

EXERCICES CH.4 : STRUCTURE DE L'UNIVERS

1 Échelle de grandeur dans l'Univers

1. Si on représente la terre par une petite sphère de 0,5 mm de diamètre, quelle serait la taille du Soleil à cette échelle ?

2. Où devrait se situer Pluton ?

3. Où serait l'étoile la plus proche, Proxima du centaure ?

Faire les calculs en programmant correctement un tableur pour qu'il puisse directement afficher la valeur à l'échelle (dans un multiple adéquat) selon la valeur entrée, en km, en UA et en année-lumière

Données :

1 UA : $150 \cdot 10^6$ km 1 année-lumière : $9,5 \cdot 10^{12}$ km
 Diamètre de la Terre : 12800 km Diamètre du Soleil : 1.400.000 km
 Distance Soleil-Pluton : 40 UA
 Distance Soleil-Proxima du centaure : 4 années-lumière

2 Échelle de grandeur de l'atome

1. Combien d'atomes faut-il mettre bout à bout pour avoir le diamètre d'un cheveu, soit $50 \mu\text{m}$?

2. Si on représente le noyau d'un atome d'hydrogène par une sphère de 1 cm de diamètre, quelle serait la taille de l'atome à la même échelle ?

Donnée :

Ordre de grandeur du diamètre d'un atome : 10^{-10} m
 Ordre de grandeur du diamètre d'un noyau : 10^{-15} m

3 La mole

La mole est définie de la façon suivante : c'est le nombre d'atome de ^{12}C qu'il y a dans 12,0 g de ^{12}C . Ce nombre est appelé le nombre d'Avogadro.

Données :

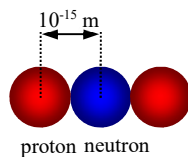
- Masse d'un atome de ^{12}C : $m_C = 1,993 \cdot 10^{-26}$ kg
- Masse du proton : $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27}$ kg
- Masse du neutron : $m_n = 1,676 \cdot 10^{-27}$ kg
- Masse de l'électron : $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31}$ kg
- Nombre d'Avogadro : $6,022 \cdot 10^{23}$ mol $^{-1}$

1. Retrouver par le calcul la valeur du nombre d'Avogadro à l'aide de la masse d'un atome de ^{12}C et de la définition de la mole.

2. Calculer la masse d'un atome de ^{12}C à partir de la somme des masses des particules qui le constituent. Que constate-t-on d'étonnant ?

4 Stabilité du noyau

La cohésion du noyau peut-elle s'expliquer par l'interaction gravitationnelle entre un proton et un neutron qui compenserait la répulsion électrique entre deux protons ?



$$\text{Attraction gravitationnelle : } F_{A/B} = F_{B/A} = \frac{G \cdot m_A \cdot m_B}{d^2}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ S.I}$$

$$\text{Interaction électromagnétique : } F_{A/B} = F_{B/A} = \frac{k \cdot q_A \cdot q_B}{d^2}$$

$$k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ S.I}$$

5 Interaction électromagnétique

Si vous vous teniez à un bras de distance de quelqu'un et que chacun de vous ait 1 % d'électrons de plus que de protons, la force de répulsion serait incroyable. De quelle grandeur ? Suffisante pour soulever l'Empire State Building ? Non ! Suffisante pour soulever le Mont Everest ? Non ! La répulsion serait suffisante pour soulever une masse égale à la Terre entière !

Richard Feynman

En faisant les approximations nécessaires, vérifier cette affirmation.

Données :

Le corps humain contient à 65 % (en masse) l'élément oxygène, à 18 % l'élément carbone et à 10 % l'élément hydrogène.

Les isotopes les plus courants (et de très loin) de ces éléments sont : ^{16}O , ^{12}C et ^1H .

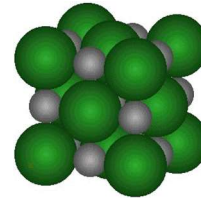
Nombre d'Avogadro : $6,0 \cdot 10^{23}$ mol $^{-1}$.

La masse de la Terre est d'environ $6,0 \cdot 10^{24}$ kg.

Intensité de la pesanteur : $g \cong 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

6 Cohésion du chlorure de sodium

Un cristal de chlorure de sodium est composé d'ions Na^+ (en gris) et d'ions Cl^- (en vers).



Représentation d'un cristal de chlorure de sodium

La distance entre deux ions Na^+ est la même que la distance entre deux ions Cl^- : 0,40 nm.

La distance entre un ion Na^+ et un ion Cl^- est de 0,28 nm.

