Unité 1 : Gravitation universelle

التجاذب الكوني

I. Echelle de distances

En physique ou en chimie, le résultat d'une mesure ou d'un calcul s'exprime le plus souvent avec une unité. On écrira par exemple que la masse d'un clou est m=5,4g, que la longueur de ce clou et ℓ=85mm, que l'intensité d'une force est F=4N…. ces grandeurs sont de nature différentes, m est une masse, ℓ est une longueur, F est une force.

On ne peut comparer que des grandeurs de même nature : deux masses, deux longueurs, deux forces…

Pour comparer les grandeurs de même nature, il est judicieux d'exprimer ces deux grandeurs dans la même unité et d'écrire l'expression numérique du résultat en notation scientifique.

1. Ordre de grandeur

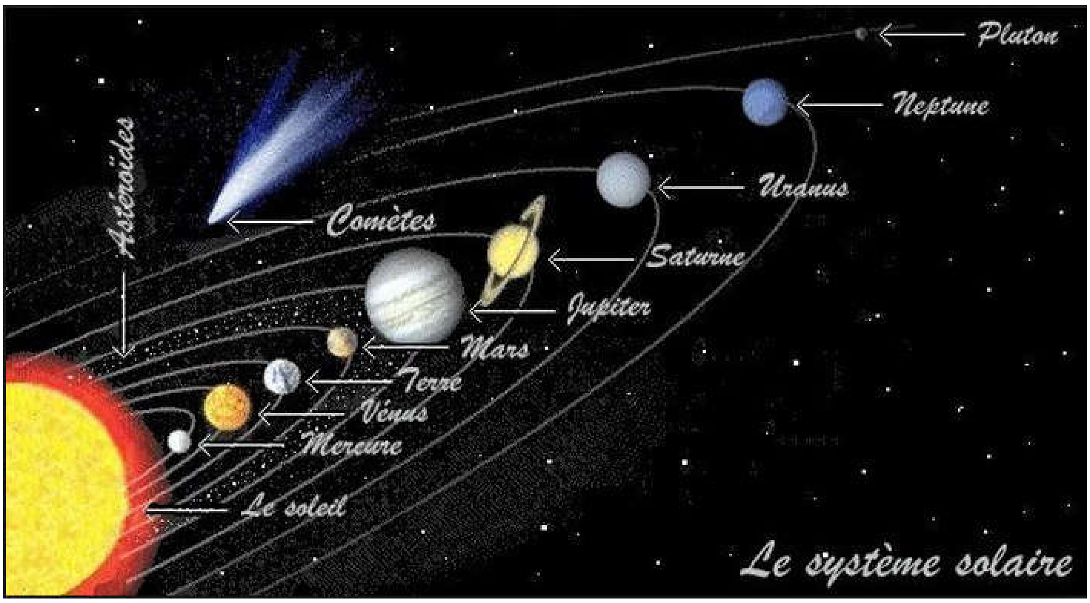
- La notation scientifique est l'écriture d'un nombre sous la forme du produit : $a.10^n$
  Avec a nombre décimal $1 \leq a < 10$ et n, entier positif ou négatif.
- L'ordre de grandeur d'un nombre est la puissance de 10 la plus proche de ce nombre.

• Si $1 \leq a < 5$: l'ordre de grandeur est égal à 10^n
• Si $5 \leq a < 10$: l'ordre de grandeur est égal à 10^{n+1}

Exemple : écrire les dimensions suivantes sous la forme $a.10^n$, puis en déterminer l'ordre de grandeur.

- Largeur de porte de classe : 1,20 m
- Taille de fourmi : 4 mm
- Hauteur de silo de hassane : 180 m
- Altitude de montagne de toubkal : 4.16 Km
- Taille de virus de grippe : 100 nm
- Diamètre de globule rouge : 7µm
- Diamètre de terre : 12800 Km
- Distance entre la terre et la galaxie Andromède : $2,3.10^{22}$ m

