Série 1

Electrostatique

Exercice 1:

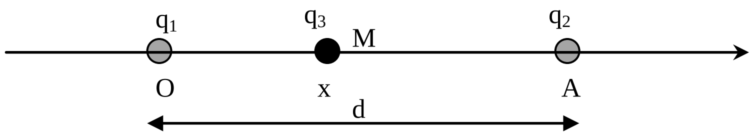
L'atome d'hydrogène est constitué d'un électron de masse $m_e=9.11\ 10^{-31}$kg portant une charge $q_e=-1.6\ 10^{-19}$C et d'un proton de masse $m_p=1835\ m_e$ avec une charge $q_p=1.6\ 10^{-19}$C. En supposant que l'électron se déplace autour du proton sur une orbite circulaire de rayon $r=0.5\ 10^{-10}$ m, Calculer :

1. La force d'attraction coulombienne qu'exerce le proton sur l'électron.
2. La force d'attraction gravitationnelle qui s'exerce entre les deux particules et la comparer avec celle de la question 1. Quelle est l'origine du mouvement de l'électron autour du noyau ?

Exercice 2:

On considère le système de charges ponctuelles, représenté sur la figure ci-dessous. Les charges q_1 et q_2 sont fixées respectivement aux points O et A distants de d. Soit une charge q_3, qui se déplace entre O et A.

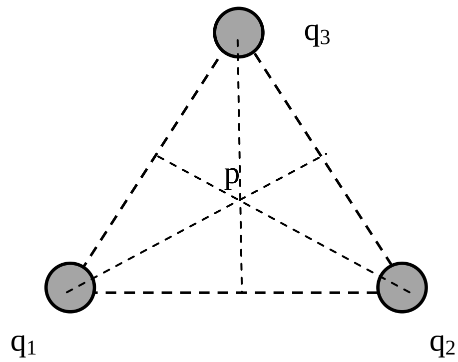
1. Donner l'expression de la force F qui s'exerce sur q_3 au point M.
2. A quelle abscisse x_0, la charge q_3 est dans une position d'équilibre?



Les trois charges q_1, q_2 et q_3 sont placées, maintenant, aux sommets d'un triangle équilatéral de 1m de côté. P étant le point d'intersection des trois hauteurs.

3. Déterminer le champ E et le potentiel électrostatique V créés au point (P).

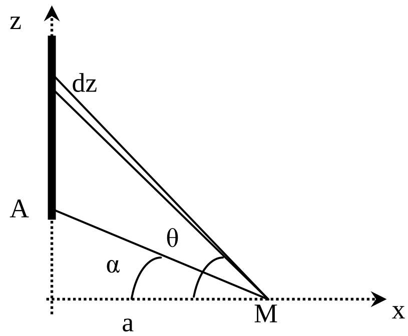
AN : $q_1 = 4\ 10^{-9}$ C, $q_2 = 8\ 10^{-9}$ C et $q_3 = 8\ 10^{-9}$ C



Exercice 3:

Une charge Q est répartie linéairement avec une densité uniforme positive λ le long d'un filament rectiligne AZ. Soit M un point défini par les deux paramètres α et a, comme indiqué sur la figure ci-dessous.

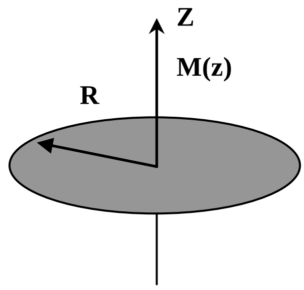
1. Déterminer les deux composantes dE_x et dE_z créées par l'élément de longueur dz au M et qui fait un angle θ avec l'horizontale.



2. En déduire les deux composantes E_x et E_z ainsi que la valeur du champ électrostatique $\vec{E}$ au point M. Considérer le cas où le filament est symétrique par rapport a l'axe OX puis, le cas où le filament est infiniment long Z'AZ.
3. Calculer dans ce cas le potentiel électrostatique V au point M.
4. Calculer la force F qui s'exerce sur une charge q= 1μC placée en M (a=1cm) avec λ=4nC/m.

Exercice 4:

On considère une charge +Q uniformément répartie sur un disque circulaire de rayon R, avec une densité surfacique σ. On prendra pour origine O de l'axe des Z le centre du disque comme indiqué sur la figure ci-contre.



1. Déterminer le champ électrostatique E créé par cette distribution de charge en tout point M (z) de l'axe des Z.
2. Discuter les cas particuliers suivants :
   a. M(z) au centre du disque ;
   b. Le rayon du disque est infiniment grand (équivalent à un plan infini).
3. En déduire l'expression du potentiel électrostatique V(z) en tout point M de l'axe OZ. On considèrera que V(z)=0 à l'infini.
4. Tracer les allures du module du champ électrostatique E et du potentiel V.

