

Contrôle continu – Épreuve du 22 novembre 2012

Durée : 1h15 Calculatrice et documents autorisés

Question de cours

Analyser en détail les propriétés de symétrie des distributions de charges suivantes :



2 charges identiques



disque épais chargé négativement

- Pour chaque invariance mise en évidence, vous indiquerez explicitement quelles sont les conséquences :
 - sur les variables dont dépendent le champ électrique et le potentiel,
 - sur les composantes du champ électrique créé par ces distributions de charge.
- Tracer les lignes de champ de $\vec{E}(\vec{r})$ ainsi que les surfaces équipotentielles

Problème

On considère un modèle atomique simple : une charge ponctuelle $Q_+ = Ze$, positive (où e est la charge élémentaire $e \approx 1.602 \cdot 10^{-19}$ C) centrée sur l'origine O et entourée de la distribution de charge négative suivante :

$$\rho_-(r) = \begin{cases} 0 & \text{pour } r < a \\ \frac{A}{r^5} & \text{pour } r > a \end{cases}$$

- 1.1
- Que représente la charge centrale Q_+ ?
 - Quelle est la signification physique de Z ?
 - Que représente la distribution de charge négative $\rho_-(r)$?
 - Représenter schématiquement l'allure de la courbe $\rho_-(r)$.
 - Donner l'ordre de grandeur de a .
 - Pourquoi peut-on assimiler Q_+ à une charge ponctuelle ?

On s'intéresse dans un premier temps à la distribution de charge négative $\rho_-(r)$.

- 1.2 Établir **en détail** la liste des propriétés d'invariance de la distribution de charge.
- 1.3 Donner l'expression de la charge $dq(r)$ contenue dans une coquille sphérique centrée sur O , de rayon r et d'épaisseur dr .
- 1.4 Déterminer la charge $Q_-(r)$ contenue dans une sphère de rayon r centrée sur O .
En déduire la charge totale Q_- associée à $\rho_-(r)$.
- 1.5 En prenant en compte la neutralité de l'atome, déterminer la valeur de la constante A .

On veut maintenant déterminer les champ et potentiel électrostatiques créés par **l'atome entier**.

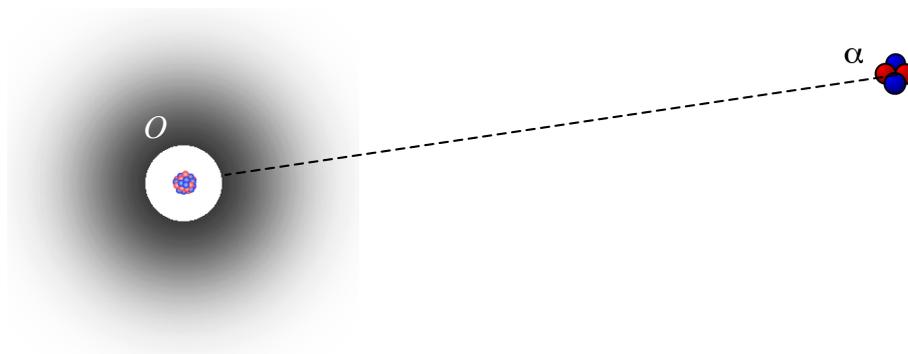
- 1.6 À partir des propriétés de symétries de la distribution de charges, déterminer les composantes du champ électrique \vec{E} ainsi que les variables dont il dépend.
- 1.7 Rappeler le théorème de Gauss (forme intégrale) et donner son expression locale.
- 1.8 Quelle est la charge totale contenue dans une sphère de rayon r centrée sur O ?
- 1.9 Calculer le champ électrique $\vec{E}(\vec{r})$ en tout point de l'espace (sauf en O)
- 1.10 Quelle est la relation liant le potentiel V au champ électrique \vec{E} ?

On prendra le potentiel comme étant nul à l'infini.

- 1.11 Donner l'expression du potentiel $V_{r \geq a}$ pour $r \geq a$.
- 1.12 Que doivent vérifier $V_{r \geq a}$ et $V_{r \leq a}$ pour $r = a$.
- 1.13 En déduire l'expression du potentiel $V_{r \leq a}$ pour $r \leq a$.

On envoie depuis l'infini des particules α constituées de deux protons et deux neutrons combinés en une particule identique au noyau d'hélium. On ajuste leur énergie cinétique $E_c(\infty)$ de telle sorte que les particules α s'arrêtent à la distance a du centre de l'atome.

- 1.14 Établir l'expression de l'énergie potentielle $E_p(r)$ d'une particule α en interaction avec l'atome précédemment étudié.



- 1.15 Sur un même graphe, tracer schématiquement l'allure des courbes représentant respectivement les énergies potentielle, mécanique (on supposera que celle-ci se conserve), et cinétique de la particule α .
- 1.16 En utilisant la conservation de l'énergie mécanique, établir la relation entre a et $E_c(\infty)$.
- 1.17 On bombarde des atomes de Néon ($Z=10$) avec des particules α d'énergie cinétique initiale $E_c(\infty)=200$ eV. En déduire la valeur de a . Commentez.