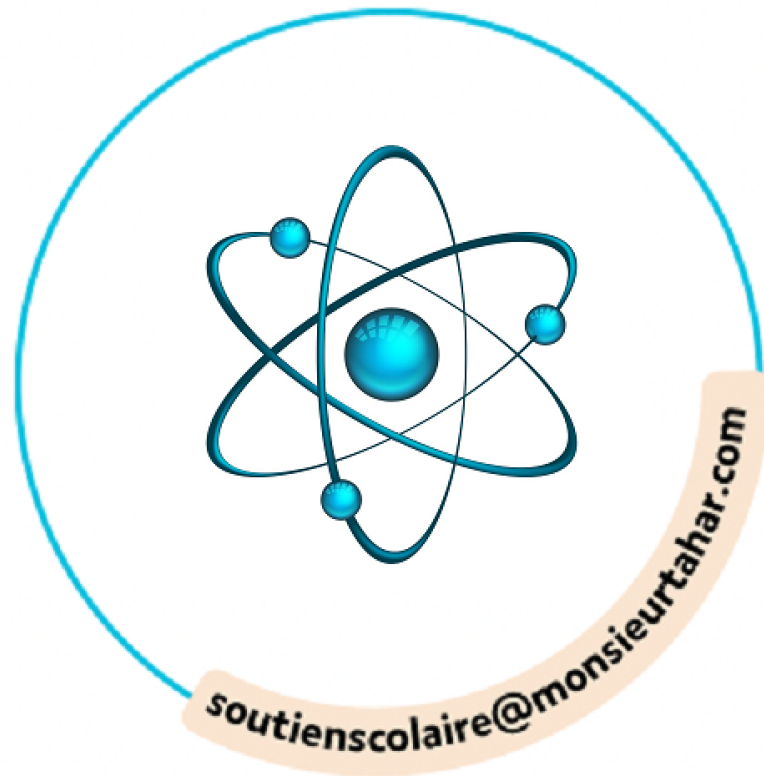


Physique chimie



CHAPITRE 7

La loi de gravitation



1 Je teste mes connaissances

QCM

Choisir la ou les bonnes réponses (solutions p. 480).

- La force de gravitation qui modélise l'action attractive s'exerçant entre deux objets dépend de :
 - la masse de chaque objet ;
 - la distance entre ces deux objets ;
 - la vitesse de ces deux objets.
- Pour que l'attraction gravitationnelle s'exerce entre deux objets, il faut que :
 - l'un des objets ait une masse plus importante ;
 - un objet tourne autour de l'autre ;
 - les deux objets aient une masse.

2 Des réponses à connaître

- Pourquoi dit-on que la gravitation peut se modéliser par une force attractive exercée à distance ?
- De quoi dépend la force de gravitation ?

3 Vrai ou faux ?

Pour chaque affirmation, indiquer si elle est vraie, puis la reformuler si elle est fausse.

- La Lune attire la Terre.
- La gravitation ne dépend que de la distance entre deux objets.
- Plus la distance entre deux objets est faible, plus l'attraction entre eux est grande.
- Pour qu'un objet puisse en attirer un autre, il faut que la masse du premier soit plus grande que celle du second.

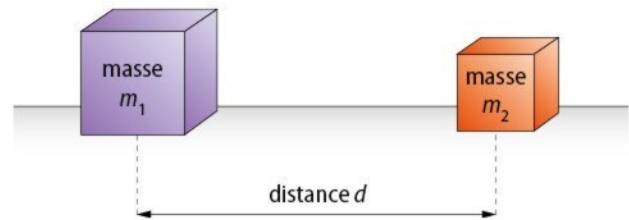
4 Newton et la gravitation

Au XVII^e siècle, le physicien anglais Isaac Newton découvre que deux corps massiques s'attirent. Il montre que cette interaction attractive peut être modélisée par une force dont l'intensité est proportionnelle au produit de leur masse et inversement proportionnelle au carré de leur distance.



- Quel est le nom de la loi énoncée par Newton ?
- À quelle condition existe-t-elle ?

- Comment évolue l'intensité de la force de gravitation :
 - quand les masses des corps augmentent ?
 - quand la distance entre eux augmente ?
- Comment évolue l'intensité de cette force :
 - si l'une des masses est doublée ?
 - si les deux masses sont doublées ?
 - si la distance est doublée ?
- On considère le cas suivant :



Donner la bonne réponse. L'intensité de la force de gravitation entre les deux objets est proportionnelle à :

- $m_1 \times m_2 \times d^2$;
- $\frac{m_1 \times m_2}{d^2}$;
- $\frac{d^2}{m_1 \times m_2}$.