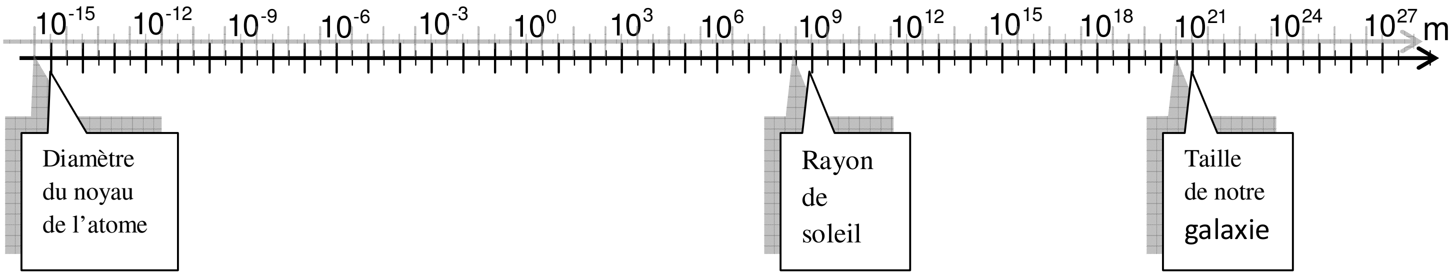
2. Echelle de distances



On place sur une échelle non linéaire les tailles des objets et les distances dans l'univers allant de l'infiniment petit à l'infiniment grand selon leurs ordre de grandeur.

Axe d'échelle de distances est orienté et gradué selon la puissance de dix.

Exemple : classer les dimensions d'exemple précédent sur l'axe d'échelle de distances ci-dessous



3. Multiples et sous-multiples d'une unité

- Les multiples

symbole	préfixe	Facteur multiplicatif
da	déca	10^1
h	hecto	10^2
K	Kilo	10^3
M	Méga	10^6
G	Giga	10^9
T	Téra	10^{12}
P	Pétra	10^{15}
E	Exa	10^{18}

- Les sous-multiples

symbole	préfixe	Facteur multiplicatif
d	déci	10^{-1}
c	centi	10^{-2}
m	milli	10^{-3}
µ	micro	10^{-6}
n	nano	10^{-9}
p	pico	10^{-12}
f	femto	10^{-15}
a	atto	10^{-18}

II. Gravitation universelle ou attraction universelle

C'est en 1687 que Newton explique le mouvement des planètes et des satellites en affirmant que tous les corps s'attirent mutuellement selon la loi d'interaction gravitationnelle.

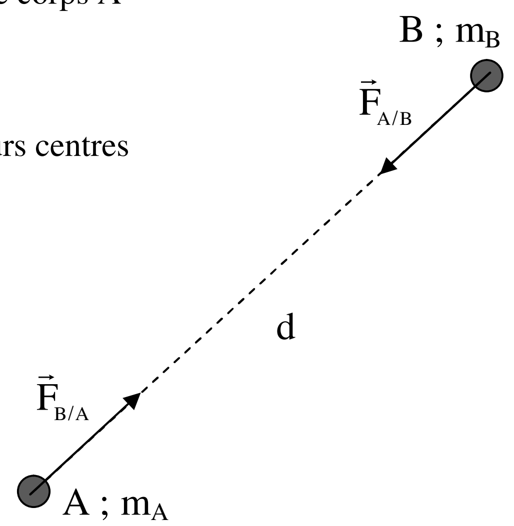
1. Enonce de loi de newton

Les corps s'attirent mutuellement en raison directe de leur masse et en raison inverse du carré de la distance de leurs centres de gravité.

2. Formulation mathématique de loi de Newton

L'interaction gravitationnelle entre deux corps ponctuels A et B de masses respectives m_A et m_B, séparés d'une distance d=AB, est modélisée par des forces d'attraction gravitationnelles $\vec{F}_{A/B}$ (ou $\vec{F}_{A\to B}$) et $\vec{F}_{B/A}$ (ou $\vec{F}_{B\to A}$) telle que ;

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



Leurs caractéristiques :

