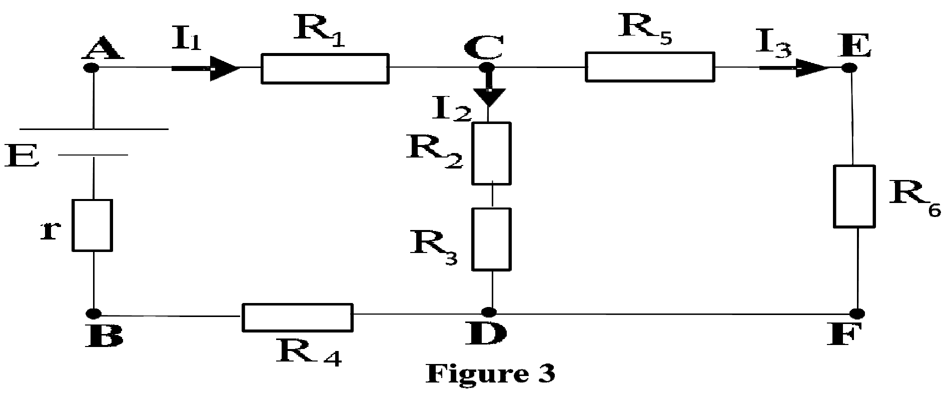


Figure 3

Université M'Hamed Bougara
Faculté des Sciences
Département de Physique

LMD-ST: 2021/2022
Durée : 1 h.30

Corrigé ETLD Physique2

Exercice 1 : (*7 pts*)

1) Representation des champs electriques crées par les trois charges

0.5 0.5

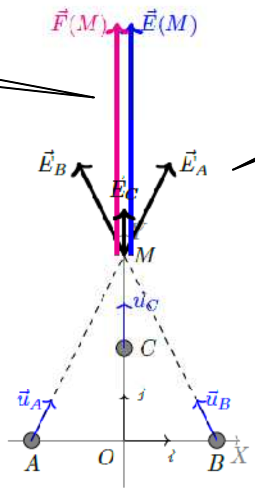


Fig 1

2) Le champ electrique au point ***M***:

$$\vec{E}_M = \overrightarrow{E_A} + \overrightarrow{E_B} + \overrightarrow{E_C}$$

0.25 $\overrightarrow{E_A} = K\frac{q_A}{{r_A}^2}\overrightarrow{u_A}$, $\overrightarrow{u_A} = (\cos\theta\,\vec{\imath} + \sin\theta\,\vec{\jmath}) = \left(\frac{1}{\sqrt{5}}\vec{\imath} + \frac{2}{\sqrt{5}}\vec{\jmath}\right)$ 0.25

Avec : $r_A = r_B = a\sqrt{5},\ r_C = a$ 0.5

$\overrightarrow{E_A} = K\frac{5\sqrt{5}q}{5a^2}\left(\frac{1}{\sqrt{5}}\vec{\imath} + \frac{2}{\sqrt{5}}\vec{\jmath}\right) = K\frac{q}{a^2}\left(\vec{\imath} + \overrightarrow{2\jmath}\right)$ 0.5

0.25 $\overrightarrow{E_B} = K\frac{q_B}{{r_B}^2}\overrightarrow{u_B}$, $\overrightarrow{u_B} = (-\cos\theta\,\vec{\imath} + \sin\theta\,\vec{\jmath}) = \left(-\frac{1}{\sqrt{5}}\vec{\imath} + \frac{2}{\sqrt{5}}\vec{\jmath}\right)$ 0.25

$\overrightarrow{E_B} = K\frac{5\sqrt{5}q}{5a^2}\left(-\frac{1}{\sqrt{5}}\vec{\imath} + \frac{2}{\sqrt{5}}\vec{\jmath}\right) = K\frac{q}{a^2}(-\vec{\imath} + 2\vec{\jmath})$ 0.25

0.25 $\overrightarrow{E_C} = K\frac{q_C}{{r_C}^2}\overrightarrow{u_C}$; $\overrightarrow{u_C} = \vec{\jmath}$