5 La Terre et la Lune



Les centres de la Terre et de la Lune sont distants de $3,84 \times 10^5$ km.

La masse de la Terre est de $5,98 \times 10^{24}$ kg.

La masse de la Lune est de $7,35 \times 10^{22}$ kg.

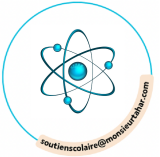
La constante de gravitation universelle est :

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2.$$

L'intensité F de la force gravitationnelle entre deux objets de masses m_A et m_B dont les centres sont séparés d'une distance d est :

$$F = G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2}$$

- Calculer l'intensité de la force gravitationnelle qu'exerce la Terre sur la Lune.
- Calculer l'intensité de la force gravitationnelle qu'exerce la Lune sur la Terre.
- Comparer ces deux intensités.



6 Je teste mes connaissances

QCM

Choisir la ou les bonnes réponses (solutions p. 480).

- La loi de gravitation :
 - s'applique dans tout l'Univers ;
 - s'applique sur Terre ;
 - est universelle.
- La loi de gravitation explique :
 - la formation des étoiles ;
 - la chute des objets ;
 - que deux aimants s'attirent à distance.
- L'universalité de la loi de gravitation signifie :
 - que la gravitation explique tout ;
 - que tous les objets massiques de l'Univers sont concernés ;
 - que l'Univers a une gravitation.

7 Qui a raison ?

Les trois personnages suivants ont-ils tous raison ? Justifier.

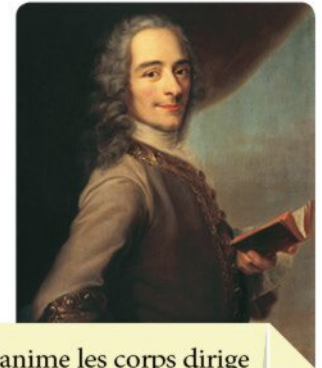


8 Des réponses à connaître

- Comment expliquer que les planètes du système solaire ne s'éloignent pas du Soleil ?
- La force d'attraction de la Terre et le poids correspondent-ils à la modélisation de la même action mécanique ?
- Pourquoi dit-on que la loi de gravitation est universelle ?
- Comment expliquer la formation des étoiles et des planètes ?
- Deux balles posées sur la Terre s'attirent-elles mutuellement ?

9 Voltaire raconte Newton

C'est l'écrivain français Voltaire (1694-1778) qui fit découvrir les théories de Newton en France au XVIII^e siècle. Dans l'extrait qui suit, il fait ainsi référence à la loi de gravitation.



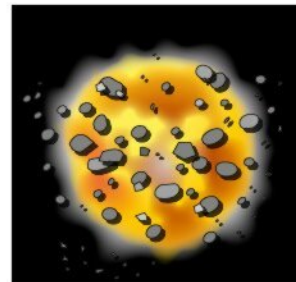
Mais si cette puissance qui anime les corps dirige la Lune dans son orbite, elle doit aussi diriger la Terre dans le sien, et l'effet qu'elle opère sur la planète de la Terre, car ce pouvoir est partout le même ; toutes les autres planètes doivent lui être soumises : le Soleil doit aussi éprouver sa loi, et il n'y a aucun mouvement des planètes les unes à l'égard des autres qui ne soit l'effet nécessaire de cette puissance, il faut avouer alors que toute la nature le démontre.

Voltaire, *Éléments de la Philosophie de Newton*, 1738

- Que cherche à mettre en évidence Voltaire dans cet extrait ?
- Citer les exemples qu'il donne pour illustrer ses propos.

10 Des exemples pour comprendre

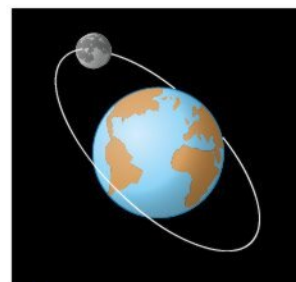
Pour chaque situation, dire en quoi la loi de gravitation intervient :



A La formation d'une planète



B La chute de tout objet sur Terre



C Le mouvement de la Lune autour de la Terre



D La forme des galaxies



11 Je teste mes connaissances

QCM

Choisir la ou les bonnes réponses (solutions p. 480).

