

Interactions fondamentales

Exercice 1

Déterminer les valeurs des interactions gravitationnelles et électriques qui existent entre le noyau d'un atome d'hydrogène 1_1H et son électron.

Indiquer laquelle de ces interactions assure la cohésion de la matière à l'échelle atomique.

Données:

- ✘ masse du proton : $m_p = 1,673 \times 10^{-27}$ kg.
- ✘ masse du neutron : $m_n = 1,675 \times 10^{-27}$ kg.
- ✘ masse de l'électron : $m_e = 9,109 \times 10^{-31}$ kg.
- ✘ charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C.
- ✘ constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N.m².kg⁻².
- ✘ $k = 9,0 \times 10^9$ N.m².C⁻².
- ✘ distance moyenne noyau électron de l'atome d'hydrogène: $d = 53,0$ pm.

Exercice 2

Soit un noyau d'hélium 4_2He (2 protons, 2 neutrons). Déterminer la valeur des interactions gravitationnelles et électriques qui existent entre les différentes particules de ce noyau (on considérera qu'en moyenne, deux protons sont séparés par un neutron).

Indiquer laquelle de ces interactions assure la cohésion de la matière à l'échelle atomique.

Données:

- ✘ masse du proton : $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$ kg.
- ✘ masse du neutron : $m_n = 1,67 \times 10^{-27}$ kg.
- ✘ masse de l'électron : $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$ kg.
- ✘ charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C.
- ✘ constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N.m².kg⁻².
- ✘ $k = 9,0 \times 10^9$ N.m².C⁻².
- ✘ rayon du nucléon: $r = 1,2 \times 10^{-15}$ m.

Exercice 3 :

Une particule α (alpha) est un noyau d'hélium 4_2He . Deux particules α sont séparées d'une distance d . La valeur des forces électrostatiques, dues à l'interaction électromagnétique, qui s'exercent alors entre ces particules α pour expression :

$$F_e = k \times |q_1 \times q_2| / d^2$$

k est une constante, q_1 et q_2 sont les charges des deux particules en interaction exprimées en coulomb et d est la distance qui les sépare exprimée en mètre.

1. a. Les forces gravitationnelles s'exerçant entre deux masses sont-elles attractives ou répulsives?
b. Sans souci d'échelle, schématiser les forces gravitationnelles entre deux particules α .
2. a. Que peut-on dire des signes des charges électriques des particules α ?
b. Les forces électrostatiques s'exerçant entre ces deux particules sont-elles attractives ou répulsives?
c. Sans souci d'échelle, schématiser les forces électrostatiques entre deux particules α .
3. a. On note F_g la valeur des forces gravitationnelles entre ces particules α . Exprimer F_g en fonction de G , m_p , m_n et d .
b. Exprimer F_e en fonction de k , e et d .
c. Exprimer et calculer le rapport F_e / F_g .
d. Que peut-on en conclure?

Données:

- ✘ masse du proton : $m_p = 1,7 \times 10^{-27}$ kg.
- ✘ masse du neutron : $m_n = 1,7 \times 10^{-27}$ kg.
- ✘ charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C.
- ✘ $k = 9,0 \times 10^9$ N.m².C⁻².
- ✘ constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N.m².kg⁻².

Exercice 4 :

Si vous vous teniez à un bras de distance de quelqu'un et que chacun de vous ait un pour cent d'électrons de plus que de protons, la force de répulsion serait incroyable. De quelle grandeur? Suffisante pour soulever l'Empire State Building? Non! Pour soulever le Mont Everest? Non! La répulsion serait suffisante pour soulever une masse égale à celle de la Terre entière!

D'après Richard FEYNMAN.

1. Quelle est l'interaction évoquée par FEYNMAN?
2. La situation décrite par FEYNMAN peut être modélisée par deux corps ponctuels, de charge $q_1 = q_2 = -6,7 \times 10^7 C$, distants de $d=60\text{cm}$.
Calculer la valeur des forces électrostatiques qu'exerceraient l'un sur l'autre les deux corps ponctuels dans la situation décrite par FEYNMAN.
3. Calculer le poids qu'aurait un objet si sa masse était égale à celle de la Terre.
4. Comparer les ordres de grandeur des valeurs de ces deux forces. La dernière phrase du texte ci-dessus est-elle justifiée?