- Direction ou droite d'action : droite AB joignant leurs centres
- Sens : de sens opposés (vers le centre attracteur)
  - $\vec{F}_{A/B}$ ou $\vec{F}_{A\to B}$: vers centre de corps A
  - $\vec{F}_{B/A}$ ou $\vec{F}_{B\to A}$: vers centre de corps B
- Point d'application :
  - $\vec{F}_{A/B}$ ou $\vec{F}_{A\to B}$: centre de corps B
  - $\vec{F}_{B/A}$ ou $\vec{F}_{B\to A}$: centre de corps A
- Valeur ou intensité : de même valeur :

$$F = F_{A/B} = F_{B/A} = G\frac{m_A m_B}{d^2}$$

m_A : masse de corps A en Kg

m_B : masse de corps B en Kg

d : distance entre le A et B en mètre noté m

G est la constante de gravitation sa valeur en SI est : $G = 6{,}67\times10^{-11}\,N.m^2.Kg^{-2}$

L'unité de la force dans le système internationale des unités est le newton notée N.

Enoncé

Triton est un satellite de la planète Neptune.

1. Calculer la valeur de la force d'attraction gravitationnelle que Neptune exerce sur triton
2. Faire un schéma et représenter la force de gravitation $\vec{F}_{N/T}$ à l'échelle : $1cm \to 5\times10^{20}\,N$

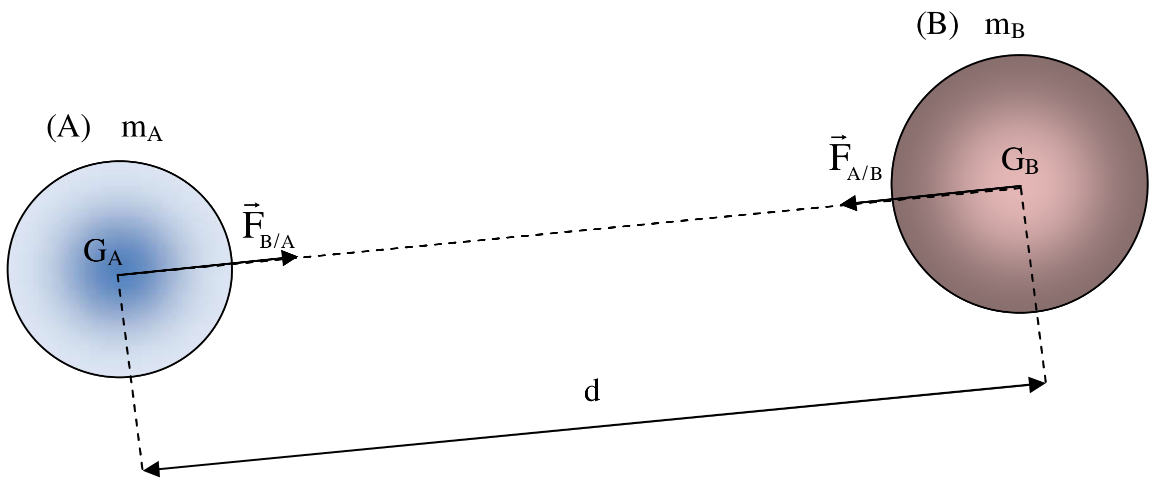
Données :

- Masse de Triton : $M_T = 1{,}30\times10^{22}\,kg$
- Masse de Neptune : $M_N = 1{,}02\times10^{26}\,Kg$
- Distance moyenne entre les centres de Neptune et Triton : $d = 3{,}55\times10^{5}\,Km$
- Constante de gravitation : $G = 6{,}67\times10^{-11}\,SI$

3. Interaction gravitationnelle entre deux corps sphériques

La plus part des astres, par exemple, peuvent être assimilés à des corps à répartition sphérique de masse.

Dans ce cas particulier, deux corps A et B, de masses m_A et m_B et dont les centres sont distants de d. exercent l'un sur l'autre des forces d'attraction gravitationnelle.



