Exercices de physique - Série n° 5

Cours 3PYOS01 Série distribuée le 30.10.2017

1. Poids.

A quelle altitude de la Terre le poids d'un homme, dont la masse est de 70 kg, a-t-il diminué de

(1) 1 %,
(2) de moitié,
(3) de 100 N

par rapport à sa valeur à la surface de la Terre ?

2. Orbites.

(1) (a) Trouver à quelle vitesse se déplace un satellite en orbite circulaire autour de la Terre en fonction du rayon R de l'orbite.
(b) Cette vitesse diminue-t-elle avec l'éloignement du satellite ?
(2) Mêmes questions pour la période T de révolution du satellite.

3. Satellites.

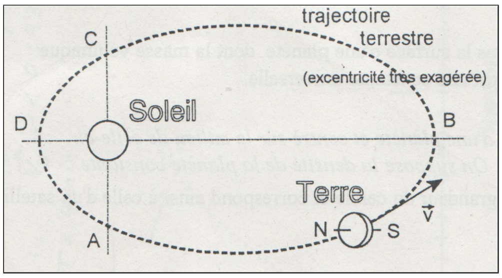
On veut lancer un satellite de télécommunication sur une orbite telle que le satellite reste toujours fixe dans l'espace par rapport à tout observateur immobile sur la surface de la Terre.

(1) Dans quel plan par rapport à la Terre doit tourner le satellite ?
(2) A quelle altitude et à quelle vitesse doit être placé le satellite ?

4. Jules Vernes.

(1) Déterminer à quel endroit placer un objet entre la Terre et la Lune pour qu'il ne soit attiré ni vers la Terre ni vers la Lune.
(2) Dans son livre "De la Terre à la Lune", Jules Vernes décrit les passagers comme étant en état d'apesanteur uniquement en ce point. Commenter cette affirmation.

5. La Terre.



Dessins: collège de Candolle

(1) Indiquer le sens de rotation de la Terre.
(2) Calculer la vitesse moyenne de la Terre sur son orbite. Comment varie cette vitesse ?
(3) Sachant qu'entre le 21 septembre et le 21 mars il y a 3 jours de moins qu'entre le 21 mars et le 21 septembre, indiquer les dates de passage aux points A, B,C et D.
(4) Si l'orbite de la Terre était plus excentrique, quelles en seraient les conséquences pour les gens de Genève ?

6. La comète de Halley.

La comète de Halley (1656-1742) a orbite très elliptique et une période de 75 ans. Son périhélie est situé à 89 millions de km du Soleil. On ne peut pas mesurer la distance de l'aphélie (comète invisible !).

(1) Calculer cette distance.

(2) Calculer les paramètres de l'orbite: demi grand axe, demi petit axe, distance focale, excentricité, vitesse aréolaire, vitesse au périhélie et à l'aphélie.

7. Tunnel circulaire.

(1) Si T est la période d'un satellite tournant au ras de la surface d'une planète dont la masse volumique moyenne est ρ, alors montrer que le produit $\rho \cdot T^2$ est une constante universelle. Calculer la valeur de cette constante.

(2) Imaginons un tunnel circulaire foré à l'intérieur d'une planète et centré sur le milieu de celle-ci. Le tunnel est vide d'air et un objet y est satellisé. On suppose la densité de la planète constante. Montrer que la période est indépendante de la grandeur du cercle et correspond ainsi à celle d'un satellite en surface (orbite basse).

8. Energie potentielle de gravitation.

Montrer que la différence d'énergie potentielle de gravitation pour des petites dénivellations $h << R_T$ (rayon terrestre) est donnée en bonne approximation par l'expression

$$\Delta E_{pot\, grav} = mgh$$

9. Vitesse de libération.

La vitesse de libération d'un satellite, notée v_∞, est la vitesse permettant au satellite de s'éloigner définitivement de la Terre par son seul élan. Calculer l'expression de la vitesse de libération pour un satellite placé sur une orbite d'altitude h autour de la Terre (en fonction de G, h, M_T et R_T).

10. Trou noir.

Un trou noir est un objet céleste dont la principale propriété est d'être invisible pour les observateurs de l'extérieur. Toute la lumière (comme tout autre rayonnement électromagnétique, γ, X, radio, etc ...) qu'il peut produire ne peut s'échapper dans l'espace. La trajectoire des rayons lumineux est courbée par l'action du champ de gravitation extrêmement intense que cet astre produit. Inversement, de la lumière qui s'approcherait trop près serait piégée par la gravitation. D'où le terme de trou noir.

C'est la théorie de la relativité générale publiée en 1915 par Albert Einstein qui permet de décrire correctement la physique dans des champs de gravitation intenses. Néanmoins, la notion de trou noir remonte XVIII e siècle. La lumière se déplace dans le vide à la vitesse constante de 300'000 km/s appelée c. Si la masse d'un astre est telle que la vitesse de libération est supérieur à celle de la lumière, on peut supposer que celle-ci ne peut s'échapper du champ de gravitation de l'astre et que l'astre forme un trou noir.

Le champ de gravitation de la Terre ou du Soleil à sa surface est insuffisant pour piéger la lumière.

(1) De combien faudrait-il augmenter la masse de la Terre, respectivement du Soleil, pour qu'ils deviennent des trous noirs ?

(2) Sans changer les masses de la Terre, respectivement du Soleil, dans une sphère de quel rayon faudrait-il les comprimer pour qu'ils deviennent des trous noirs ?

(3) Ce rayon est appelé le **rayon de Schwarzschild**. Montrer que pour un astre de masse M, le rayon de Schwarzschild est donné par

$$\frac{2GM}{c^2}$$