1. En assimilant les ions à des corps ponctuels, calculer la valeur des forces s'exerçant entre :

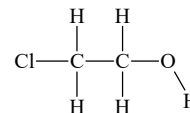
- a. Deux ions Na^+ ;
- b. Deux ions Cl^- ;
- c. Un ion Na^+ et un ion Cl^- .

2. Justifier la cohésion du cristal de chlorure de sodium.

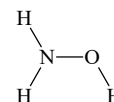
7 Cohésion des solides moléculaires

Données : $\chi(\text{H}) = 2,2$; $\chi(\text{C}) = 2,6$; $\chi(\text{N}) = 3,0$; $\chi(\text{O}) = 3,4$; $\chi(\text{Cl}) = 3,2$

1. La molécule de 2-chloroéthanol représentée ci-dessous comporte-t-elle des liaisons polarisées ? Lesquelles ?



2. La molécule d'hydroxylamine représentée ci-dessous peut-elle former des liaisons hydrogène avec elle-même ? Si oui, représenter les liaisons hydrogène qui peuvent s'établir entre deux molécules.



Correction

Ex. 1

L'exercice est à faire sur un tableur.

Voici les réponses :

1. Le soleil : 54,7 mm de diamètre
2. Pluton : 234 m
3. Proxima du Centaure : 1484 km

Ex. 2

1. Il en faut $50 \cdot 10^{-6} / 10^{-10}$ soit environ 500.000.
2. Taille de l'atome à cette échelle : $1 \text{ cm} \times 10^{-10} / 10^{-15} = 1 \text{ km}$

Ex. 3

1. $N = 12 \cdot 10^{-3} \text{ kg} / 1,993 \cdot 10^{-26} \text{ kg} = 6,02 \cdot 10^{23}$
2. $6 \times m_n + 6 \times m_p + 6 \times m_e = 2,010 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$. La masse d'un atome de carbone est plus petit que la somme des masses des particules qui le constituent.

Ex. 4

Attraction gravitationnelle entre un proton et un neutron, dont le centre est distant de 10^{-15} m : $F_g = 1,9 \cdot 10^{-34} \text{ N}$

Répulsion électrique entre deux protons distants de $2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$: $F_e = 58 \text{ N}$.

On voit donc que l'attraction gravitationnelle est complètement négligeable devant la répulsion électrique. Elle ne permet donc pas d'expliquer pourquoi les nucléons restent ensemble dans le noyau.

Ex. 5

• Il s'agit d'abord d'estimer le nombre d'électrons, et donc de protons, que contient un corps humain.

Un corps de 70 kg contient 45,5 kg d'oxygène, 12,6 kg de carbone et 7 kg d'hydrogène.

Soit, en quantité de matière : 2,8 kmol de O ; 1,1 kmol de C et 7 kmol de H.

Cela représente une quantité de protons de $2,8 \times 8 + 1,1 \times 6 + 7 = 36 \text{ kmol}$
Soit $36 \cdot 10^3 \times 6,0 \cdot 10^{23} = 2,2 \cdot 10^{28}$ protons (et autant d'électrons).

• Une différence de 1% entre le nombre de protons et le nombre d'électrons correspond à 1% de $2,2 \cdot 10^{28}$ soit $2,2 \cdot 10^{26}$ électrons (en plus ou en moins).

• La charge électrique qui est résulte serait de $2,2 \cdot 10^{26} \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 3,5 \cdot 10^7 \text{ C}$

• La force électrique entre deux objets ayant cette charge et distant d'un bras (disons, 0,7 m), serait de : $F = 9 \cdot 10^9 \times (3,5 \cdot 10^7)^2 / 0,7^2 = 2,3 \cdot 10^{25} \text{ N}$

• D'autre part, le poids d'un objet ayant la masse de la terre serait de $P = m \cdot g = 6 \cdot 10^{24} \times 10 = 6 \cdot 10^{25} \text{ N}$

Conclusion : on voit donc que l'affirmation n'est pas tout à fait vraie, néanmoins, il s'agit bien de deux forces du même ordre de grandeur !

Ex. 6

1. Entre deux ions Na^+ : $F = 1,44 \cdot 10^{-9} \text{ N}$ (répulsive)

Entre deux ions Cl^- : $F = 1,44 \cdot 10^{-9} \text{ N}$ (répulsive)

Entre un ion Cl^- et un ion Na^+ : $F = 2,95 \cdot 10^{-9} \text{ N}$

2. Les forces de répulsion entre deux ions de même nature sont plus faible que les forces de répulsion entre des ions de charge opposée, d'où la cohésion du cristal.