Niveau : T.C.O.F	matière : Physique	Enseignant : ZOHAL Bouchaib	Unité 1 4 H

Gravitation universelle

Il y a des microscopes perfectionnés permettent d'explorer la matière jusqu'au niveau atomique.

Grace à des télescopes de plus en plus performants, nous observons des galaxies très éloignées.

- **Comment pouvons-nous exprimer des distances et des tailles allant de l'échelle microscopique à l'échelle macroscopique ?**

I- L'échelle des longueurs de l'univers

1-Unité de longueur :

- Dans le S.I (Système International des Unités), l'unité de longueur est **le mètre** ; symbole m.
- On exprime souvent les longueurs avec des **multiples** ou des **sous-multiples** du mètre.

2 -Multiples et sous multiples d'une unité :

	multiples du mètre					Sous multiples du mètre						
Préfixe	**Giga (G)**	**Méga (M)**	**Kilo (K)**	**hecto (h)**	**déca (da)**	**déci (d)**	**centi (c)**	**milli (m)**	**micro (µ)**	**nano (n)**	**pico (p)**	**femto (f)**
Puissance de 10 correspondantes	10^9	10^6	10^3	10^2	10^1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}

3- Unité astronomique et L'année lumière

Pour exprimer les longueurs a l'échelle astronomique, on utilise plus souvent d'autres unités telles-que :

Unité astronomique : est la distance moyenne entre **la terre** et la lune tel que :**$1.U.A=1.5.10^8$km**

L'année lumière : est la distance parcourue par la lumière dans le vide pendant une année avec une vitesse de **3.10^8m /s.**

application 1:

1-calculer la valeur de l'année lumière en Km sachant que 1ans = 365,25j

2-claculer la valeur de l'année lumière en unité astronomique u.a

Réponse

1- $$1\ a.l =(365.25x24x3600)x3.10^8$$

$$\boxed{\mathbf{1\ a.l = 9.47.10^{12}Km}}$$

2- $$1\ a.l = 9.47.10^{12}/(1.510^8) = \mathbf{63000u.a}$$

4- Ecriture scientifique d'un nombre:

La notation scientifique est l'écriture d'un nombre sous la forme du produit : $a.10^n$

Avec a : nombre **décimal $1 \leq a < 10$** et n, entier positif ou négatif

Exemple : 1920000 m=$1,92.10^6$ m ; 0,00031900 m=$3,19.10^{-4}$ m ; 723456 m=$7,23456.10^5$ m

5-Ordre de grandeur d'un nombre :

L'ordre de grandeur d'un nombre est la puissance de 10 la plus proche de ce nombre. Pour trouver l'ordre de grandeur d'un nombre on doit l'écrire en notation scientifique qui se compose d'un nombre à multiplier par $\mathbf{10^n}$ c'est-à-dire **(a.10n).**puis on applique la règle suivante :

- Si $a < 5$ alors l'ordre de grandeur du nombre est $\mathbf{10^n}$;
- Si $a \geq 5$ alors l'ordre de grandeur est $\mathbf{10^{n+1}}$.

Remarque :

- Pour comparer les valeurs prises par une grandeur physique (Exemples : une masse une longueur), il faut les convertir dans la même unité.
- Deux valeurs seront du même ordre de grandeur si le quotient de l'ordre de grandeur de la plus grande par la plus petite est compris entre 1 et 10.

