

Test N1 Physics- Durée 1 h 15mn

Exercise

Consider four small identical conducting spheres, positioned as shown in Figure 1 and held fixed. Their dimensions are sufficiently small to treat them as point charges.

As given:

$$q_A = q_B = q_D = q \text{ et } q_C = -6q$$

$$q = 2\mu\text{C}, a = 3 \text{ cm et } K = 1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9 (\text{UI}).$$

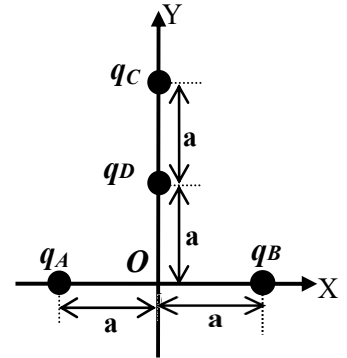


Figure 1

I) - For this charge distribution:

- 1- Find the electric field vector $\vec{E}_O$ at point **O** and calculate its magnitude. **(4.75pts)**
- 2- Calculate potential V_O au point **O**. **(0.75pts)**
- 3- Calculate the potential energy of the charge q_D . **(1.5pts)**
- 4- Calculate the electric flux through the fictitious (non-real) surface of a sphere centered at **O** with a radius $R = 3a$. **(1.25pts)**
- 5- In the case of this configuration, can we determine the electric field on this sphere using Gauss's theorem? Justify your answer. **(0.5pts)**

II) At point F and perpendicular to the axis (ox), we place an infinitely long straight wire charged uniformly with a density $\lambda > 0$.

- 1- Find the electric field at any point in space created by this wire. **(3pts)**
- 2- Deduce in this case the expression of the electric field vector at point **O**. **(1pts)**

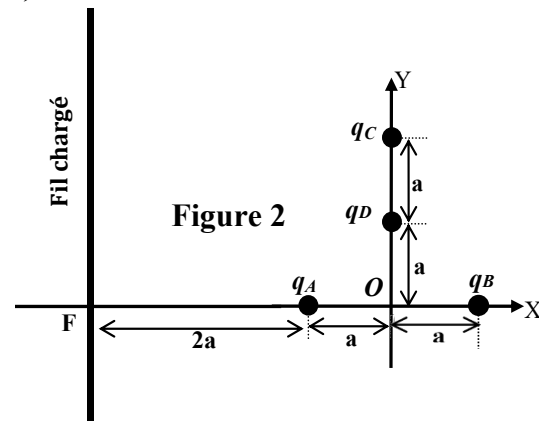


Figure 2

III) We remove the wire (initial state shown in figure 1), and if the charge q_D is now free to move. Starting from its position indicated in figure 1, it moves towards q_C , and after contact with the latter, it returns in the opposite direction.

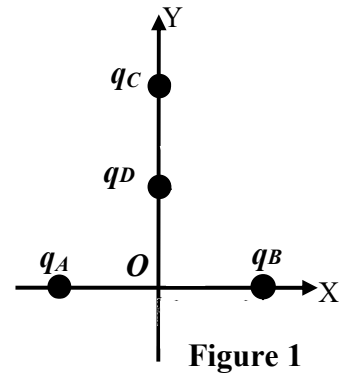
- 1- What is its new charge? Show the direction of electron movement between the small spheres C and D, as well as their number. **(2.75pts)**
- 2- Qualitatively represent (without performing calculations) the forces applied to q_D by the other charges when it returns, after the contact, to its initial position. **(1.5pts)**

