

Champ de gravitation dans l'ISS

Construire les étapes d'une résolution de problème.

- L'état d'impesanteur des astronautes dans l'ISS peut-il uniquement être expliqué par l'étude du champ de gravitation terrestre ?

A L'impesanteur dans l'ISS



Les astronautes de la Station Spatiale Internationale sont en état d'impesanteur.

B L'ISS en quelques chiffres

L'ISS est en orbite circulaire autour de la Terre.

- Altitude de l'orbite : 410 km
- Rayon de l'orbite : 6 780 km
- Longueur de l'orbite : 42 600 km
- Valeur de la vitesse en orbite : $7,66 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$
- Masse de la station : 450 tonnes ($4,50 \times 10^5 \text{ kg}$)

Données

- $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.
- $M_{\text{Terre}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$; $R_{\text{Terre}} = 6,38 \times 10^6 \text{ m}$.

Énoncé

Une bille métallique de 40 g, portant une charge électrique égale à $-15e$, est posée sur une table. On approche, 10 cm au-dessus d'elle, une seconde bille métallique portant une charge électrique égale à $+10e$. L'interaction gravitationnelle entre les billes est négligée. Les charges électriques des deux billes sont-elles suffisantes pour que la seconde bille soulève la première ?



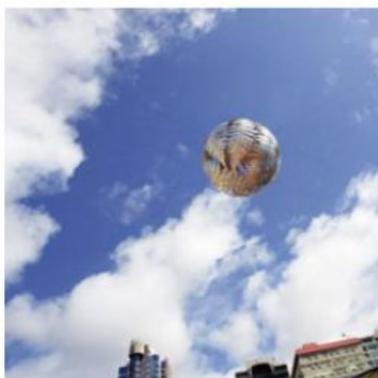
- Sans souci d'échelle, schématiser la situation et les forces, subies par la bille supposée en lévitation au-dessus de la table.
- Calculer l'intensité de la force électrostatique subie par la bille.
- Calculer l'intensité de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur la bille.
- L'hypothèse de la question 1. est-elle justifiée ?
- Reprendre les trois dernières questions avec des billes de charges un million de fois supérieures.

DONNÉES

- $k = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$;
- $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$;
- $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

41 Lévitation d'une bille métallique

✓ RAI/ANA : Construire un raisonnement



Soit une bille métallique de masse égale à 20 g, de charge électrique égale à $q_b = +25e$, positionnée à la surface de la Terre, dans un champ électrostatique \vec{E} , vertical et orienté vers le haut.

- Schématiser la situation, puis déterminer l'intensité de E , telle que la bille soit immobile en l'air.

Données

- $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$;
- $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$.

9 Choisir un combustible (1)

COARRIGÉ Effectuer des calculs ; exploiter des résultats.

- Écrire les équations de réaction de combustion complète du méthane $\text{CH}_4(\text{g})$ et du butane $\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$.
- Évaluer la masse de dioxyde de carbone CO_2 produite par chacune des réactions de combustion lorsqu'elles libèrent une énergie $Q = -200 \text{ kJ}$.
- En déduire, pour une même énergie libérée, le combustible qui génère le moins de CO_2 .

Utiliser le réflexe ☞

Données

- $M(\text{CO}_2) = 44,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- $E_{\text{comb}}(\text{CH}_4) = -800 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- $E_{\text{comb}}(\text{C}_4\text{H}_{10}) = -2900 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

10 Choisir un combustible (2)

Exploiter un tableau.

Un consommateur veut installer une chaudière qui émet le moins possible de gaz à effet de serre. Pour le combustible, il hésite entre le gaz de ville ou le fioul domestique.

- Expliquer en quoi une réaction de combustion contribue à l'effet de serre.
- Indiquer, en justifiant, le combustible qui répond à l'attente du consommateur.

Données

Combustible	Fioul	Gaz de ville
Masse en g de CO_2 émis pour 1 MJ d'énergie produite	75,3	57,2
Pouvoir calorifique PC (MJ/kg)	38	50

28 Résolution de problème

Champ de gravitation dans l'ISS

1^{ère} étape : S'approprier la question posée

1. Qu'est-ce que l'impesanteur ?
2. Qu'est-ce que l'ISS ?
3. Quelles sont les caractéristiques du champ de gravitation terrestre ?

2^e étape : Lire et comprendre les documents

1. L'impesanteur est l'absence de sensation de poids que ressentent les astronautes en orbite (photographie du document A).
2. L'ISS est la station spatiale internationale. Elle est en orbite autour de la Terre. Les caractéristiques de cette orbite (altitude, rayon...), de son déplacement (valeur de la vitesse) et de la station (masse) sont données dans le document B.
3. La masse de la Terre et la constante de gravitation universelle sont données.

3^e étape : Dégager la problématique

L'état d'impesanteur des astronautes dans l'ISS est-il dû uniquement à la faible valeur de champ de pesanteur créé par la Terre ?

4^e étape : Construire la réponse

- Calculer la valeur du champ de gravitation terrestre à l'altitude de l'ISS.
- Calculer la valeur du champ de gravitation terrestre à la surface de la Terre.
- Comparer les valeurs de ces deux champs.
- Conclure.

5^e étape : Répondre

- Présenter le contexte et introduire la problématique.

Dans l'ISS, les astronautes sont en état d'impesanteur. Ils n'ont pas la sensation de poids.