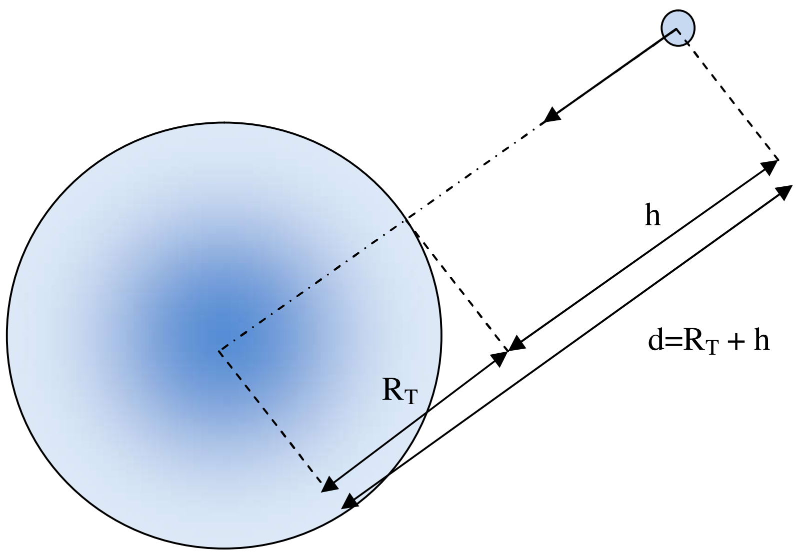
4. interaction gravitationnelle entre la terre et un corps à répartition sphérique de masse

La terre exerce sur un corps à répartition sphérique de masse (considéré comme corps ponctuel/ terre), et il se trouve à l'altitude h à la surface de la terre, une force d'attraction gravitationnelle sa valeur est :

$$F_{T/s} = G\frac{M_T m_s}{(R_T + h)^2}$$

avec :

M_T la masse de la terre et m_s la masse de la corps et R_T rayon de la terre



III. poids d'un corps

Sur terre, par définition, le poids est l'action exercée par la terre sur tout objet se trouvant à proximité de sa surface. Il ne s'agit que d'un cas particulier de l'interaction de gravitation.

Par extension, on peut aussi parler du poids d'un objet à la surface de tout autre astre. Par exemple, sur la lune, le poids d'un objet est défini comme étant l'interaction exercée par la lune sur celui-ci lorsqu'il se trouve à proximité de la surface lunaire.

1. Les caractéristiques du poids :

Le poids d'un corps situé au voisinage de la terre (un astre) est l'action à distance que la terre exerce sur lui. Il a les caractéristiques suivantes :

- Direction ou droite d'action : la verticale du lieu
- Sens : de haut en bas
- Point d'application : le centre de gravité de corps
- Valeur : est calculé par la relation suivante : $P = mg$

  P : poids en newtons (N)
  m : masse en kilogramme (Kg)
  g : intensité de la pesanteur ($N.Kg^{-1}$)

On écrit aussi $\vec{P} = m\vec{g}$ telle que $\vec{g}$ est le vecteur de la pesanteur

2. La pesanteur

On néglige l'influence du mouvement de la terre (mouvement de rotation sur elle-même et autour de soleil) sur les corps situé au voisinage de la terre.

Dans ce cas on dit que la force d'attraction gravitationnelle égale le poids

C'est-à-dire : $P_h = F_{T/s}$

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

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

La pesanteur dépend de l'altitude, elle diminue quand l'altitude augmente et varie le long d'un méridien (i.e. varie selon latitude). Les tableaux ci-contre donnent, à titre indicatif, la valeur de g selon la latitude et sur quelques astres

Lieu	Latitude	g(N/Kg)
Pole nord	90°	9,832
Paris	49°	9,810
Rabat	34°	9,796

Astre	g(N/Kg)
Lune	1,6
Mars	3,7
Jupiter	25

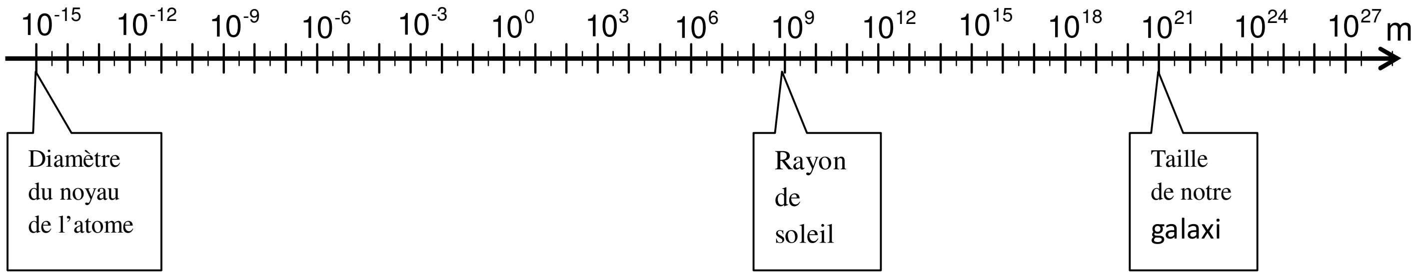
Sur la surface de la terre on pose $h = 0$