As given: $e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

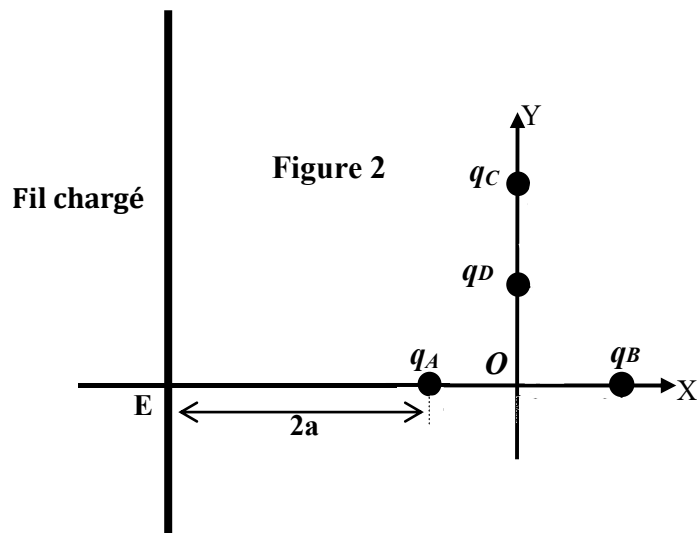
Remarque : Tous les tracés doivent être dessinés sur cette feuille, vous devez la remettre avec votre copie d'examen.

Groupe	Matricule	Nom	Prénom

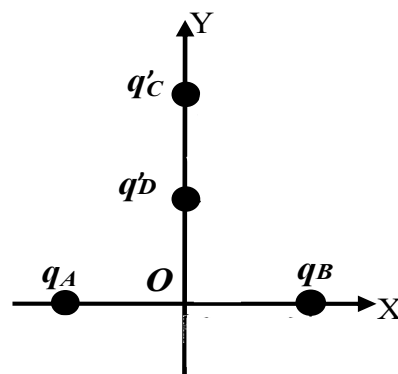
Partie I



Partie II



Partie III



1- Calcul le champ électrique $\vec{E}_O$:

$$\vec{E}_O = \vec{E}_A(O) + \vec{E}_B(O) + \vec{E}_C(O) + \vec{E}_D(O)$$

0.25

$$\vec{E}_A(O) = \frac{kq_A}{OA^2} \vec{u}_{A/O}, \quad \vec{u}_{A/O} = \vec{i}, OA = a$$

0.75

$$\vec{E}_B(O) = \frac{kq_B}{OB^2} \vec{u}_{B/O}, \quad \vec{u}_{B/O} = -\vec{i}, OB = a$$

0.75

$$\vec{E}_D(O) = \frac{kq_D}{OD^2} \vec{u}_{D/O}, \quad \vec{u}_{D/O} = -\vec{j}, OD = a$$

0.75

$$\vec{E}_C(O) = \frac{kq_C}{OC^2} \vec{u}_{C/O}, \quad \vec{u}_{C/O} = -\vec{j}, OC = 2a$$

0.75

$$\vec{E}_O = \frac{kq}{2a^2} \vec{j}$$

0.25

$$An : \|\vec{E}_O\| = 10^7 \text{ V/m}$$

0.25

0.25*4 pour la représentation des vecteurs unitaires

2- Calculer le potentiel V_O au point O.

$$V_O = V_A(O) + V_B(O) + V_C(O) + V_D(O)$$

0.25

$$V_O = \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a} - \frac{6kq}{2a} = 0V$$

0.5

3- Calculer l'énergie potentielle de la charge q_D

$$E_p = q_D V(D) = q_D (V_A(D) + V_B(D) + V_C(D))$$

0.25

$$E_p = q \left(\frac{kq}{\sqrt{2}a} + \frac{kq}{\sqrt{2}a} - \frac{6kq}{a} \right) = (\sqrt{2} - 6) \frac{kq^2}{a}$$

pos

0.25*4

$$An : E_p = -4,585 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

0.25

4- Déterminer le flux du champ

$$5- \text{ La surface est fermée } \Rightarrow \phi = \frac{Q_{in}}{\epsilon_0} = \frac{-3q}{\epsilon_0} = -12\pi Kq$$

0.5*2

$$AN : \phi = -6.7824 \cdot 10^6 \text{ V.m}$$

0.25

6- Dans le cas de cette configuration est ce que on peut déterminer le champ électrique sur cette sphère ? Justifier votre réponse.