- Un satellite tourne autour de la Terre car :
 - il dispose d'un moteur ;
 - il est lancé avec une certaine vitesse ;
 - il est attiré par la Terre.
- Une sonde spatiale :
 - échappe à l'attraction de la Terre ;
 - a une vitesse importante de lancer ;
 - a une trajectoire rectiligne.
- Un satellite peut avoir :
 - un mouvement rectiligne uniforme ;
 - une trajectoire qui se referme autour de la Terre ;
 - un mouvement circulaire uniforme.

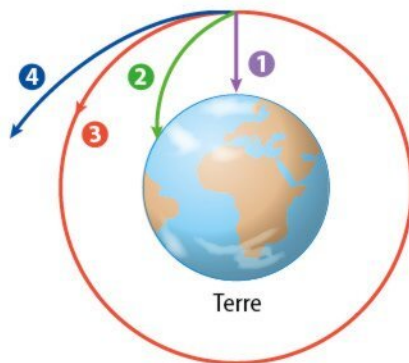
12 Les satellites en question

- Qu'est-ce qu'un satellite terrestre ?
- Pourquoi tourne-t-il autour de la Terre ?
- Pourquoi ne tombe-t-il pas sur la Terre ?
- Si un satellite devait être freiné par des frottements avec des particules, que pourrait-il lui arriver ?

13 Mise en orbite d'un satellite

Comme un satellite vaut très cher, les scientifiques font des simulations numériques pour anticiper sa trajectoire en fonction de sa vitesse de lancer dans l'espace. On donne ci-contre quatre simulations.

- Quelle trajectoire correspond à celle :
 - d'un satellite ?
 - d'une sonde spatiale ?
 - d'un projectile lancé ?
 - d'un objet lâché ?



- Pour une vitesse de lancer supérieure à 11,2 km/s (valeur de la vitesse de libération de l'attraction terrestre), un corps échappe à l'attraction terrestre et quitte le voisinage de la Terre.

Que peut-on dire de la valeur de la vitesse de lancer :

- dans le cas 1 ?
 - dans le cas 4 ?
- À quelle(s) condition(s) un objet peut-il être « satellisé » ?

14 Affirmation de Newton

Dans son ouvrage *Les Principes mathématiques de la philosophie naturelle* (1687), Isaac Newton écrit :

« La Lune gravite vers la Terre, et par la force de gravité est continuellement retirée du mouvement rectiligne et retenue dans son orbite. »

- De quel mouvement Newton parle-t-il ?
- Pourquoi parle-t-il de « mouvement rectiligne » possible ?
 - Décrire l'orbite de la Lune.
- Ce qui est décrit pour la Lune est-il vrai pour d'autres objets ?

15 Tombera, tombera pas ?

Dans un des ses célèbres cours de physique, l'Américain Richard Feynman (1918-1988) écrit :

Cette idée que la Lune tombe risque de créer la confusion parce que, comme vous voyez, elle ne se rapproche pas. Cette idée est suffisamment intéressante pour mériter une explication supplémentaire : la Lune tombe en ce sens qu'elle s'écarte en tombant de la ligne droite qu'elle suivrait s'il n'y avait pas de force.

R. Feynman, R. Leighton, M. Sands, *Le Cours de physique de Feynman - Mécanique 1*, Dunod, 1964, éd. 2014

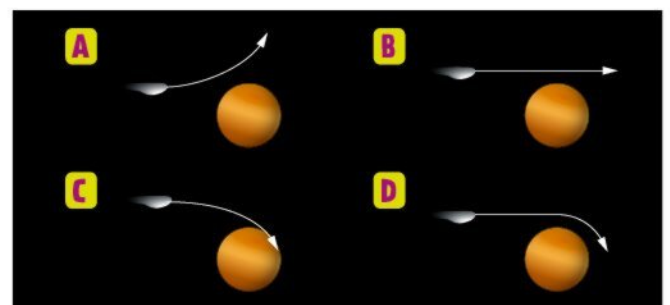
- De quelle force parle Feynman ?
- D'après Feynman, qu'arriverait-il à la Lune en l'absence de cette force ?
- Pourquoi la Lune qui tombe ne s'écrase-t-elle pas pour autant sur la Terre ?

16 Plusieurs scénarios possibles

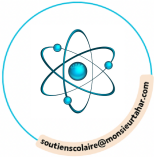
Un astéroïde s'approche de la planète Mars.