On cherche à savoir si cette absence de sensation est uniquement due à la valeur du champ de pesanteur terrestre, plus faible en altitude qu'au niveau du sol.

- Mettre en forme la réponse.

Le vecteur champ gravitationnel terrestre au niveau de l'ISS a pour expression :

$$\vec{G} = -G \times \frac{M_{\text{Terre}}}{d_{T \rightarrow \text{ISS}}^2} \vec{u}_{T \rightarrow \text{ISS}}$$

La station est à une distance de la Terre égale au rayon de l'orbite :

$$d_{T \rightarrow \text{ISS}} = R_{\text{orbite}}$$

La valeur du champ gravitationnel terrestre au niveau de l'ISS est donc :

$$G_{\text{ISS}} = G \times \frac{M_{\text{Terre}}}{R_{\text{orbite}}^2} \text{ soit :}$$

$$G_{\text{ISS}} = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \times \frac{5,97 \times 10^{24} \text{ kg}}{(6780 \times 10^3 \text{ m})^2}$$

$$= 8,66 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Par analogie, la valeur du champ gravitationnel terrestre à la surface de la terre a pour expression :

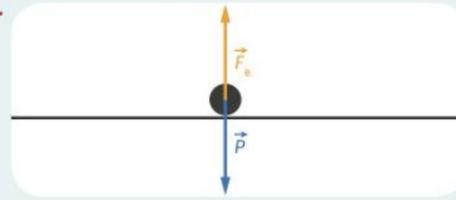
$$G_{\text{surface}} = G \times \frac{M_{\text{Terre}}}{R_{\text{Terre}}^2} \text{ soit } G_{\text{surface}} = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \times \frac{5,97 \times 10^{24} \text{ kg}}{(6,370 \times 10^6 \text{ m})^2} = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

- Conclure et introduire, quand c'est possible, une part d'esprit critique.

La diminution du champ gravitationnel n'est pas suffisante pour permettre d'expliquer l'état d'impesanteur des astronautes qui « flottent dans leur cabine ».

Complément : Cet état est dû au fait qu'ils ont la même accélération que la cabine dans leur mouvement de « chute » (cabine comme astronautes) autour de la Terre.

1.



$$2. F_e = k \cdot \frac{|q_{\text{bille1}} \cdot q_{\text{bille2}}|}{d^2} = k \cdot \frac{|-15e \cdot 10e|}{(10 \times 10^{-2})^2} = 9,0 \times 10^9 \times \frac{150 \times (1,602 \times 10^{-19})^2}{(10 \times 10^{-2})^2} = 3,5 \times 10^{-24} \text{ N.}$$

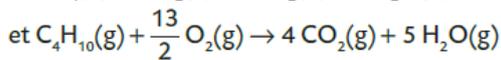
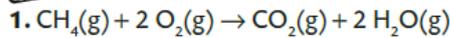
$$3. F_g = P = m \cdot g = 40 \times 10^{-3} \times 9,81 = 3,9 \times 10^{-1} \text{ N.}$$

4. La bille restera immobile, car $F_g \gg F_e$.

$$5. F'_e = k \cdot \frac{|-15e \cdot 10e|}{d^2} = 9,0 \times 10^9 \times \frac{15 \times 10^6 \times 10 \times 10^6 \times (1,602 \times 10^{-19})^2}{(10 \times 10^{-2})^2} = 3,5 \times 10^{-12} \text{ N.}$$

Le poids est toujours plus intense que la force électrostatique subie, la bille restera donc encore immobile.

9 Choisir un combustible (1)



2.

méthane	butane
$Q = n_{\text{combustible}} \times E_{\text{comb}} \text{ soit } n_{\text{combustible}} = \frac{Q}{E_{\text{comb}}}$	
$\bullet n_{\text{méthane}} = \frac{-200 \text{ kJ}}{-800 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,250 \text{ mol}$	$\bullet n_{\text{butane}} = \frac{-200 \text{ kJ}}{-2900 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,0690 \text{ mol}$
$\bullet \frac{(n_{\text{CH}_4})_{\text{réagi}}}{1} = \frac{(n_{\text{CO}_2})_{\text{formé}}}{1}$	$\bullet \frac{(n_{\text{C}_4\text{H}_{10}})_{\text{réagi}}}{1} = \frac{(n_{\text{CO}_2})_{\text{formé}}}{4}$
soit $(n_{\text{CO}_2})_{\text{formé}} = 0,250 \text{ mol}$	soit $(n_{\text{CO}_2})_{\text{formé}} = 0,276 \text{ mol}$
$\bullet m(\text{CO}_2) = (n_{\text{CO}_2})_{\text{formé}} \times M_{\text{CO}_2}$	$\bullet m(\text{CO}_2) = (n_{\text{CO}_2})_{\text{formé}} \times M_{\text{CO}_2}$
$= 0,250 \text{ mol} \times 44,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 11,0 \text{ g}$	$= 0,276 \text{ mol} \times 44,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 12,1 \text{ g}$

3. Le méthane génère moins de $\text{CO}_2(\text{g})$ que le butane.

10 Choisir un combustible (2)

1. Une réaction de combustion conduit au rejet de CO_2 , gaz à effet de serre.

2. Afin de respecter l'attente du consommateur, on lui conseillera de choisir le gaz de ville car le méthane rejette moins de CO_2 ($57,2 < 75,3$) pour une même quantité d'énergie thermique produite. De plus, il a un pouvoir calorifique supérieur au fioul, ce qui est un 2^{ème} avantage.