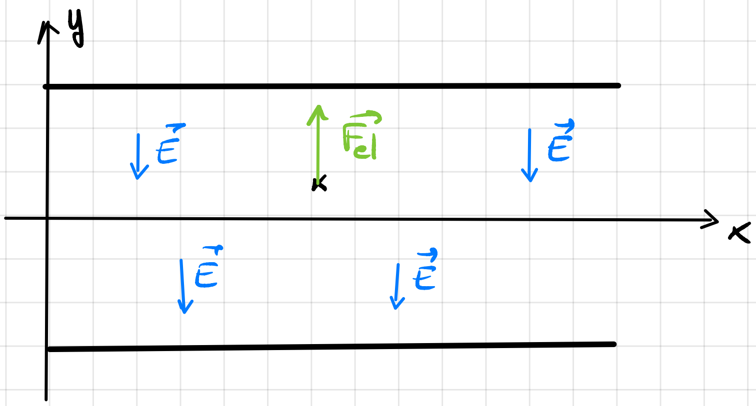
Les débuts de l'électron

1.



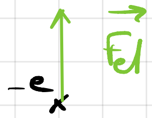
$\vec{F_{el}} = -e\vec{E}$ donc $\vec{F_{el}}$ et $\vec{E}$ sont deux vecteurs colinéaires de sens opposés

2. Système = { électron }

Référentiel = { terrestre supposé galiléen }

Interactions : * syst – $\vec{E}$: $\vec{F_{el}} = -e\vec{E}$

* Syst – $\vec{g}$: négligée



Deuxième loi de Newton : $m\vec{a} = -e\vec{E} \iff \vec{a} = -\frac{e}{m}\vec{E}$

Projections : $\vec{a}\begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix}$ $\quad \vec{E}\begin{pmatrix} 0 \\ -E \\ 0 \end{pmatrix}$

donc $\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -\frac{e}{m}(-E) = \frac{eE}{m} \\ a_z = 0 \end{cases}$

- $a_x = 0$: Pas de mvt ou mvt uniforme (rectiligne)
- $a_y = \frac{eE}{m}$: Mvt uniformément accéléré
- $a_z = 0$: Pas de mvt ou mvt uniforme (rectiligne)

Remarque : $a_x > 0$ comme attendu (puisque la déviation s'effectue vers le haut).

$a_x = \frac{dv_x}{dt} = 0 \Rightarrow v_x(t) = A$

$a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{eE}{m} \Rightarrow v_y(t) = \frac{eE}{m}t + B$

$a_z = \frac{dv_z}{dt} = 0 \Rightarrow v_z(t) = C$

Constantes

Cdt° initiales $\quad \vec{v_0}\begin{pmatrix} v_0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$

$v_x(0) = A = v_0$

$v_y(0) = \frac{eE}{m} \times 0 + B = 0 \Rightarrow B = 0$

$v_z(0) = C = 0$

$v_x(t) = v_0$ mvt uniforme

$v_y(t) = \frac{eE}{m} t$

$v_z(t) = 0$ pas de mvt

Le mouvement s'effectue dans le plan (Oxy)

$v_x = \frac{dx}{dt} = v_0 \Rightarrow x(t) = v_0 t + D$

$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{eE}{m} t \Rightarrow y(t) = \frac{1}{2}\frac{eE}{m} t^2 + E$

Constantes

Cdt initiales

$x(0) = v_0 \times 0 + D = 0 \Rightarrow D = 0$

$y(0) = \frac{1}{2}\frac{eE}{m} \times 0^2 + E = 0 \Rightarrow E = 0$

$x(t) = v_0 t$

$y(t) = \frac{1}{2}\frac{eE}{m} t^2$

3. Trajectoire $t = \frac{x}{v_0}$ donc $y(x) = \frac{1}{2}\frac{eE}{m}\left(\frac{x}{v_0}\right)^2 \Leftrightarrow y = \frac{eE}{2mv_0^2} x^2$

4. À partir de l'équation de la trajectoire on peut écrire

$\frac{e}{m} = \frac{2v_0^2 y}{Ex^2}$ Cette relation est valable pour tous les points sur la trajectoire, en particulier pour $S\begin{pmatrix} L \\ y_S \\ 0 \end{pmatrix}$