$\overrightarrow{E_C} = K\frac{q}{a^2}\vec{\jmath}$ 0.5

$\vec{E}_M = K\frac{q}{a^2}\left(\vec{\imath} + \overrightarrow{2\jmath}\right) + K\frac{q}{a^2}(-\vec{\imath} + 2\vec{\jmath}) + K\frac{q}{a^2}\vec{\jmath}$

$\vec{E}_M = 5K\frac{q}{a^2}\vec{\jmath}$ 0.5

$$\vec{E}_M = 4{,}5 * 10^3\vec{\jmath}\ (V/m)$$ 0.25

3) Le potentiel $V(M)$ au point M

$$V_M = \sum_{i=1}^{3} K\frac{q}{ri} = V_A + V_B + V_C$$ 0.25

$V_A = K\frac{5\sqrt{5}q}{a\sqrt{5}}$; $V_B = K\frac{5\sqrt{5}q}{a\sqrt{5}}$; $V_C = K\frac{q}{a}$ 0.5

$$V_M = V_A + V_B + V_C = 2K\frac{5q}{a} + K\frac{q}{a};\ V_M = 11K\frac{q}{a} = 990V$$ 0.5

4) L'énergie potentielle de la charge q_M

$Ep = q_M.V_M = 1{,}98.10^{-6}\,J$ 0.5

5) La force qui s'exerce sur q_M

$$\vec{F}_M = q_M.\vec{E}_M$$ 0.5

$$\vec{F}_M = 9 * 10^{-6}\vec{j}\ \text{(N)}$$

q_M étant positive, la force $\vec{F}_M$ qui s'exerce sur q_M se dirige dans la sens du champ électrique crée en M

Représentation de $\vec{F}_M$ voir figure 1

<u>Exercice 2 :</u> **(*6 pts*)**

1. *a)* le champ électrique *E(r)* produit par la sphère

La surface de Gauss correspond a une sphère de rayon r, donc le champ électrique est radial en tout point M, il est normal a la surface de la sphère $(\overrightarrow{E}//\overrightarrow{ds})$

$\Phi = \oiint_{S_G} \vec{E}.\overrightarrow{ds} = \frac{\sum Q_{int}}{\varepsilon_0}$ 0.25

$\oiint_{S_G} \vec{E}.\overrightarrow{ds} = \mathrm{E(r).S} = E(r)(4\pi r^2)$ 0.5

D'autre part et d'après le théorème de Gauss nous avons :

$$E(r)(4\pi r^2) = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0}$$

Deux cas sont à envisager :

- ***<u>Premier cas $r \geq R$</u>*** : La charge a **l'intérieur de la sphère de Gauss qui est a l'extérieur de la sphère *réelle*** est égale a $Q_{int} = \sigma(4\pi R^2)$ 0.25

Égalisant les deux membres de l'équation de Gauss, donc $E(r)(4\pi r^2) = \sigma(4\pi R^2)$ 0.25

$$E(r) = \frac{\sigma R^2}{\varepsilon_0 r^2}$$ 0.5

- ***<u>Deuxième cas $r < R$</u>*** : La charge **a l'intérieur de la sphère de Gauss qui a l'intérieur de la sphère *réelle*** est nulle $Q_{int} = 0$; $E(r).S = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0} \Rightarrow E(r) = 0$

0.25 0.5

1. *b)* Le potentiel *V(r)*

À partir de l'expression du champ *E(r)* on peut déduire le potentiel *V(r),* en écrivant

$$\vec{E} = -\overrightarrow{grad}V$$ 0.25

$$V(r) = -\int E(r)dr + Cste$$ 0.25 **Ou bien** $$V(r) = \int_{r}^{+\infty} \vec{E}\, \overrightarrow{dr}$$

- ***Premier cas $r \geq R$;***

0.5

Donc : $V(r) = -\int E(r)dr + cste = -\int \frac{\sigma R^2}{\varepsilon_0}\frac{dr}{r^2} + Cste = \frac{\sigma R^2}{\varepsilon_0}\frac{1}{r} + Cste$

$(V(\infty) = 0) \Rightarrow Cste = 0 \quad \Rightarrow \quad V(r) = \frac{\sigma R^2}{\varepsilon_0}\frac{1}{r}$ 0.5