6- L'échelle des longueurs

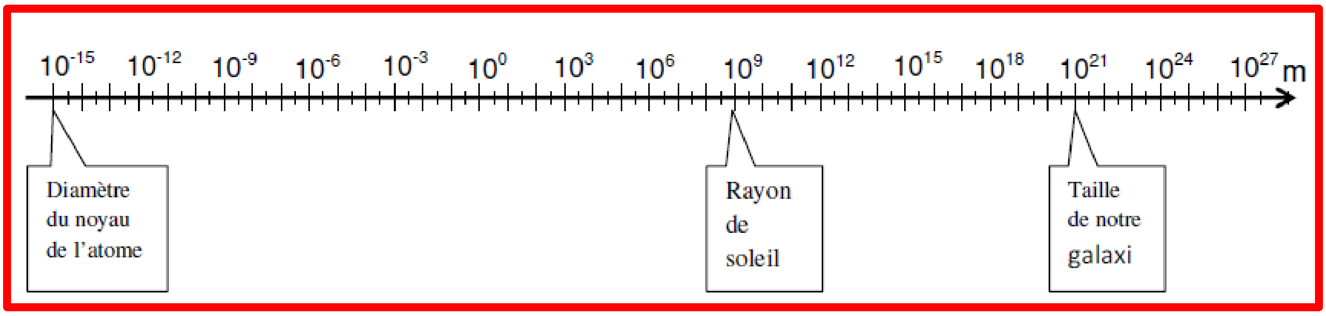
Pour explorer et décrire l'univers. Le physicien construit une échelle de distance de l'infiniment petit vers l'infiniment grand, c'est l'échelle des longueurs.

Application 2:

1- Compléter le tableau suivant.

Objet		Longueur	Longueur sous forme $a.10^n$ en m	Ordre de grandeur
A	**Système solaire**	$380000 km$		
B	**Une orange**	$8 cm$		
C	**Galaxie (voie lactée)**	$10^{21} m$		
D	**Un cheveu**	$40 \mu m$		
E	**Un globule rouge**	$7 \mu m$		
F	**Le noyau d'atome**	$1 fm$		
G	**Le rayon de la terre**	$6400 km$		
H	**La mosquée Hassan II**	$210 m$		
K	**Soleil – Terre**	$150.10^6 km$		
L	**Un atome**	$0,14 nm$		
M	**Jbel Toubkal**	$4167 m$		

2- Sur l'axe gradué ci-dessous, placer les lettres correspondantes aux ordres de grandeur des objets précédents.



II - la gravitation universelle (activités) :

La gravitation est une interaction (action réciproque) attractive entre tous les objets, qui ont une masse. C'est une interaction qui s'exerce à distance.

Cette interaction dépend de la masse des objets et de la distance qui les sépare.

1- Enoncé et l'expression mathématique de la loi de Newton de la gravitation universelle

1-1- Enoncé de la loi :

A cause de leurs masses, les corps exercent mutuellement les uns sur les autres des forces à effets attractifs.

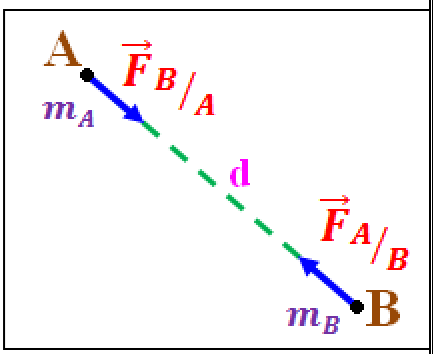
1-2- L'expression mathématique de la loi de Newton :

Deux corps A et B ponctuels (c'est-à-dire de petites dimension par rapport à la distance qui les sépare), de masses respectives m_A et m_B , séparés d'une distance d , exercent l'un sur l'autre des forces d'attractions gravitationnelle .

$\vec{F}_{A/B}$: la force exercée par le corps A sur le corps B

$\vec{F}_{B/A}$: la force exercée par le corps B sur le corps A

Les caractéristiques de la force d'interaction gravitationnelle sont les suivantes :



Direction : la droite joignant les centres de A et B ;

Sens : orienté vers le corps qui exerce la force ;

Intensité : $$F_{B/A} = F_{A/B} = G.\frac{m_A.m_B}{d^2} \;;$$

m_A et m_B sont des masses exprimées en Kg .

d est la distance entre les deux corps en mètre m .

G : la constante de gravitation universelle dont la valeur est : $G = 6,67.10^{-11} N.Kg^{-2}.m^2$

$F_{A/B}$ et $F_{B/A}$ sont les intensités des forces exprimées en Newton (N)

2- L'interaction gravitationnelle entre 2 corps à répartition sphérique de masse

La loi de l'attraction gravitationnelle peut être généralisée à tous les corps à répartition sphérique de masse. **Un corps à répartition sphérique de masse** est un corps dont la matière est répartie uniformément autour de lui ou en couches sphériques homogènes autour de son centre. c'est le cas de la Terre, de la Lune, des Planètes et des Etoiles.