Non le champ électrique sur cette surface n'est pas constant (il n y a pas de symétrie), le théorème de gauss n est pas applicable pour cette distribution de charge.

0.5

II- 1- calcul le champ crée par le fil

Suivant le théorème de Gauss :

$$\Phi = \oint_{S_G} \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$$

- Calcul le flux du champ électrique à travers la surface S_G

Le flux total : $\Phi_{S_G} = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3$

$$\begin{aligned} \oint_{S_G} \vec{E} \cdot d\vec{s} &= \iint_{S_1} \vec{E} \cdot d\vec{s}_1 + \iint_{S_2} \vec{E} \cdot d\vec{s}_2 \\ &+ \iint_{S_3} \vec{E} \cdot d\vec{s}_3 \end{aligned}$$

Comme $\vec{E} \perp d\vec{s}_2$ et $\vec{E} \perp d\vec{s}_3$ alors

$$\iint_{S_2} \vec{E} \cdot d\vec{s}_2 = \iint_{S_3} \vec{E} \cdot d\vec{s}_3 = 0$$

Et comme $\vec{E} \parallel d\vec{s}_1$ et dans le même sens, alors :

$$\oint_{S_G} \vec{E} \cdot d\vec{s} = \iint_{S_1} \vec{E} \cdot d\vec{s}_1 = \iint_{S_1} E \, ds_1$$

Nous obtenons donc :

$$\oint_{S_G} \vec{E} \cdot d\vec{s} = E \cdot 2\pi \cdot r \cdot h$$

Calcul de la charge intérieure de la surface S_G

Distribution linéique uniforme : $dq = \lambda \cdot dl \Rightarrow Q_{int} = \int dq = \lambda \int_h dl$

$$Q_{int} = \lambda \cdot h$$

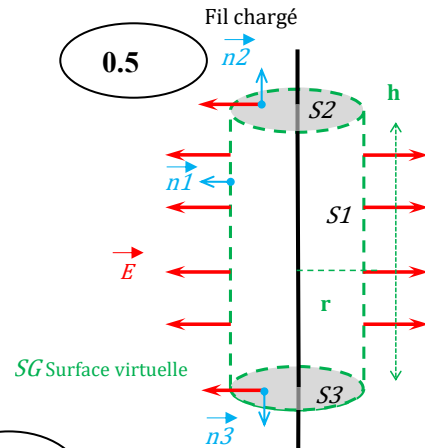
En remplaçant dans l'égalité de Gauss on obtient :

$$E_1 \cdot 2\pi \cdot r \cdot h = \frac{\lambda \cdot h}{\epsilon_0} \Rightarrow E(r) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \frac{1}{r} = \frac{2K\lambda}{r}$$

3- Le champ totale au point O :

Le principe de superposition,

$$\vec{E}(O) = \vec{E}_o(\text{créé par quatre charges}) + \vec{E}_{fil}(O) = \frac{kq}{2a^2} \vec{j} + \frac{2k\lambda}{3a} \vec{i}$$



III)1-Conservation de la charge $q_D + q_C = q_D + q_C$ et les deux sphères sont identiques $q_C = q_D \Rightarrow$

$$q_D = q_C = \frac{q_D + q_C}{2} = -2.5 \mu\text{C} = -5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

1.5

- le nombre d'électrons transféré (quantification de la charge) :

$$n = \frac{[\Delta q]}{1.6 \cdot 10^{-19}} = \frac{3.5 \mu\text{C}}{1.6 \cdot 10^{-19}} = 4.375 \cdot 10^{13} e$$

0.75

la charge q_D a reçu des électrons car sa charge a diminué $q_D < q_C$
alors le transfert se fait de q_C vers q_D

0.5

2