Ou bien $V(r) = \int_{r}^{+\infty} E(r)dr = \int_{r}^{+\infty} \frac{\sigma R^2}{\varepsilon_0}\frac{dr}{r^2} = -\frac{\sigma R^2}{\varepsilon_0}\left[\frac{1}{r}\right]_{r}^{+\infty}$

$$V(r) = \frac{\sigma R^2}{\varepsilon_0}\frac{1}{r}$$

- ***Deuxième cas $r < R$*** : $E(r) = 0 \Rightarrow V(r) = V_0$

Contrairement au champ électrique, le potentiel est une fonction continue au point $r = R$

$$V(r) = V_0 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} R$$ 0.5

2. *a)* La valeur du potentiel a une distance $r = 0{,}8m$ du centre de la sphère est égale a 1000V, ce point se trouve a l'extérieur de la sphère dont le rayon est 0,4 m, donc :

$V(r) = \frac{\sigma R^2}{\varepsilon_0}\frac{1}{r} \Rightarrow \sigma = \frac{V(r)\varepsilon_0}{R^2} r$ 0.75

AN : $\sigma = \frac{8.85.10^{-12}10^{3}.0.8}{16.10^{-2}} = 44.25\,.10^{-9} C/m^2$

2. *b)* Le potentiel sur la surface de la sphère r = R

On remplace dans l'expression de V(r) $V(r) = \frac{\sigma R^2}{\varepsilon_0}\frac{1}{R}$

$\Rightarrow V(r) = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} R$ 0.75

$AN: \quad V(R) = \frac{0.44\,.10^{-7}}{8.85.\,10^{-12}} * 0{,}4 = 2000\, V$

1) **<u>Exercice 3 :</u>** (*7 pts*)

La résistance équivalente R :

R_5 et R_6 sont en série : $R_{56}= R_5+ R_6$

R_{56} =10 Ω

0.5

R_2 et R_3 sont en série : $R_{23}= R_2+ R_3$

R_{23}=15 Ω

0.5

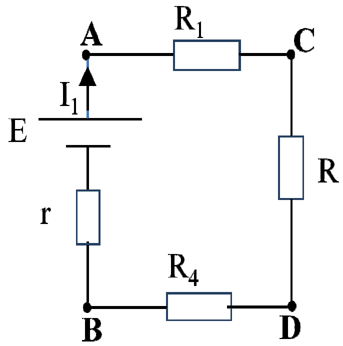
R_{23} et R_{56} sont en parallèle : $R = \frac{R_{23}\,R_{56}}{R_{23}+R_{56}}$

0.5

$$R = 6\,\Omega$$

Le schéma simplifie

0.5



2) Calcul de I_1 débité par le générateur

A partir de ce schéma simplifie écrivant les tensions dans la maille fermée, selon la loi de Kirchhoff

$$I_1 = \frac{E}{R+R_1+R_4+r}$$

0.75

$$I_1 = 1\text{A}$$

3) La différence de potentiel $V_C - V_D$:

$$V_{CD} = V_C - V_D = R\,I_1$$

0.5

$$V_C - V_D = 6\,Volt$$

Le courant I_2 circulant dans la branche CD (donc dans R_2 et R_3) :

A partir du premier circuit : $V_{CD} = (R_2+ R_3)\,I_2 \Longrightarrow I_2 = \frac{V_{CD}}{R_2+ R_3}$

1

$$I_2 = 0{,}4\,A$$

Evidement, de la loi des nœuds on a I_3

$$I_1 = I_2 + I_3$$

0.5

$$I_3 = 0{,}6\,A$$

NB : Bien-sur celui qui applique la règle de Cramer pour calculer les courants et la suite, aura sa note.

4) La puissance dissipée par effet Joule dans le générateur (dans *r*)

$$P = r * I_1^2$$

0.75

P=1W

Le rendement du générateur

$$\eta = \frac{E - rI_1}{E} = 93{,}3\ \%$$

0.75

5) l'énergie perdue sous forme de chaleur dans le circuit pendant une année

$$\xi = (R + R_1 + R_4 + r) * I_1^2 * t$$

$$\xi = 473{,}04 * 10^6\ j = 131{,}4\ kWh$$

0.75