

I Charge des édifices de l'Univers (§3 du cours)

19. Déterminer une charge électrique

$$q_{\text{noyau}} = Ze = 80 \times 1,60 \times 10^{-19} = 1,28 \times 10^{-17} \text{ C}$$

20. Argumenter

- a. Le signe de la charge est positif, des électrons ont donc été arrachés.

b. Nombre de charges = $\frac{|q|}{e} = \frac{|16 \times 10^{-9}|}{1,6 \times 10^{-19}} = 1,0 \times 10^{11}$.

I Interactions fondamentales (§4 du cours)

21. Différencier les interactions

a.

| | Interaction gravitationnelle | Interaction électrique |
|--|--|---|
| Grandeur physique sensible à cette force | particule de masse non nulle | particule chargée |
| Portée | infinie | infinie |
| Attractive/répulsive (préciser les cas) | attractive | attractive ou répulsive |
| Expression de la valeur des forces (préciser les unités) | $F_{A/B} = F_{B/A} = G \frac{m_A \times m_B}{d^2}$ m_A et m_B en kg, d en m, $F_{A/B}$ et $F_{B/A}$ en N, $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$. | $F_{A/B} = F_{B/A} = k \frac{ q_A \times q_B }{d^2}$ q_A et q_B en C, d en m, $F_{A/B}$ et $F_{B/A}$ en N, $k = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ dans le vide. |

- b. Les deux autres interactions : interaction forte et interaction faible.

22. Utiliser les unités SI

$$F_{A/B} = k \frac{|q_A q_B|}{d^2}$$

$$F_{A/B} = 9,0 \times 10^9 \times \frac{|-2,0 \times 10^{-7} \times 4,0 \times 10^{-7}|}{(7,5 \times 10^{-2})^2} = 1,3 \times 10^{-1} \text{ N}$$

EXERCICES Appliquer le cours

I La matière à différentes échelles (§1 du cours)

16. Connaître les ordres de grandeur

10^2 m : hauteur de la statue de la Liberté ; 10^{-3} m : taille d'une fourmi ; 10^{-15} m : diamètre d'un noyau atomique ; 10^{-10} m : diamètre d'un atome ; 10^8 m : distance Terre-Lune.

I Constitution des édifices de l'Univers (§2 du cours)

17. Exploiter des informations

- a. L'ordre de grandeur de la masse d'un nucléon est : 10^{-27} kg . Donc l'ordre de grandeur de la masse du noyau de fer composé de 56 nucléons est : 10^{-25} kg .
b. Dans un clou en fer, on trouve 26×10^{22} protons, 30×10^{22} neutrons et 26×10^{22} électrons.

18. Extraire des informations

a.

| Symbole du noyau | Nombre de protons | Nombre de neutrons | Nombre d'électrons dans l'atome |
|------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|
| $^{40}_{18}\text{Ar}$ | 18 | 22 | 18 |
| $^{31}_{15}\text{P}$ | 15 | 16 | 15 |
| $^{127}_{53}\text{Tl}$ | 53 | 74 | 53 |
| $^{120}_{50}\text{Sn}$ | 50 | 70 | 50 |

b. I⁻ : 53 protons, 74 neutrons et 54 électrons.

Tableau de la question 3. a. de l'activité 3 :

| | Portée | Domaine de prédominance de l'interaction | Attractif ou répulsif | Expression de la valeur des forces |
|-------------------------------|---------|--|-----------------------|---|
| Interaction gravitationnelle | infinie | astronomique | attractif | $F_{A/B} = F_{B/A} = G \frac{m_A \times m_B}{d^2}$ m_A et m_B en kg, d en m, $F_{A/B}$ et $F_{B/A}$ en N, $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$. |
| Interaction électromagnétique | infinie | humaine | attractif ou répulsif | $F_{A/B} = F_{B/A} = k \frac{ q_A \times q_B }{d^2}$ q_A et q_B en C, d en m, $F_{A/B}$ et $F_{B/A}$ en N, $k = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ dans le vide. |

23. Associer l'interaction prédominante

- a. L'interaction gravitationnelle est prédominante à l'échelle astronomique.
- b. L'interaction électromagnétique est prédominante à l'échelle humaine.
- c. L'interaction faible régit les réactions thermonucléaires qui permettent à notre Soleil de produire de l'énergie.