Données:

- ✘ masse de la Terre : $m_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$.
- ✘ intensité de la pesanteur de la Terre : $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$.
- ✘ $k=9,0 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$.

Exercice 5 :

Dans l'expérience historique de Robert Millikan (1911), une goutte d'huile de masse $m_g=0,87\mu\text{g}$ et de charge $q=-10e$ tombe sous l'effet de la seule pesanteur.

1. Calculer la norme de la force gravitationnelle s'exerçant sur la goutte.
2. Dans une seconde phase de l'expérience, la goutte subit en outre une force électrostatique verticale dirigée vers le haut, de norme $F_e=4,3 \times 10^{-9}\text{N}$.
 - a. Pourquoi la goutte descend-elle encore dans cette phase?
 - b. Quelle devrait être la valeur de la charge de la goutte pour qu'elle remonte?

Données:

- ✘ charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.
- ✘ masse de la Terre : $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$
- ✘ rayon de la Terre : $R_T = 6,37 \times 10^3 \text{ km}$
- ✘ $k=9,0 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$.
- ✘ constante de gravitation universelle : $G=6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$.

Exercice 6 :

Le sel de table, ou chlorure de sodium, est un arrangement ordonné (un cristal) d'ions chlorure Cl^- et sodium Na^+ . La plus petite distance entre un ion Cl^- et un ion Na^+ est $d_{PN}=278 \text{ pm}$. Elle vaut $d_{NN}=393 \text{ pm}$ entre deux ions Cl^- et $d_{PP}=393 \text{ pm}$ entre deux ions Na^+ .

1. Indiquer la composition (nombre de protons, de neutrons et d'électrons) de l'ion Cl^- et de l'ion Na^+ .
2. Calculer la norme de la force gravitationnelle s'exerçant entre :
 - a. deux ions Cl^- plus proches voisins.
 - b. deux ions Na^+ plus proches voisins.
 - c. un ion Na^+ et un ion Cl^- plus proches voisins.

3. Mêmes questions pour la force électrostatique.
4. Dans chacun des cas, préciser s'il s'agit d'une force attractive ou répulsive.
5. Quelle(s) force(s) assure(nt) la cohésion du cristal ionique?

Données:

- ✘ symbole de l'ion chlorure : ${}^{35}_{17}\text{Cl}$.
- ✘ symbole de l'ion sodium : ${}^{23}_{11}\text{Na}$.
- ✘ masse du nucléon: $m_n = 1,67 \times 10^{-27}$ kg.
- ✘ masse de l'électron: négligeable devant la masse du nucléon.
- ✘ charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C.
- ✘ constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N.m².kg⁻².
- ✘ $k = 9,0 \times 10^9$ N.m².C⁻².

Exercice 7 :

La charge élémentaire a été mesurée pour la première fois en 1909 par Millikan en observant le comportement de diverses gouttelettes d'huile différemment chargées. Nous considérons ici deux gouttelettes de $1,0 \mu\text{m}$ de diamètre portant chacune quatre électrons.

1. Quelle est la nature de l'interaction existant entre les gouttelettes?
2. Dans quelle direction s'exerce-t-elle?
3. Cette interaction est attractive? répulsive? Justifier.
4. Donner l'expression littérale de la valeur de la force F qui s'exerce entre les deux gouttelettes.
5. Calculer la valeur de F si ces gouttelettes sont distantes de $1,0 \text{ mm}$.
6. Pourquoi l'interaction faible n'est-elle pas également à prendre en compte?
7. Si ces particules avaient la même masse m, quelle devrait être l'ordre de grandeur de cette masse pour que l'interaction gravitationnelle soit du même ordre de grandeur que la force F de la question 5 ?
8. Cette valeur vous paraît-elle plausible par rapport à la dimension de ces particules?

Données:

- ✘ charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C.
- ✘ constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N.m².kg⁻².
- ✘ Constante de la loi de Coulomb : $k = 9,0 \times 10^9$ N.m².C⁻².