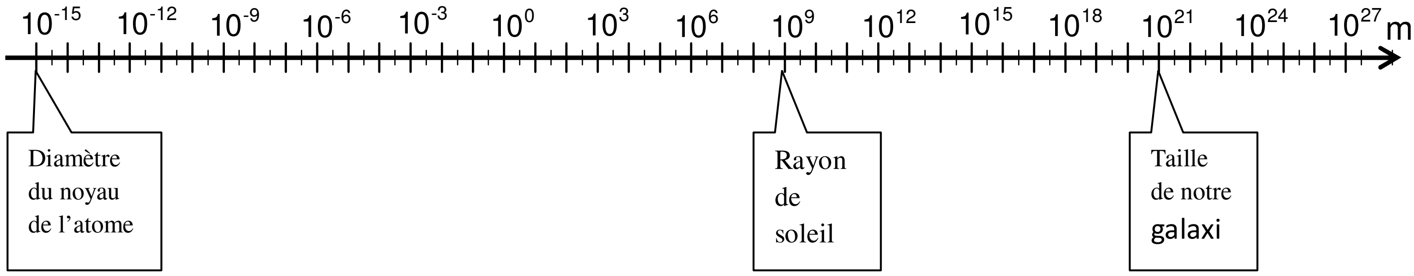
Donc la pesanteur sur la surface est $\boxed{g_0 = G\frac{M_T}{R_T^2}}$

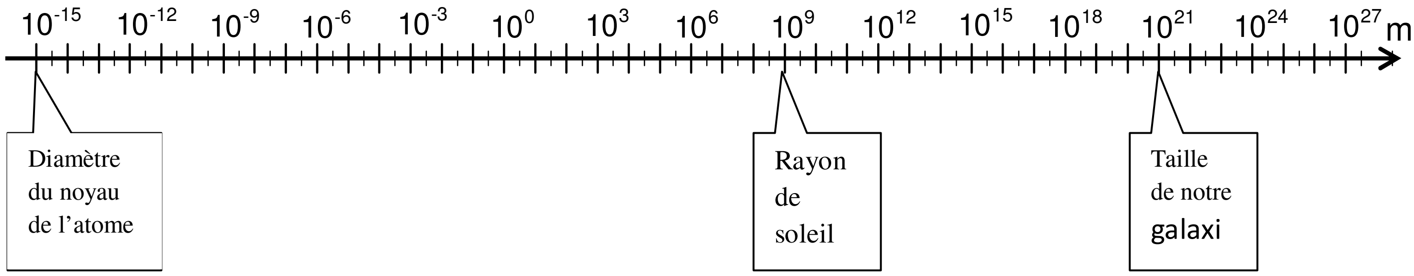
<u>La relation entre la pesanteur g_h à l'altitude h et g_0 la pesanteur sur la surface</u>

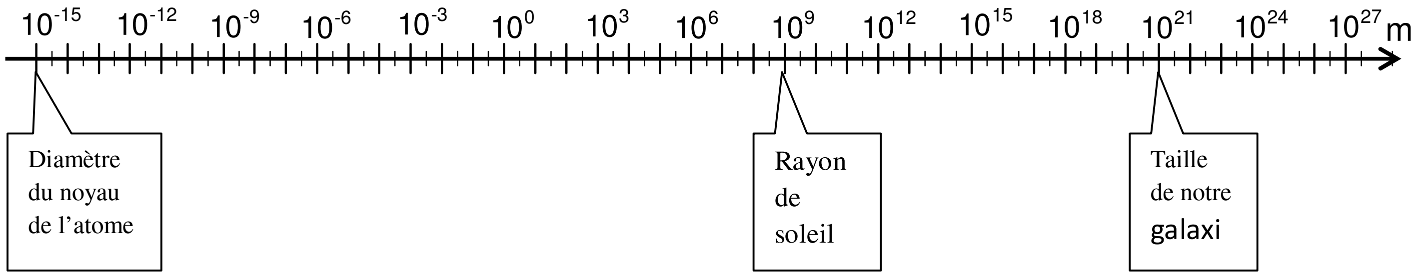
On a : $g_h = G\dfrac{M_T}{(R_T + h)^2}$ et $g_0 = G\dfrac{M_T}{R_T^2} \Rightarrow g_0 R_T^2 = GM_T$