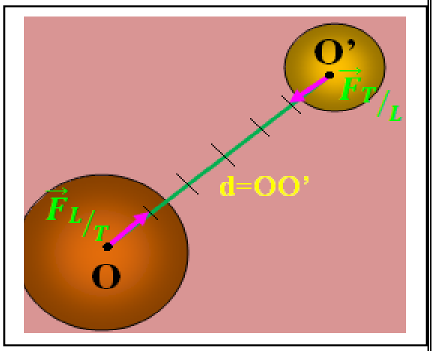
Dans le cas de l'interaction gravitationnelle entre la Terre et la Lune, l'intensité de la force exercée par la Terre sur la Lune est donnée par l'expression :

$$F = G.\frac{M_T.M_L}{d^2}$$

M_T : Masse de la Terre $M_T = 5,98.10^{24}\,Kg$

M_L : Masse de la Lune $M_L = 7,34.10^{22}\,Kg$

d : distance entre le centre de la Terre et le centre de la Lune.



La force d'attraction gravitationnelle est :

$$F_{T/L} = G.\frac{M_T.M_L}{d^2} = 6,67.10^{-11}.\frac{5,98.10^{24}.7,34.10^{22}}{(3,84.10^8)^2} = 1,99.10^{20}\,N$$

Remarque : La force qu'exerce la Terre sur la Lune est égale en intensité à la force exercée par la Lune sur la Terre $F_{T/L} = F_{L/T}$.

Application 3 :

Un satellite artificiel de masse $1,80.10^3\,kg$ tourne autour de la terre, sur une orbite circulaire, à une altitude de $250\,km$.

1- Donner l'expression de la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite.

Calculer sa valeur.

2- Représenter cette force sur un schéma faisant apparaitre la Terre et le satellite en utilisant l'échelle suivante : $1\,cm \rightarrow 1.10^4\,N$.

3- Le satellite exerce une force sur la Terre. La comparer à celle exercée par la Terre sur le satellite.

4- Calculer la valeur de cette force, si le satellite est placé sur la surface de la Terre.

$G = 6,67.10^{-11}\,N.m^2.kg^{-2}$, Masse de la Terre : $M_T = 5,98.10^{24}\,kg$, Rayon de la Terre : $R_T = 6378\,km$.

Réponse

1- Donner l'expression la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sue le satellite.

Expression de la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sue le satellite.

Expression littérale de l'intensité de la force $\vec{F}$: $F = G.\dfrac{M_T.m}{(R_T+h)^2}$

Calculer sa valeur.

L'intensité de la force $\vec{F}$: $F = 6,67.10^{-11}.\dfrac{5,98.10^{24}.1,80.10^3}{(6378+250.10^3)^2}$

$$F = 1,63.10^4\,N$$

2- Représenter cette force sur un schéma faisant apparaitre la Terre et le satellite en utilisant l'échelle suivante : $1cm \rightarrow 1N$ **.**

- Point d'application : O'
- Direction : la droite (OO')
- Sens : de O' vers O
- L'intensité de la force : $F = 1,63.10^4\,N$.

3- Le satellite exerce une force sur la Terre.

La comparer à celle exercée par la Terre sur le satellite.

Force exercée par le satellite sur la Terre :

Caractéristiques du vecteur force $\vec{F}'$:

- Point d'application : O
- Direction : la droite (OO')
- Sens : de O vers O'
- L'intensité de la force : $F' = F = 1,63.10^4\,N$.

4- calculer la valeur de cette force, si le satellite est placé sur la surface de la Terre.

On a : $F_0 = G.\dfrac{M_T.m}{{R_T}^2}$

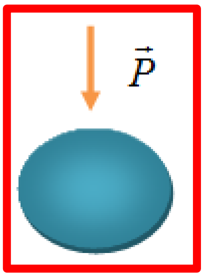
Application numérique : $F_0 = 6,67.10^{-11}.\dfrac{5,98.10^{24}.1,80.10^3}{6378^2}$

$$F_0 = 1,77.10^{10}\,N$$

III –Poids d'un corps et force gravitationnelle

1- Poids d'un corps

En absence du mouvement de rotation de la terre autour de l'axe passant par ses pôles. Le poids d'un corps est la force d'attraction qu'il subit lorsqu'il est situé à la surface de la Terre ou, à proximité de sa surface. Le poids d'un corps est essentiellement la force de gravitation que la Terre exerce sur lui.



