

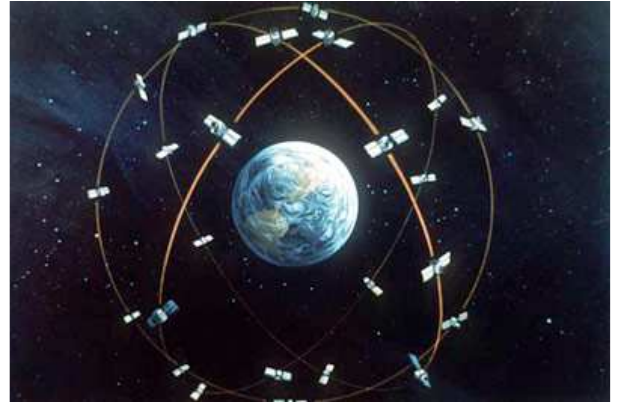
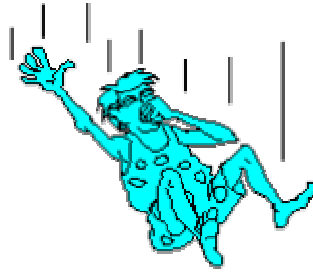
La gravitation universelle (chapitre 7 sur l'univers)

Introduction : Les astronautes se déplacent assez facilement sur la Lune (voir Tintin sur la Lune à la fin du cours activité) malgré leur encombrante combinaison. Pourquoi sont-ils si peu gênés par leur équipement ?

I°) Qu'est ce que la gravitation universelle :

Définir le référentiel pour chaque situation ?
 Quel est le point commun de ces différentes situations ?
 Quelle en est la cause ?

Référentiels :



Dans toutes ces situations les différents objets

La gravitation universelle est une des interactions de l'Univers. Elle est attractive et s'exerce à distance.

II°) La force de gravitation universelle :

Regarder l'animation suivante (<http://www.busoc.be/fr/recherche/microgravite/index.htm>) et commenter l'évolution de l'attraction entre le satellite et la planète quand :

- le satellite se rapproche
- la masse de la station augmente
- la masse de la planète augmente

On constate que l'attraction entre le satellite et la planète augmente quand : -

Ces 3 constats se retrouvent dans la relation suivante

1°) Énoncé :

L'intensité de la force de gravitation entre deux corps de masse m et m' , séparés par une distance d , exercent l'un sur l'autre des forces attractives F , de même valeur :

$$F = \frac{G \times m \times m'}{d^2}$$


F : force attractive entre les deux corps donnée en newton (N)
 d : distance entre les centres des deux corps en mètre (m)
 m et m' : en kilogramme (kg)

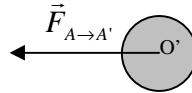
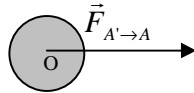
G : contante de gravitation universelle (souvent donné): $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$ (unités S. I.)

2°) Caractéristiques vectorielles :

Chaque force d'interaction gravitationnelle est représentée par un vecteur force de caractéristiques :

- point d'application : **centre des corps**
- direction : droite passant par les centres des deux corps
- sens : de l'un vers l'autre

Exemple :



objet **A** de masse m

objet **A'** de masse m'

Remarque : $\vec{F}_{A \to A'}$ (force exercée par A sur A') et $\vec{F}_{A' \to A}$ (force exercée par A' sur A) ont :

- même valeur
- même droite d'action : la direction OO'
- des sens opposés.

Ce sont des forces à actions réciproques.

3°) Ordres de grandeur et représentation vectorielle :

Questions

1°) Représenter la force de gravitation exercée par Jupiter sur la sonde Voyager I lors du survol de la planète à la distance minimale (faire un calcul au préalable avec la formule du 1° du II°).

Données : masse de la sonde = 808 kg ; masse de Jupiter = $1,9 \times 10^{27}$ kg ; distance minimale de survol par rapport au centre de Jupiter : 721670 km.

Echelle : 1 cm représente 500 N

2°) Calculer la valeur de la force de gravitation exercée par la Terre sur la Lune. Représenter cette force en choisissant une échelle.

Données : masse de la Lune : $m_L \approx 7,34 \times 10^{22}$ kg ; masse de la Terre : $m_T \approx 5,98 \times 10^{24}$ kg ; distance Terre – Lune (de centre à centre) : $3,84 \cdot 10^5$ km

3°) Calculer la valeur de la force de gravitation exercée par la Terre sur une personne de masse $m = 60$ kg, à la surface de la Terre.

Données : $R_T \approx 6,38 \cdot 10^3$ km

Calculer la valeur de la force de gravitation entre deux personnes de même masse $m \approx 60$ kg, distantes de 1,0 m. Comparer ces deux forces.

III°) La pesanteur :

1°) Notion de poids :

Questions :

1°) Dessiner la trajectoire d'une boule lâchée sans vitesse initiale à 1,0 m du sol (même intervalle de temps entre les différentes positions du centre de la bille).

