

Exercices - Série 2

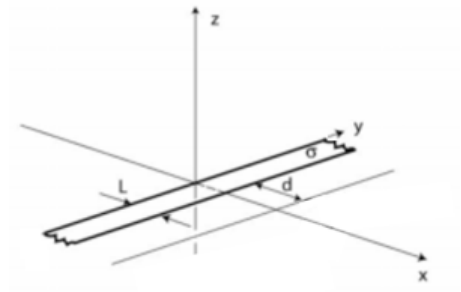
Exercice 1

Soit un ruban plan et infini de largeur $L = 2 \text{ cm}$ ($z = 0$, $0 \leq x \leq L$) chargé avec une densité superficielle homogène $\sigma = 1 \text{ } \mu\text{C}/\text{m}^2$.

Trouvez le champ électrique (en N/C) créé dans le même plan et à distance $d = 1$ de ce ruban, i.e. sur la ligne droite définie par $z = 0$, $x = L + d$.

Indication :

$$\int \frac{dx}{(1+x^2)^{3/2}} = \frac{x}{\sqrt{1+x^2}}$$



Exercice 2

On considère un disque de rayon R portant une charge superficielle constante σ . Calculez le champ électrique sur tout point de l'axe qui est perpendiculaire au disque et passe par son centre. Comment se comporte le champ électrique très loin du disque ? Et très proche ?

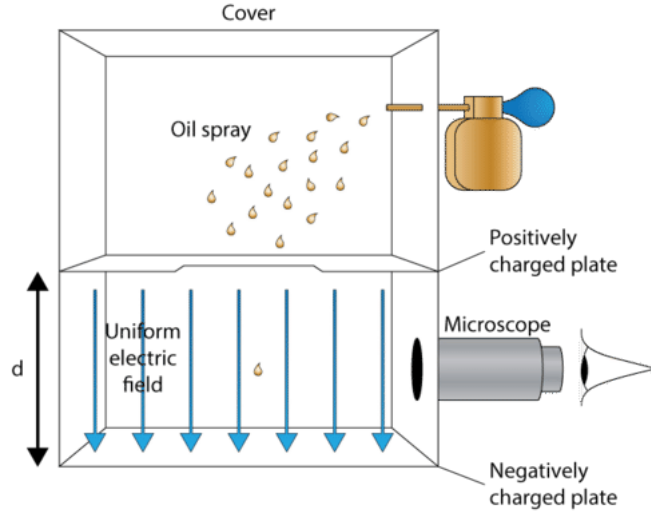
Exercice 3 : Expérience de Millikan

Une goutte d'huile de rayon $R = 2.76 \text{ } \mu\text{m}$ et de densité $\rho = 920 \text{ kg}/\text{m}^3$ est chargée avec une charge Q et maintenue en équilibre sous l'effet de son poids et d'un champ électrique uniforme dirigé vers le bas et d'amplitude $E = 1.65 \times 10^6 \text{ N/C}$.

Remarque : Robert Millikan a utilisé ce principe pour démontrer, en 1913, que la charge est quantifiée et pour mesurer la charge fondamentale, aujourd'hui établie à $|e| \approx 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ (Figure).

- Calculer la valeur et le signe de la charge Q . Exprimer le résultat en multiple de $|e|$.
- La goutte est exposée à une source émettant des électrons. On observe que la goutte bouge vers le haut avec une accélération constante $a = 13 \text{ m/s}^2$. Combien d'électrons ont-ils été capturés par la goutte ? On néglige la viscosité de l'air.

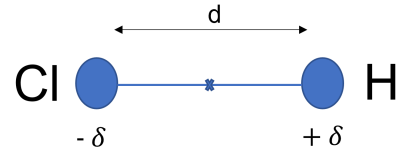
1. crédit : Dr. J. Loizu, Prof. A. Fasoli



Exercice 4

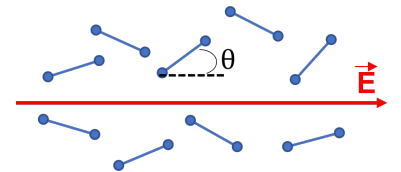
On considère un gaz formé de molécules de chlorure d'hydrogène (HCl) de masse $M = m_H + m_{Cl} \approx 6 \times 10^{-26}$ kg. Chaque molécule peut être modélisée comme un dipôle électrique avec une distance interatomique $d = 1.3 \text{ \AA}$ et une charge $\delta = 0.2e$.

- a) Calculer le champ électrique créé par l'un de ces dipôles, sur son axe. Montrer que loin du dipôle, ce champ électrique décroît comme le cube de la distance au dipôle.



On néglige l'interaction entre les dipôles, et on applique un champ électrique externe constant et d'amplitude $E = 10^3 \text{ N/C}$.

- b) Calculer l'amplitude $|\vec{p}|$ du dipôle électrique en Debye ($1 \text{ D} \simeq 3.34 \times 10^{-30} \text{ C.m}$).
- c) Calculer la force totale qui s'exerce sur un dipôle.
- d) Calculer le moment de force $\vec{\tau}$ par rapport au centre de la molécule en fonction de l'angle θ entre $\vec{E}$ et $\vec{p}$.
- e) Écrire l'équation du mouvement pour θ . *Indication* : utilisez le théorème du moment cinétique, $\frac{d\vec{L}_O}{dt} = \vec{\tau}$, où $\vec{L}_O$ est le moment cinétique d'un corps par rapport à un point O.
- f) Pour des petites valeurs de θ , en déduire la fréquence des oscillations des molécules autour de $\theta = 0$.
- g) Que faudrait-il faire pour accélérer les molécules dans la direction du champ $\vec{E}$?



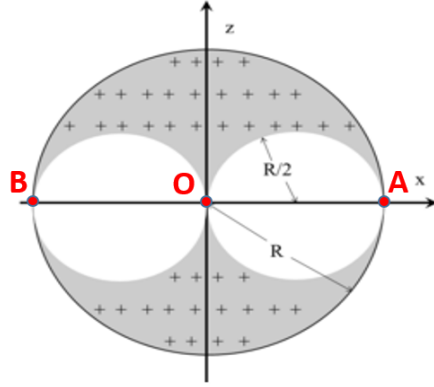
Exercice 5

On mesure un champ électrique ayant la forme $\vec{E}(x, y, z) = (ay + b)\hat{e}_y$, avec $a = 5 \text{ N/(C.m)}$ et $b = 1 \text{ N/C}$.

Déterminez la charge à l'intérieur d'un cube de côté $l = 1 \text{ cm}$, dont une face est en $y = 0$ et une en $y = l$.

Exercice 6

Une sphère de densité de charge uniforme $\rho = 10^{-4} \text{ C/m}^3$ et rayon $R = 0.1 \text{ m}$ contient deux zones sphériques sans charge à l'intérieur avec un rayon $R/2$ comme indiqué sur la figure.



Déterminer l'expression du champ électrique le long de l'axe x ($-R \leq x \leq R$) et l'évaluer en A ($x = R$), O ($x = 0$), B ($x = -R$).