2- Caractéristiques du poids

Les caractéristiques du poids sont :
- **Point d'action** : centre de gravité du corps ;
- **direction** : la verticale ;
- **sens** : de haut en bas (vers le centre de la Terre) ;
- **intensité** (ou valeur) : **P = m. g**

3-Expression de l'intensité de la pesanteur

Le **poids P** d'un objet situé à l'altitude h de la surface de la Terre, peut-être identifié à la force de gravitation F exercée par la Terre sur cet objet :

$P = F = mg_h$ avec $F = G.\dfrac{m.M_T}{(R_T+h)^2}$ (on pose d = $R_T + h$)

Alors : $mg_h = G.\dfrac{m.M_T}{(R_T+h)^2}$ $\rightarrow$ expression de l'intensité de la pesanteur a l'altitude h est :

$$g_h = G.\frac{M_T}{(R_T+h)^2}$$

Remarque : - cette expression est aussi valable à la surface de la Terre (h=0) on obtient :

$$g_0 = G.\frac{M_T}{{R_T}^2}$$

m : masse de la terre en kg
g : intensité de la pesanteur en $N.kg^{-1}$

4-Relation entre g_0 et g_h

Après les deux relations précédentes on trouve :

On a : $g_h.(R_T+h)^2 = G.M_T$

Et $g_0.{R_T}^2 = G.M_T$ **d'où** $g_h.(R_T+h)^2 = g_0.{R_T}^2$

Donc :

$$\boxed{g_h = g_0.\frac{{R_T}^2}{(R_T+h)^2}}$$

g_h : intensité de pesanteur a l'altitude h ;

g_0 : intensité de pesanteur a la surface de la terre (h=0) ;

Le poids d'un objet peut être identifié à la force gravitationnelle exercée par la Terre sur l'objet.

Donc : $$P = F \rightarrow m.g = G.\frac{M_T.m}{R_T^{\ 2}}$$

P en Newton (N), m en Kg et g l'intensité de pesanteur en $N.Kg^{-1}$.

4 – Variation de l'intensité du champ de pesanteur g

Expression de la pesanteur g à une altitude h de la surface de la terre.

D'une façon générale : si h est l'altitude à laquelle se trouve un objet de R_T le rayon de la Terre, alors

on a : $m.g_h = G.\frac{M_T.m}{(R_T+h)^2}$ soit $g_h = G.\frac{M_T}{(R_T+h)^2}$

Expression de la pesanteur g à la surface de la Terre

Si l'objet est situé à la surface de la Terre , on peut considérer que $d = R_T$: $g_0 = G.\frac{M_T}{R_T^{\ 2}}$

Expression g_h en fonction de g_0 et h : $g_h = g_0.\frac{R_T^{\ 2}}{(R_T+h)^2}$

On en déduit que g varie avec l'altitude. L'intensité de pesanteur dépend également de la position sur Terre .celle – ci diminue avec l'altitude et augmente avec la latitude.

Lieu	**Latitude**	$g(N.Kg^{-1})$
Equateur	0°	9,78
Casablanca	33°	9,8
Pole Nord	90°	9,83

Lieu	**Altitude**	$g(N.Kg^{-1})$
Jbel Toubkal	$4167m$	9,787
Jbel Everest	$8516m$	9,752

L'intensité de pesanteur varie en fonction de la planète. Celle-ci augmente lorsque la planète est plus massique (c'est-à-dire de plus grande masse).

Astres	**Masse** $(10^{21} Kg)$	**Diamètre** (Km)	**Intensité de la pesanteur** g_0 $(N.Kg^{-1})$
La Lune	73	3476	1,6
Mercure	300	4878	2,9
Mars	641	6794	3,7
Vénus	4871	12100	8,8
La Terre	5974	12756	9,8
Jupiter	1900000	140000	23,1