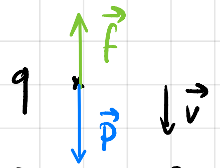
$\frac{e}{m} = \frac{2v_0^2 y_S}{EL^2}$ AN $\frac{e}{m} = \frac{2 \times (2{,}4 \times 10^7)^2 \times 2{,}0 \times 10^{-2}}{1{,}6 \times 10^4 \times (9{,}0 \times 10^{-2})^2} = 1{,}77 \times 10^{11}\ C.kg^{-1}$

5.

$$u\left(\frac{e}{m_e}\right) = 1{,}77 \times 10^{11} \sqrt{\left(\frac{0{,}01}{1{,}60}\right)^2 + \left(\frac{0{,}05}{2{,}00}\right)^2 + 4\left(\frac{0{,}05}{9{,}00}\right)^2 + 4\left(\frac{0{,}02}{2{,}40}\right)^2}$$

$$= 5{,}778 \times 10^9\ C.kg^{-1}$$

$$\frac{e}{m} = (1{,}77 \pm 0{,}06) \times 10^{11}\ C.kg^{-1}$$

6.  Mvt rectiligne et uniforme $\Rightarrow \vec{a} = \vec{0}$ et $\vec{P} + \vec{f} = \vec{0}$

7. $\vec{P} + \vec{f} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{P} = -\vec{f} \Rightarrow P = f \Leftrightarrow mg = 6\pi\eta r v_1$

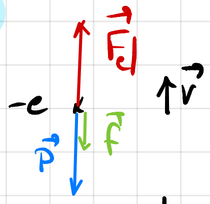
donc $v_1 = \dfrac{mg}{6\pi\eta r}$

$\rho = \dfrac{m}{V} \Leftrightarrow m = \rho V = \rho \frac{4}{3}\pi r^3$ donc $v_1 = \dfrac{\rho \frac{4}{3}\pi r^3 g}{6\pi\eta r}$

On a bien $v_1 = \dfrac{2}{9}\dfrac{\rho r^2 g}{\eta}$

8. $r = \sqrt{\dfrac{9\eta v_1}{2\rho g}}$ AN $r = \sqrt{\dfrac{9 \times 1{,}8 \times 10^{-5} \times 2{,}11 \times 10^{-3}}{10{,}0 \times 2 \times 890 \times 9{,}8}} = 1{,}4 \times 10^{-6}$ m

9. v_1 est proportionnelle au carré du rayon de la goutte. Si la valeur de v_1 ne doit pas être trop grande, il faut sélectionner de petites gouttes.

10.  Mvt rectiligne et uniforme donc $\vec{a} = \vec{0}$ et $\vec{P} + \vec{f} + \vec{F_{el}} = \vec{0}$

$\Leftrightarrow \vec{P} + \vec{f} = -\vec{F_{el}} = q\vec{E} \Rightarrow P + f = \underbrace{-qE}_{>0}$ puisque les vecteur sont colinéaires et de même sens.

$mg + 6\pi\eta r v_2 = -qE \Leftrightarrow v_2 = \dfrac{-qE - mg}{6\pi\eta r} \Leftrightarrow v_2 = -\dfrac{qE + mg}{6\pi\eta r}$

11. $qE = -mg - 6\pi\eta r v_2$ or, à la question 6. on a montré que $mg = 6\pi\eta r v_1$

donc $qE = -6\pi\eta r v_1 - 6\pi\eta r v_2$ ou $q = -\dfrac{6\pi\eta r}{E}(v_1 + v_2)$

12. Si les gouttes ont la même vitesse de descente, elles ont le même rayon. (7.)

Leurs vitesses de remontée sont différentes car elles ne portent pas la même charge.

13. $\dfrac{6{,}4 \times 10^{-19}}{1{,}6 \times 10^{-19}} = 4$ $\quad \dfrac{8{,}0 \times 10^{-19}}{1{,}6 \times 10^{-19}} = 5$ $\quad \dfrac{9{,}6 \times 10^{-19}}{1{,}6 \times 10^{-19}} = 6$