EXERCICES S'entraîner

24. Exercice résolu dans le manuel

25. Application de l'exercice résolu

> COMPÉTENCES : Restituer, analyser, réaliser.

$$1. F_G = G \times \frac{m_p \times m_p}{d^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{1,673 \times 10^{-27} \times 1,673 \times 10^{-27}}{(2,4 \times 10^{-6} \times 10^{-9})^2} = 3,2 \times 10^{-35} \text{ N}$$

$$2. F_E = k \times \frac{|q_A \times q_B|}{d^2} = 9,0 \times 10^9 \times \frac{|1,60 \times 10^{-19} \times 1,60 \times 10^{-19}|}{(2,4 \times 10^{-6} \times 10^{-9})^2} = 40 \text{ N}$$

$F_E = 1,2 \times 10^{36}$: la valeur de la force électrique est environ 10^{36} fois plus intense que la valeur de la force gravitationnelle. Son action est prépondérante.

26. Exercice résolu n° 2 dans le manuel

27. Application de l'exercice résolu n° 2

> COMPÉTENCES : Restituer, réaliser.

Calcul de la valeur de la force électrique F_E :

$$F_E = k \times \frac{|q_A \times q_B|}{d^2} = 9,0 \times 10^9 \times \frac{|10 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^{-3}|}{(1,0 \times 10^{-2})^2} = 9,0 \times 10^9 \text{ N}$$

Calcul du poids de la tour Eiffel :

$$P = mg = 10 \times 10^3 \times 10^3 \times 10 = 1,0 \times 10^8 \text{ N}$$

F_E est 100 fois plus grand que P , la tour Eiffel pourrait être soulevée.

28. Apprendre à rédiger

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser.

a. Les particules échangées sont les électrons, ils ont été arrachés au bâton pour être donnés au morceau de laine.

$$b. x = \frac{q}{e} = \frac{30 \times 10^{-9}}{1,60 \times 10^{-19}} = 1,9 \times 10^{11}$$

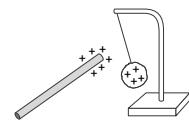
c. La laine a un excès d'électrons, elle porte une charge négative.

d. Lorsqu'on frotte la baguette de verre avec un tissu en laine, la baguette se charge positivement.

L'approche de la baguette électrisée crée une dissymétrie des charges dans la boule : l'aluminium est un conducteur, une partie des électrons peut se déplacer librement. La boule est alors attirée par la baguette.

Après contact avec la baguette électrisée, la boule est chargée positivement.

- e. La boule est chargée positivement, la baguette en verre positivement, elles se repoussent.



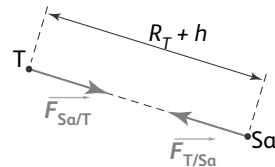
29. MetOp

> COMPÉTENCES : Restituer, analyser, réaliser.

$$a. F_{T/Sa} = G \times \frac{m \times M_T}{(R_R + h)^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{4,1 \times 10^3 \times 5,97 \times 10^{24}}{(6,38 \times 10^6 + 820 \times 10^3)^2} = 3,1 \times 10^4 \text{ N}$$

$$b. F_{Sa/T} = F_{Sa/T} = 3,1 \times 10^4 \text{ N}$$

c.



30. In English Please

> COMPÉTENCE : S'approprier.

a. Isaac Newton a travaillé sur l'interaction gravitationnelle et James Maxwell sur l'interaction électromagnétique.

b. L'interaction gravitationnelle s'exerce entre deux objets qui ont une masse non nulle. L'interaction électromagnétique (électrique) s'exerce entre deux objets chargés.

c. Siècle d'étude : interaction gravitationnelle au XVII^e, interaction électromagnétique au XIX^e et interactions forte et faible au XX^e.

31. Les quarks

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser.

a. Le proton et le neutron ne sont pas des particules élémentaires (comme on l'entend aujourd'hui), ils sont eux-mêmes constitués de particules élémentaires : les quarks. L'électron est une particule élémentaire.

b. Les quarks sont les seules particules sensibles à l'interaction forte.

c. La charge d'un quark « up » est $\frac{2}{3} e$ et la charge d'un quark « down » $-\frac{1}{3} e$.

d. Charge proton : $2 \times \frac{2}{3} e + (-\frac{1}{3} e) = e$

Charge neutron : $1 \times \left(\frac{2}{3} e\right) + 2 \times \left(-\frac{1}{3} e\right) = 0$

