

TD – Électrostatique : champ \vec{E} et potentiel V

Remarque : exercice avec \star : exercice particulièrement important, à maîtriser en priorité (de même que les exemples de questions de cours des “ce qu’il faut savoir faire”) | $[\bullet \circ \circ]$: difficulté des exercices

I Vrai-faux / questions courtes

\star | $[\bullet \circ \circ]$

- 1 - (V/F) Un électron dans un champ électrostatique subit une force dont le sens est celui du champ.
- 2 - Calculer l’ordre de grandeur de la force électrique exercée par un noyau sur un électron (voir données fiche début de chapitre, et on prendra $r \sim 10^{-10}$ m).
Faire de même avec la force de gravitation exercée par le noyau sur l’électron.
Comparer les deux.
- 3 - (V/F) Une valeur de potentiel n’a pas de sens physique. Seules les différences de potentiel comptent.
- 4 - (V/F) Le champ électrostatique est orienté selon les potentiels descendants.

II Calcul de la charge totale liée à une densité de charges

$[\bullet \circ \circ]$

La théorie quantique permet de montrer que la densité volumique de charge du nuage électronique d’un atome s’écrit dans certains cas $\rho(r) = Ar^{-n}$ (pour $r > a$, avec a rayon du noyau). On note Z le numéro atomique de l’atome. L’atome est neutre.

On donne l’élément de volume en coordonnées sphériques : $dV = r^2 \sin \theta dr d\theta d\varphi$.

- 1 - Donner l’expression de la charge totale portée par le nuage électronique. On montrera d’ailleurs qu’il faut que $n > 3$.

III Symétries du champ, tracé de lignes de champ et d’équipotentiellles

\star | $[\bullet \circ \circ]$

- 1 - Tracer les plans de symétrie et d’antisymétrie de cette distribution de charges.



- 2 - Quels sont les plans qui contiennent \vec{E} ?
Ceux auxquels \vec{E} est orthogonal? Tracer des exemples.

- 3 - Tracer ensuite l’allure de quelques équipotentiellles et lignes de champ.



IV Calcul de flux et de circulation du champ \vec{E}

\star | $[\bullet \circ \circ]$

(à chaque fois, on posera le problème en faisant un schéma!)

- 1 - Coordonnées polaires. Calculer la circulation du vecteur \vec{e}_θ sur le contour constitué du demi-cercle de rayon R centré en O et allant de $\theta = 0$ à $\theta = \pi$.
Quel est le résultat pour θ allant de 0 à 2π (tour complet)?
- 2 - Calculer le flux de $\vec{E} = E_0 \vec{e}_z$ ($E_0 = \text{cst}$) à travers la surface du cylindre de rayon R , hauteur L , et axe z .
- 3 - Même question pour le champ $\vec{E} = E_0 \vec{e}_r$ ($E_0 = \text{cst}$, coordonnées cylindriques d’axe z).

V Énergie potentielle électrostatique et accélération d'une charge ★ | [●○ ○]

Afin d'accélérer des particules chargées dans un accélérateur de particules, une méthode consiste à les placer dans un champ électrique \vec{E} . Ce champ est créé par deux plaques (deux électrodes), séparées d'une distance d . On suppose que le champ est uniforme entre les deux plaques. On considère un électron. Il est émis au niveau de la plaque supérieure, dont le potentiel est $V = 0$, et accéléré jusqu'à la plaque inférieure, dont le potentiel est V_0 . Sa vitesse initiale est négligeable devant sa vitesse finale.

- 1 - a - Quel doit être le sens du champ électrique pour que l'électron soit accéléré vers la plaque du bas ?
Quel doit donc être le signe de V_0 ?
b - La distance séparant les plaques est $d = 10$ cm. On veut que la différence de potentiel soit de 1.0 V.
Que doit valoir le champ électrique ?
- 2 - a - Donner l'expression de l'énergie mécanique de l'électron.
En déduire l'expression de la vitesse de l'électron au niveau de la plaque inférieure, après avoir parcouru la distance d .
b - Application numérique pour $V_0 = 1.0$ V.

Données : masse d'un électron $m_e = 9.109 \times 10^{-31}$ kg, charge élémentaire $e = 1.602 \times 10^{-19}$ C.