Plusieurs scénarios de trajectoire sont imaginés :



Éliminer, en argumentant, les trajectoires qui paraissent impossibles.



Données pour tous les exercices

- Masse de la Terre : $M_{\text{Terre}} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$
- Intensité F de la force gravitationnelle entre deux objets de masses m_A et m_B dont les centres sont séparés d'une distance d :

$$F = G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2}$$

- Constante de gravitation universelle :
 $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$

17 Comète

D4 Je modélise pour expliquer

Le mot comète vient du grec *komêtês*, qui signifie « chevelu ». Une comète est un astre qui se déplace avec une queue de particules. Elle a généralement une orbite qu'on considérera circulaire autour du Soleil. À l'approche des planètes du système solaire, sa trajectoire peut être déviée.



1. Comment expliquer que ces particules restent dans le sillage de la comète ?
2. Comment expliquer que la trajectoire d'une comète puisse être déviée à l'approche d'une planète ?
3. Comment expliquer la trajectoire globale d'une comète autour du Soleil ?

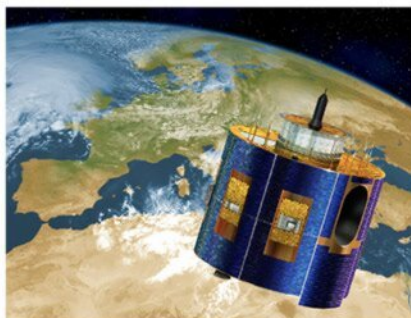
18 Météosat

D4 Je modélise pour expliquer

Les images satellitaires utilisées dans les bulletins météo sont fournies par des satellites météorologiques comme Météosat.

Ces satellites ont pour particularité d'être géostationnaires. Autrement dit, ils sont fixes au-dessus d'une surface du globe à observer (par exemple, au-dessus de l'Europe) et leur trajectoire se trouve dans le plan de l'équateur.

1. Un satellite géostationnaire est-il réellement fixe dans l'espace ?
2. Représenter sur un dessin la trajectoire du satellite.
3. En quelle durée environ ce satellite a-t-il fait un tour de son orbite ?



4. Comment expliquer qu'un tel satellite ne s'éloigne pas de la Terre ?

19 Terre et gravitation

D4 Je modélise pour expliquer

La Terre, surnommée la planète bleue, est la troisième planète du système solaire en partant du Soleil. Mars est la planète la plus proche de la Terre. Sa masse est plus petite que celle de la Terre et elle est plus éloignée du Soleil. La Terre possède un satellite naturel : la Lune.

1. a. Quel est le mouvement des planètes dans le système solaire ?
b. Comment l'expliquer ?
c. Pourquoi parle-t-on d'action à distance ?
2. Comparer l'action exercée par le Soleil sur Mars à celle qu'il exerce sur la Terre.
3. a. Qu'appelle-t-on un satellite ?
b. Comparer l'action de la Terre exercée sur son satellite naturel à celle de ce dernier sur la Terre.

20 Newton's cannon



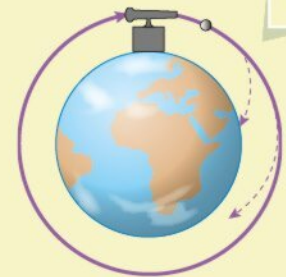
accompagnement numérique

D1.2 Je lis et je comprends

Newton's cannon is a thought process experiment that Isaac Newton used to explain that the force of gravity was universal.

If we fire a cannon horizontally from a high mountain, the cannon ball will fall to Earth because of the gravitational force. With a higher velocity, it will travel further before returning to the Earth.

With the right velocity, the projectile would travel completely around the Earth, always falling with gravity but never reaching the Earth: the cannon ball would have been put into orbit around the Earth. Newton concluded that the orbit of the Moon was of exactly the same nature.

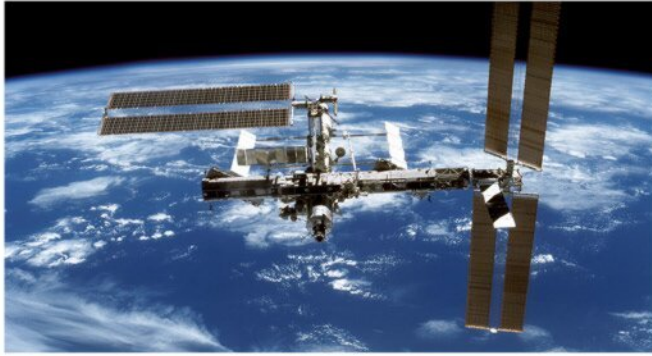
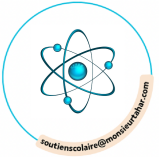


1. Why does a projectile fall to Earth?
2. What happens if its velocity is sufficient?
3. What does Newton's cannon experiment explain ?