2°) Préciser le référentiel d'étude.

3°) Définir le mouvement de la boule.

4°) Quelle est la cause de ce mouvement ?

5°) Calculer la force de gravitation exercée par la terre sur une boule de masse 1,0 kg placée à 1 m au dessus du niveau de la mer. Représenter cette force.

Données : $m_T \approx 5,98 \times 10^{24}$ kg $R_T \approx 6380$ km

6°) Montrer que l'on peut négliger la hauteur 1,0 m dans le calcul de cette force.

7°) Ecrire cette force de gravitation sous la forme $P = m \times g$ (avec m : masse de la boule), définir et calculer g .

Le **poids P** d'un corps de masse m peut-être identifié à la force de gravitation $F_{\text{Terre/corps}}$ exercée par la Terre sur ce corps : $P = F_{\text{Terre/objet}} = m \times g$ (m = masse de l'objet en kg et g : intensité de la pesanteur terrestre en $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$) avec :

$g = \dots\dots\dots$ (égalité valable au niveau de la mer)

2°) Variation du poids d'un même corps en différents points de la Terre :

La Terre est légèrement aplatie aux pôles (et elle n'est pas tout à fait sphérique) ;

Rayon de la Terre à l'équateur $R_E \approx 6386$ km

Rayon de la Terre à Bordeaux $R_B \approx 6378$ km

Rayon de la Terre aux pôles $R_P \approx 6369$ km

Questions :

1°) Calculer les valeurs de g pour ces trois valeurs de R_T .

2°) Pourquoi lance-t-on les fusées Arianes de Kourou (équateur) ?

3°) Comparaison du poids d'un objet sur la Terre et sur la Lune :

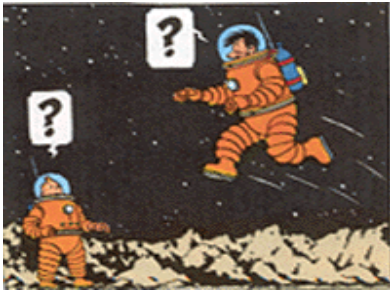
Questions :

1°) Calculer l'intensité de l'attraction lunaire g_L en un point de sa surface

Données : $m_L \approx 7,34 \times 10^{22}$ kg ; rayon de la Lune, $R_L \approx 1740$ km.

2°) Calculer le poids d'un cosmonaute de masse $m \approx 80$ kg , sur la Lune et sur la Terre.

3°) Pourquoi les compagnons de Tintin sont-ils plus ou moins surpris en débarquant sur la Lune ?



Le poids P_L d'un corps de masse m au voisinage de la Lune :

- est assimilée à la force de gravitation $F_{\text{Lune/corps}}$ exercée par la Lune sur cet objet :

- a une valeur $P_L = m \times g_L$ (masse de l'objet en kg et g_L : intensité de la pesanteur lunaire en N.kg^{-1}) avec un

Questions :

1°) Calculer les valeurs de g pour ces trois valeurs de R_T .

2°) Pourquoi lance-t-on les fusées Arianes de Kourou (équateur) ?

3°) Comparaison du poids d'un objet sur la Terre et sur la Lune :

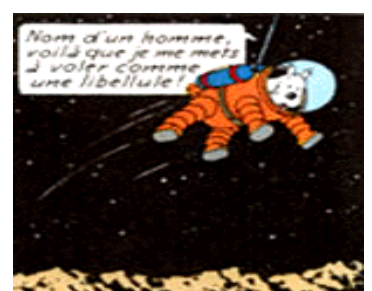
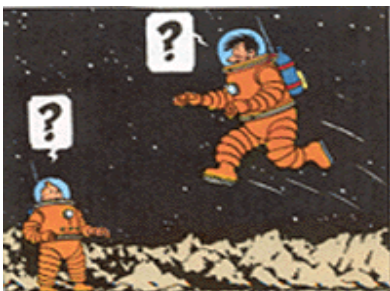
Questions :

1°) Calculer l'intensité de l'attraction lunaire g_L en un point de sa surface

Données : $m_L \approx 7,34 \times 10^{22}$ kg ; rayon de la Lune, $R_L \approx 1740$ km.

2°) Calculer le poids d'un cosmonaute de masse $m \approx 80$ kg , sur la Lune et sur la Terre.

3°) Pourquoi les compagnons de Tintin sont-ils plus ou moins surpris en débarquant sur la Lune ?



Le poids P_L d'un corps de masse m au voisinage de la Lune :

- est assimilée à la force de gravitation $F_{\text{Lune/corps}}$ exercée par la Lune sur cet objet :

- a une valeur $P_L = m \times g_L$ (masse de l'objet en kg et g_L : intensité de la pesanteur lunaire en N.kg^{-1}) avec un