

Ch05 T2 Interactions fondamentales

E. Machefer

10 janvier 2024

0 Notions

PROF :NOPRES

- Charge électrique, interaction électrostatique, influence électrostatique
 - Interpréter des expériences mettant en jeu l'interaction électrostatique
- Loi de Coulomb
 - Utiliser la loi de Coulomb
 - Citer les analogies entre la loi de Coulomb et la loi d'interaction gravitationnelle
- Force de gravitation et champ de gravitation, force électrostatique et champ électrostatique
 - Utiliser es expressions vectorielles :
 - de la force et du champ de gravitation
 - de la force et du champ électrostatique
 - Caractériser localement une ligne de champ électrostatique ou de gravitation
 - Illustrer l'interaction électrostatique. Cartographier un champ électrostatique.

0 Rappels de seconde

0.0 Test de connaissances

Question	A	B	C
1 Une interaction est modélisée par	des forces	des vitesses	des longueurs
2 La norme d'une force s'exprime en	joule (J)	kilogramme (kg)	newton (N)
3 La valeur d'une charge électrique s'exprime en	ampère (A)	coulomb (C)	volt (V)
4 Un électron porte une charge électrique	positive	négative	neutre
5 La force de gravitation est	dépendante de la masse	répulsive	attractive

0.0 Action mécanique

- Un **système** est un objet (ou ensemble), modélisé par un point
- L'**action mécanique** qu'il subit est modélisé par une **force**, représentée par un vecteur dont la norme est exprimée en **newton** (N)
- Si un système est soumis à plusieurs forces dont la somme est \vec{F}_{tot} :
 - si $\vec{F}_{tot} = \vec{0}$ alors le système est à l'équilibre (**principe d'inertie** ou première loi de Newton)
 - si $\vec{F}_{tot} \neq \vec{0}$ alors le système n'est pas à l'équilibre, et la vitesse du système varie dans le sens de \vec{F}_{tot}

0.0 Lois de Newton

- Première loi ou principe d'inertie :
Tout corps soumis à une résultante des forces nulle poursuit dans son mouvement rectiligne et uniforme.
- Seconde loi de Newton : *Hors programme*
- Troisième loi de Newton ou principe des actions réciproques : Tout corps A exerçant une

force sur un corps B subit une force d'intensité égale, de même direction mais de sens opposé, exercée par le corps B.

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

0.0 Exercice : Puissances de dix

Exercice 1.

Sans calculatrice, effectuer les calculs suivants, exprimer le résultat avec l'écriture scientifique :

- $A = \frac{32 \times 10^{-7} \times 3,7 \times 10^{-4}}{16 \times 10^{-8}}$
- $B = \frac{24 \times 10^{-15}}{0,6 \times 10^{-4}}$
- $C = 9,0 \times 10^9 \times \frac{(8,0 \times 10^{-19})^2}{(3,0 \times 10^{-10})^2}$
- $D = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{10 \times 10^{-31} \times 2 \times 10^{-27}}{5 \times 10^{-11}}$

0.0 Exercice : tracer de somme de vecteurs

Tracer les vecteurs $\vec{w} = \vec{u} + \vec{v}$, $\vec{p} = -2 \times \vec{u}$ et $\vec{q} = 0,5 \times \vec{v}$ (\vec{u} en rouge et \vec{v} en vert).

1 Force de gravitation

L'expression vectorielle de la force de gravitation d'un corps A sur un autre B est :

$$\vec{F}_{A/B} = -G \frac{m_A m_B}{d_{AB}^2} \vec{u}_{AB},$$

avec $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$, et \vec{u}_{AB} vecteur unitaire orienté de A vers B.

2 Force électrostatique

2.1 Charges électriques et électrisation

Définition 1.

L'électrisation d'un corps correspond à charger électriquement un objet. Cette électrisation peut être :

- **par frottement/contact**, où les électrons sont transférés d'un corps à un autre
- **par influence**, où les électrons d'un corps se déplacent sous l'effet d'une force électromagnétique

Exercice 2.

- Dire, pour chaque expérience faite au tableau si l'électrisation est par frottement, contact ou par influence.
- Quelle différence peut-être faite entre la force de gravitation et la force électrostatique ?

2.2 Loi de Coulomb

Définition 2.

Soient deux corps A de charge q_A et B de charge q_B distant de d . La force électrostatique entre ces deux corps est donc

$$\vec{F}_{A/B} = k \times \frac{q_A q_B}{d^2} \times \vec{u}_{AB}$$

avec $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ la constante de Coulomb, où q_A et q_B s'expriment en coulombs (C) et d s'exprime en m.

Exercice 3.

Dans l'atome d'hydrogène, la distance entre le proton et l'électron est $d = 5,3 \times 10^{-11} \text{ m}$.

