

3. Force électrostatique – forte ou faible? Répulsion électrique de 2 protons dans l'Hélium

- a) Quelle est la force de répulsion entre les 2 protons dans un noyau d'hélium? (distance ~ 1 fm; $4\pi \cdot \epsilon_0 = 4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \approx 10^{-10} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$) ?
- b) Est-ce que la force en question est petite ou grande? Trouvez une comparaison illustrative !

Solution

$$a) F \approx \frac{(1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2}{(10^{-10} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2)(10^{-15} \text{ m})^2} = 1,6^2 \cdot 10^{-38+10+30} \frac{\text{C}^2}{\text{C}^2 \text{ m}^2 / \text{Nm}^2} \approx 2,5 \cdot 10^2 \text{ N} = 250 \text{ N} .$$

b) Cela signifie que la force de répulsion entre les 2 protons dans un noyau d'hélium – particules élémentaires de nature extrêmement *microscopique* – correspond à la pesanteur d'un objet *macroscopique* de quelques 25 kg (25 l d'eau, un berger allemand, enfant de 8 ans). C'est gigantesque !

Commentaires³

Du point de vue didactique, les caractéristiques suivantes peuvent être mentionnées :

- a) Avec « Force électrostatique – forte ou faible? Un Coulomb » l'exercice présent peut-être utilisé comme 2e application (ou exercice analogique) pour de la taille surprenante de la force de Coulomb.⁴
- b) Si on veut, on peut poser l'exercice sous une forme un plus ouverte en faisant de la distance p-p l'objet d'une recherche indépendante de la part des élèves (« Recherchez les dimensions d'un noyau d'hélium dans une source fiable (n'oubliez pas de donner la référence) »).
- c) Pour la comparaison illustrative (de la valeur trouvée) comme élément essentiel de la transposition didactique : cf. aussi l'exercice « Force électrostatique – forte ou faible? Un Coulomb »
- d) Pour la valeur du savoir par cœur aussi en sciences (p. ex. des constantes naturelles, le cas échéant sous une forme utile, comme ici $4\pi \cdot \epsilon_0$) : cf. aussi l'exercice « Force électrostatique – forte ou faible? Un Coulomb ».

Problème de Fermi proposé par le prof. A. Mueller dans le cadre de Expériment@I de la
Faculté des Sciences de l'Université de Genève
<http://experimental.unige.ch/>

³ Un commentaire est, le cas échéant, répété pour des exercices Fermi différents, pour le rendre compréhensible à un lecteur qui n'aurait pas lu les autres exemples.

⁴ En psychologie cognitive, il a été établi empiriquement que le fait de faire travailler deux exemples (au lieu d'un seul) a des effets très importants pour l'apprentissage .