21 Station spatiale internationale

D4 Je propose une hypothèse

La Station spatiale internationale (ISS) est à ce jour le plus grand des objets artificiels placés en orbite terrestre. Elle se situe à une altitude $h = 400 \text{ km}$ pour être au-dessus de l'atmosphère et évolue sur une orbite qu'on



admettra circulaire. Elle est occupée en permanence par un équipage international qui se consacre à la recherche scientifique dans l'environnement de l'espace.

- Représenter sur un schéma :
 - l'ISS sur son orbite ;
 - la force qui modélise l'attraction gravitationnelle de la Terre sur l'ISS.
- L'ISS a-t-elle besoin d'un moteur ?
- Pourquoi ne pas avoir choisi une altitude moins importante pour l'orbite de la station spatiale ?
- À quelle distance du centre de la Terre se trouve l'ISS ?
 - Déterminer la valeur de la force qui modélise l'attraction gravitationnelle de la Terre sur l'ISS.

On donne le rayon de la Terre : $R_{\text{Terre}} = 6\,375 \text{ km}$ et la masse de la station : $m = 435 \text{ tonnes}$.

22 Satellite d'observation MetOp-A

D1.3 j'utilise des langages scientifiques

Le satellite d'observation *MetOp-A*, avec une masse de 4,1 tonnes, évolue à une altitude de 840 km sur une orbite circulaire qui passe au-dessus des pôles. Il fait un tour autour de la Terre en 101 minutes et cela 14 fois par jour. Il survole ainsi la totalité du monde chaque jour.

- Représenter sur un schéma :
 - le satellite sur son orbite ;
 - la force qui modélise l'attraction gravitationnelle de la Terre sur le satellite.
- Déterminer la valeur de la force qui modélise l'attraction gravitationnelle de la Terre sur le satellite.
On donne le rayon de la Terre : $R_{\text{Terre}} = 6\,375 \text{ km}$.
- Pourquoi peut-on dire que la valeur de la vitesse du satellite sur son orbite est constante ?
 - Déterminer cette vitesse.

23 Intensité de pesanteur sur Terre

D1.3 j'utilise des langages scientifiques

L'universalité de la loi de gravitation conduit à admettre que l'intensité de la force de gravitation qu'exerce un astre sur un objet et l'intensité du poids P de cet objet sont égales.

On donne le rayon de la Terre : $R_{\text{Terre}} = 6\,375 \text{ km}$.

- Montrer que l'intensité de pesanteur en un lieu ne dépend donc que de la masse de l'astre et de la distance entre le lieu considéré et le centre de l'astre.
- En déduire qu'à la surface de la Terre, l'intensité de pesanteur vaut $g_{\text{Terre}} = 9,81 \text{ N/kg}$.

24 Terre, Soleil et Lune

Tâche complexe

D1.3 j'utilise des langages scientifiques

D4 j'utilise une démarche scientifique

Assia et Théo se demandent, de la Lune ou du Soleil, lequel exerce l'action attractive la plus forte sur la Terre.



En s'appuyant sur la ressource mise à disposition, déterminer qui a raison.

Ressource documentaire

Le Soleil est un astre gigantesque : il est $3,8 \times 10^8$ fois plus massique que la Lune, qui a une masse de $7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$. Cette différence est difficilement observable depuis la Terre, car la distance qui nous sépare du Soleil est 390 fois plus grande que celle qui nous sépare de notre satellite naturel, laquelle est de $3,84 \times 10^5 \text{ km}$.

Coup de pouce

On pourra calculer le rapport entre l'intensité de la force de gravitation qu'exerce la Lune et l'intensité de celle qu'exerce le Soleil sur la Terre.

Le quiz final

Localiser l'endroit où, entre la Terre (de masse $M_{\text{Terre}} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$) et la Lune (de masse $M_{\text{Lune}} = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$), les forces de gravitation modélisant les forces exercées par ces deux astres sur un objet se compensent.