32. Philae

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, réaliser.

$$F_{Terre/Philae} = G \times \frac{m_{Philae} \times M_T}{R_T^2}$$

$$F_{Terre/Philae} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{100 \times 5,97 \times 10^{24}}{(6,38 \times 10^6)^2} = 9,78 \times 10^2 \text{ N}$$

$$F_{Comète/Philae} = \frac{9,78 \times 10^2}{100\,000} = 9,78 \times 10^{-3} \text{ N}$$

33. Interaction entre particules élémentaires

> COMPÉTENCES : Restituer, analyser, réaliser.

a. Voir tableau en bas de page.

b. Il s'agit du neutron, seule particule élémentaire non chargée.

34. Phénomène électrostatique

> COMPÉTENCE : Analyser.

a. La voiture s'électrise par frottement avec l'air.

b. Le corps humain étant conducteur, l'automobiliste reçoit une « décharge » lorsqu'il pose les pieds au sol et qu'il touche sa portière.

35. S'auto-évaluer

a. $F_1 = G \times \frac{m_B \times M_T}{R_T^2}$

$$F_1 = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{650 \times 10^{-3} \times 5,97 \times 10^{24}}{(6,38 \times 10^6)^2} = 6,36 \text{ N}$$

b. $F_2 = G \times \frac{m_B \times m_B}{d^2}$

$$F_2 = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{650 \times 10^3 \times 650 \times 10^3}{1,0^2} = 2,8 \times 10^{-11} \text{ N.}$$

c. $\frac{F_1}{F_2} = 2,3 \times 10^{11}$

L'interaction gravitationnelle entre les ballons est négligeable par rapport à l'interaction gravitationnelle entre le ballon et la Terre.

36. ★ Loi de l'attraction gravitationnelle

> COMPÉTENCE : Analyser.

$$F_{A/B} = G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2}$$

a. Si la valeur de la masse m_A est doublée, alors la valeur de la force est doublée. Si la valeur de la distance d est doublée, alors la valeur de la force est divisée par 4.

b. Il faut diviser la distance d par 2.

37. ★★ Point neutre

> COMPÉTENCES : Analyser, réaliser, valider.

a. $F_{T/O} = G \times \frac{M_T \times m}{d^2}$

b. $F_{L/O} = G \times \frac{M_L \times m}{(D-d)^2}$

c.

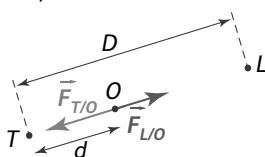


Tableau de la question a. de l'exercice 33 :

| | Particule élémentaire 1 | | Particule élémentaire 2 | | Distance entre particules | Valeur de la force électrique | Attractif ou répulsif |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| | Nom | q_1 (C) | Nom | q_2 (C) | | | |
| A | proton | $1,60 \times 10^{-19}$ | proton | $1,60 \times 10^{-19}$ | 0,60 nm | $6,4 \times 10^{-10}$ N | répulsif |
| B | électron | $-1,60 \times 10^{-19}$ | électron | $-1,60 \times 10^{-19}$ | 0,60 nm | $6,4 \times 10^{-10}$ N | répulsif |
| C | électron | $-1,60 \times 10^{-19}$ | proton | $1,60 \times 10^{-19}$ | 0,60 nm | $6,4 \times 10^{-10}$ N | attractif |

d. $d = \frac{D}{1 + \sqrt{\frac{M_L}{M_T}}}$

38. ★★ Le carillon électrostatique

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, valider.

a. La plaque la plus proche, chargée positivement, crée une distorsion des charges électriques dans la boule conductrice (phénomène d'influence). De ce fait, les charges négatives se rapprochent de cette plaque : la boule est attirée. Plus la distance entre la boule et la plaque diminue, plus l'attraction est forte.

b. Lors du contact, la boule cède des électrons à la plaque. La plaque chargée positivement repousse la boule chargée positivement. La boule va alors heurter la plaque négative où elle se charge en électrons.

c. La boule oscille entre les deux plaques : d'où le nom de carillon.