Particule	Charge (C)	masse (kg)
électron	$-1,602 \times 10^{-19}$	$9,11 \times 10^{-31}$
proton	$1,602 \times 10^{-19}$	$1,67 \times 10^{-27}$

- (a) Exprimer puis calculer l'intensité de la force électrostatique entre l'électron et le proton.
(b) Cette force est-elle répulsive ou attractive ?
- Mêmes questions pour la force de gravitation entre ces deux corps.
- Que peut-on dire sur l'interaction gravitationnelle par rapport à l'interaction électrostatique ?

Remarque 1.

- La loi de Coulomb et la loi d'interaction gravitationnelle ont la même forme mathématique. Elles sont :
 - inversement proportionnelles au carré de la distance entre les deux corps
 - proportionnelles aux masses ou aux charges
- La force de gravitation est moins intense que la force électrostatique
- La force de gravitation est toujours attractive alors que la force électrostatique peut être attractive ou répulsive

Exercice 4.

4, 6 et 8 p 184

Exercice 5.

1. Le noyau d'un atome a un rayon de l'ordre $r = 10^{-15}$ m.
 - (a) Quelle est l'interaction de la force électrostatique s'exerçant entre deux protons dans le noyau ?
 - (b) Cette interaction est-elle attractive ou répulsive ?
 - (c) Un noyau atomique est stable, quelle hypothèse peut être faite sur les forces s'exerçant dans le noyau ?

3

Pour aller plus loin : les autres interactions fondamentales

Remarque 2.

- **Interaction électromagnétique**^a : interaction entre les particules chargées électriquement (lien avec électrostatique et magnétostatique)
- **Interaction forte**^b : interaction agissant sur les particules présentes à l'intérieur des protons et des neutrons permettant ainsi leur cohésion. Un de ses effets dérivés entraîne la cohésion du noyau atomique^c
- **Interaction faible**^d : interaction responsable des désintégrations radioactives. Elle est à l'origine de la fusion nucléaire dans les étoiles, mais aussi de la radioactivité β

a. James Clerk Maxwell, 1860

b. Murray Gell-Mann, 1964 (quarks) et 1972 (QCD)

c. En lien avec l'énergie nucléaire

d. Enrico Fermi, 1930

4

Notion de champ

4.1 Qu'est-ce qu'un champ ?

Définition 3.

Un **champ** correspond à la valeur, en **chaque point de l'espace**, d'une grandeur physique modélisée par un nombre V (champ scalaire) ou par un vecteur \vec{V} (champ vectoriel).

- Champ scalaire : potentiel, température et pression (carte météo)
- Champ vectoriel :
 - champ gravitationnel : $\vec{G} = -G \frac{m_A}{d^2} \vec{u}_{AB}$, avec m_A la masse de l'astre, G la constante de gravitation universelle, et d la distance par rapport à l'astre
 - champ électrique : $\vec{E} = k \frac{q_A}{d^2} \vec{u}_{AB}$, avec q_A la charge de la particule, k la constante de Coulomb, et d la distance par rapport à la particule.

Exercice 6.

- Schématiser le champ gravitationnel d'un astre.
- Schématiser le champ électrique pour une charge $q_A > 0$.

4.1 TP Champ électrostatique d'un condensateur plan

Document 1.

Un condensateur est constitué de deux armatures conductrices, entre lesquelles on applique une différence de potentiel ou tension. Les armatures, portées à deux potentiels différents, vont se charger suite à un déplacement d'électrons.

Document 2.

La tension électrique U_{AB} entre deux points A et B est égale à la différence des potentiels électriques V_A et V_B de ces deux points, $U_{AB} = V_A - V_B$.

Dans le montage du condensateur plan, une plaque de cuivre est reliée à la masse du générateur donc $V_B = 0$ V. La sonde mesure directement la tension V_A .

Document 3.

La valeur de l'intensité du champ électrostatique en un point M dans un condensateur plan est

$$E(M) = \frac{U_{MN}}{d}$$

avec U_{MN} la tension mesurée entre la masse et le point M et d la distance entre la plaque chargée négativement et le point M.

1. Faire le montage du condensateur plan.
2. **Appeler le professeur pour faire vérifier le montage.**
3. Ajouter de la solution de sulfate de cuivre.
4. Relever la tension électrique entre les deux plaques.
5. Faire plusieurs relevés de tension dans la cuve et arrondir la mesure à 0,1 V près. Que peut-on dire sur les points qui ont la même tension ?
6. Faire un diagramme de la cuve vu du dessus et tracer 4 lignes d'équipotentielle.
7. Sur chacune des équipotentielle, déterminer la valeur de l'intensité du champ électrique \vec{E}

4.2 Ligne de champ

Définition 4.

Une **ligne de champ** est une ligne tangente en chacun de ses points au **vecteur champ**. Elle est orientée par une flèche dans le même sens que celui du champ.

Remarque 3.

- Plus le champ est intense, plus les lignes de champ sont resserrées.
- Les lignes de champ convergent vers le centre du corps si la valeur du champ est négative, divergent dans le cas contraire

5 Exercices

Exercice 25, 29, 31 p 188-191