Exercice 5:

Une sphère (S) de rayon R portant une densité surfacique de charges σ constante

1. Déterminer le champ électrostatique E en tout point et le potentiel V.

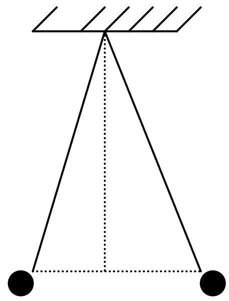
Cette sphère (S) est, maintenant, uniformément chargée en volume avec une densité ρ

2. Donner les expressions du champ E(r) et du potentiel V(r) en tout point de l'espace.
3. A.N : Pour r=5 cm, $E_{max}=3.10^6$ (V/m), Calculer la charge maximale (Q_{max}) pouvant être retenue par la sphère ? et le potentiel maximal (V_{max}) que cette sphère peut atteindre?

Exercices complémentaires

Exercice 1:

Deux petites sphères, chacune de masse m et de charge positive q, sont suspendues à des fils de masse négligeable et de longueur L. Chaque fil fait avec la verticale un angle θ, comme indiqué sur la figure.



1- Représenter et déterminer les forces agissant sur la sphère I.

2- Donner l'expression de la charge q en fonction de m, L, θ et g et de la constante de la loi de Coulomb.

3- Montrer que la distance x entre les deux sphère s'écrit comme :

$$x=\left(\frac{q^2 L}{2\pi\varepsilon_0 mg}\right)^{1/3}.$$

4- Calculer la quantité de charge q si : L=120cm, x=5cm, m=10g.

Exercice 2:

Deux sphères conductrices identiques portant des charges q_1 et q_2 sont mises en contact puis séparées. Calculer les charges q_1' et q_2' en précisant la nature et le sens des charges transférées, dans les cas suivants :

1. $q_1 = 4\ 10^{-9}$ C et $q_2 = 0$ C
2. $q_1 = 4\ 10^{-9}$ C et $q_2 = 8\ 10^{-9}$ C
3. $q_1 = 4\ 10^{-9}$ C et $q_2 = -\ 8\ 10^{-9}$ C

Exercice 3:

Deux sphères conductrices identiques portant des charges de signes opposés, maintenues à une distance d=0.5m, s'attirent avec une force de 0.108N. On les relie alors à l'aide d'un fil conducteur. Après avoir enlevé le fil, elles se repoussent avec une force de 0.036 N.

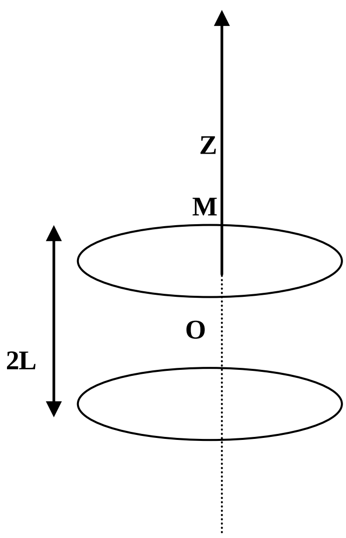
1) Quelle était la charge initiale de chaque sphère ?

On suppose que les rayons des sphères sont négligeables devant la distance d.

A.N : $q_1=q_2=q_3=q$ et d=4cm.

Exercice 4:

Une charge Q est répartie linéairement avec une densité uniforme positive λ le long d'une spire circulaire de rayon a. On prendra pour origine O de l'axe des Z le centre de la spire.



1- Montrer sans calcul que le champ électrique $\vec{E}$ en tout point de l'axe OZ est porté sur cet axe.
2- Montrer que le champ électrique au point M(0,0,z) est donné par :

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{z}{(a^2+z^2)^{3/2}} \vec{k} = \frac{\lambda}{2\varepsilon_0} \frac{az}{(a^2+z^2)^{3/2}} \vec{k}$$

3- Discuter les cas particuliers suivants :

   z=0 ; z>>a ; $z \longrightarrow \infty$

4- Quel est position sur l'axe des Z pour laquelle la valeur du champ électrique est maximale ?

5- Une charge q est abandonnée au centre de la spire est t'elle en position d'équilibre?

6- Calculer le champ électrique au point M(0,0,z) si on dispose de deux spires identiques disposées symétriquement par rapport à l'origine O à une distance 2L et qui portent deux charges Q et -Q.

7- Etudier le champ créé par le système dans le cas z>>a et L.

Exercice 5:

Une sphère de rayon R est chargé en volume avec une densité e charge ρ=A.r, proportionnelle à la distance du centre de la sphère, A= constante. A l'extérieur de la sphère la densité de charge est nulle.

1- Donner les expressions de:
   a) l'intensité du champ électrique
   b) potentiel électrique

2- Représenter les courbes caractéristiques de l'intensité du champ électrique et du potentiel dans les deux cas.