39. ★★ Voyage vers un trou noir

> COMPÉTENCES : S'approprier, restituer, réaliser, valider.

a. $F_{\text{trou noir/objet}} = G \times \frac{10 M_S \times m_{\text{objet}}}{(R_{\text{trou noir}} + z)^2}$

• À une distance $d_1 = 15\ 000$ km :

$$F_{\text{trou noir/objet}} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{10 \times 1,99 \times 10^{30} \times 60}{(30 \times 10^3 + 15\ 000 \times 10^3)^2} = 3,5 \times 10^8 \text{ N}$$

• À une distance $d_2 = 3\ 000$ km :

$$F_{\text{trou noir/objet}} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{10 \times 1,99 \times 10^{30} \times 60}{(30 \times 10^3 + 3\ 000 \times 10^3)^2} = 8,7 \times 10^9 \text{ N}$$

b. D'après le texte, plus on s'approche du trou noir, plus la force qui s'exerce sur l'objet est importante : l'objet ne peut donc se soustraire à l'attraction du trou noir.

EXERCICES Vers le Bac

Les fiches-guides permettant d'évaluer ces exercices par compétences sont disponibles sur le site :

www.nathan.fr/sirius2015

40. ANALYSE ET SYNTHÈSE DE DOCUMENTS

L'expérience de Millikan

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, valider, communiquer.

Éléments de réponse

1. Lors de la chute, la gouttelette est soumise à son poids et à la force de frottement (la poussée d'Archimède est

négligeable). Lors de sa remontée, elle est soumise à son poids, à la force électrique et à une force de frottement.

2. Les gouttelettes n'ont pas la même vitesse de remontée, car elles possèdent des charges électriques q différentes, les autres grandeurs étant constantes.

3.

| Numéro de la gouttelette | Valeur absolue $ q $ de la charge q de la gouttelette | Rapport $\frac{ q }{e}$ |
|--------------------------|---|-------------------------|
| 1 | $6,4 \times 10^{-19}$ | 4 |
| 2 | $8,0 \times 10^{-19}$ | 5 |
| 3 | $9,6 \times 10^{-19}$ | 6 |
| 4 | $1,6 \times 10^{-18}$ | 10 |
| 5 | $9,6 \times 10^{-19}$ | 6 |

Le rapport $\frac{|q|}{e}$ est toujours égal à un nombre entier : $\frac{|q|}{e} = n$ soit $|q| = n \times e$.

La charge électrique des gouttelettes est effectivement quantifiée.

41. ANALYSE ET SYNTHÈSE DE DOCUMENTS

L'expérience de Dufay

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, communiquer.

Éléments de réponse

Lorsqu'on frotte le tube de verre, la baguette se charge positivement ou négativement selon le matériau utilisé pour l'électrisation par frottement, d'après la liste donnée dans le **document 2**.

Après contact avec le tube électrisé, la feuille d'or porte la même charge que le tube de verre : ils se repoussent. L'expérience est la même avec la boule de cristal de roche.

Par contre, lorsqu'on électrise par frottement du copal, un morceau d'ambre ou de cire d'Espagne, ils attirent

la feuille d'or chargée grâce au tube en verre : copal et feuille d'or sont donc de charges opposées.

On peut confirmer qu'il existe deux types d'électricité (excès ou déficit d'électrons). Un objet chargé positivement a perdu des électrons et un objet chargé négativement a gagné des électrons. Cependant, la charge électrique d'un système isolé reste constante.

42. RÉSOLUTION DE PROBLÈME

Station spatiale ISS

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, réaliser, valider.

Éléments de réponse

L'expression de la vitesse v s'obtient à partir de la relation : $F_{TS} = G \times \frac{m \times M_T}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$.

$$\text{Donc } v = \sqrt{G \times \frac{M_T}{r}} = \sqrt{G \times \frac{M_T}{R_T + h}}$$

$$v = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24}}{6\,380 \times 10^3 + 400 \times 10^3}} = 7,67 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

Soit T la période de révolution de la station autour de la Terre. Comme le mouvement est circulaire et uniforme de rayon $R_T + h$:

$$T = \frac{2\pi(R_T + h)}{v}$$

$$T = \frac{2\pi \times (6\,380 \times 10^3 + 400 \times 10^3)}{7,67 \times 10^3} = 5,56 \times 10^3 \text{ s} = 1,54 \text{ h.}$$

Le nombre n de révolutions de la station en $\Delta t = 24$ h est $n = \frac{\Delta t}{T}$.

$$n = \frac{24}{1,54} = 15,6. \text{ Un astronaute à bord de la station ISS}$$

fait plus de 15 fois le tour de la Terre en 24 heures, ce qui est en accord avec le **document 2**.