

QUANTIFICATION DE LA CHARGE ELECTRIQUE (EXPERIENCE DE LA GOUTTE D'HUILE DE MILLIKAN 1911)

Il établit entre deux plaques parallèles horizontales un champ électrique E vertical qui pouvait être coupé ou établi. La plaque supérieure possédait un orifice en son centre à travers lequel pouvaient passer des gouttes d'huile produites par un atomiseur. Les gouttes se chargeaient par frottement au passage de la buse de l'atomiseur.

1- Donner l'expression de v_1 vitesse limite de chute de la goutte en l'absence de champ ($F_{\text{Stokes}} : 6\pi r \mu v$). On notera ρ_h et ρ_a les masses volumiques respectives de l'huile et de l'air. En mesurant v_1 on peut déterminer le rayon de la goutte.

2- Lors de l'application d'un champ électrique, la vitesse limite de la goutte est v_2 . On suppose que la goutte porte une charge q. Donner l'expression de q en fonction des vitesses limites v_1 et v_2 . En mesurant v_2 on obtient q.

3- En plaçant près des plaques une source de rayons X, on accroît l'ionisation de l'air d'où des modifications de charge Δq et de vitesse Δv_2 . En répétant l'expérience, on observe que Δq est un multiple entier de la charge élémentaire $e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$

En l'absence de champ électrique

A l'équilibre, la somme des forces s'exerçant sur la goutte est nulle : $\sum \vec{F} = \vec{0}$

Bilan des forces s'exerçant sur la goutte :

Poids + Poussée d'Archimède + Force de Stokes

$$\vec{P} + \vec{P}_A + \vec{F}_S = \vec{0}$$

Par projection sur un axe vertical orienté vers le bas, on obtient : $P - P_A - F_S = 0$ (1)

$$\text{avec } P = mg = \rho_h V_g g = \rho_h \frac{4}{3} \pi r^3 g \quad V_g \text{ volume de la goutte } V_g = \frac{4}{3} \pi r^3$$

la poussée d'Archimède est égale au poids du volume de fluide (air) déplacé.

$$P_A = \rho_a V_g g = \rho_a \frac{4}{3} \pi r^3 g$$

$F_S = 6\pi \mu r v_1$ avec v_1 vitesse limite de la goutte en l'absence de champ électrique

$$(1) \text{ devient } \rho_h \frac{4}{3} \pi r^3 g - \rho_a \frac{4}{3} \pi r^3 g - 6\pi \mu r v_1 \Rightarrow 6\pi \mu r v_1 = (\rho_h - \rho_a) \frac{4}{3} \pi r^3 g \Rightarrow v_1 = \frac{2r^2 \cdot g}{9\mu} (\rho_h - \rho_a)$$

La mesure de la vitesse v_1 et la connaissance des autres paramètres permet de déterminer le rayon de la goutte.

En présence d'un champ électrique

A l'équilibre, la somme des forces s'exerçant sur la goutte est nulle : $\sum \vec{F} = \vec{0}$

Bilan des forces s'exerçant sur la goutte : Poids + Poussée d'Archimède + Force de Stokes + Force électrique

$$\vec{P} + \vec{P}_A + \vec{F}_S + \vec{F}_e = \vec{0} \quad \text{La force électrique s'écrit : } \vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$$

On supposera $q > 0$ et un champ orienté du haut vers le bas.

Par projection sur un axe vertical orienté vers le bas, on obtient : $P - P_A - F_S + F_e = 0$

$$\rho_h \frac{4}{3} \pi r^3 g - \rho_a \frac{4}{3} \pi r^3 g - 6\pi \mu r v_2 + q \cdot E = 0$$

$$\text{or cf en absence de champ : } \rho_h \frac{4}{3} \pi r^3 g - \rho_a \frac{4}{3} \pi r^3 g = 6\pi \mu r v_1$$

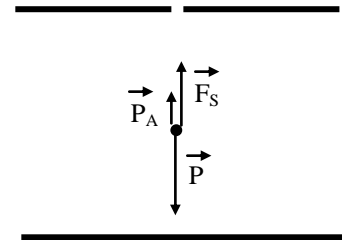
$$\text{Donc } 6\pi \mu r v_1 - 6\pi \mu r v_2 + q \cdot E = 0 \Rightarrow q = \frac{6\pi \mu r}{E} (v_2 - v_1)$$

En mesurant v_2 , on obtient q

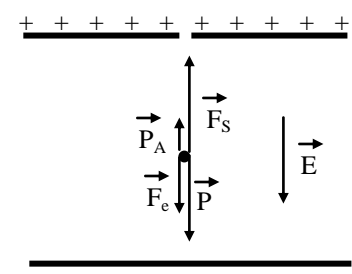
On procède différemment. On coupe et on rétablit plusieurs fois le champ électrique. La vitesse v_1 reste constante mais v_2 change de temps à autre surtout si l'on place à proximité une source de rayons X qui va ioniser l'air la goutte pouvant capter les ions.

$$\Delta q = \frac{6\pi \mu r}{E} \Delta v_2$$

En répétant plusieurs fois l'expérience avec des gouttes différentes on observe que $\Delta q = n \cdot e$



En absence de champ électrique



En présence d'un champ électrique