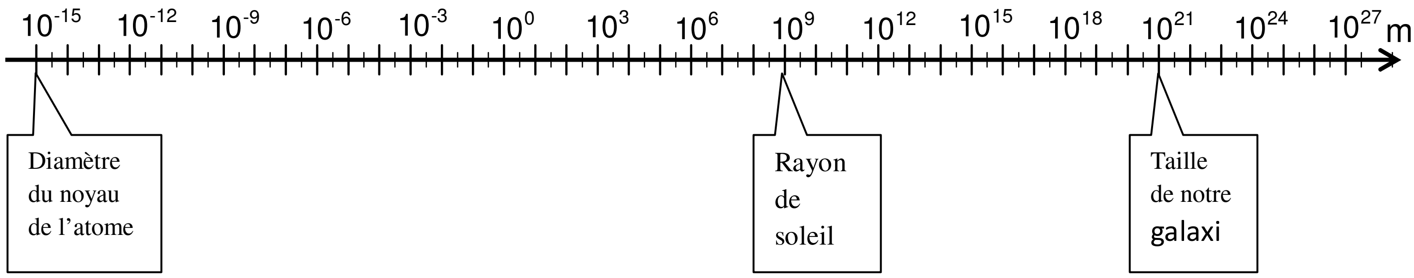
Donc en remplaçant dans la première formule : $g_h = g_0 \dfrac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$

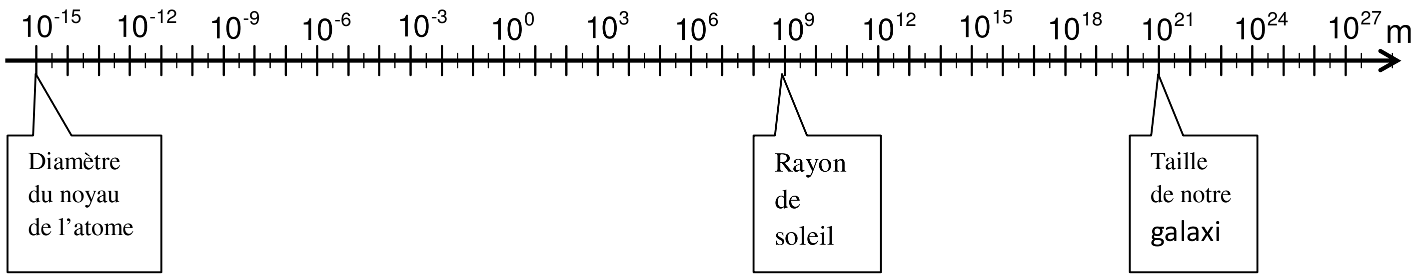

10^{-15} 10^{-12} 10^{-9} 10^{-6} 10^{-3} 10^{0} 10^{3} 10^{6} 10^{9} 10^{12} 10^{15} 10^{18} 10^{21} 10^{24} 10^{27} m
Diamètre du noyau de l'atome
Rayon de soleil
Taille de notre galaxi


10^{-15} 10^{-12} 10^{-9} 10^{-6} 10^{-3} 10^{0} 10^{3} 10^{6} 10^{9} 10^{12} 10^{15} 10^{18} 10^{21} 10^{24} 10^{27} m
Diamètre du noyau de l'atome
Rayon de soleil
Taille de notre galaxi


10^{-15} 10^{-12} 10^{-9} 10^{-6} 10^{-3} 10^{0} 10^{3} 10^{6} 10^{9} 10^{12} 10^{15} 10^{18} 10^{21} 10^{24} 10^{27} m
Diamètre du noyau de l'atome
Rayon de soleil
Taille de notre galaxi


10^{-15} 10^{-12} 10^{-9} 10^{-6} 10^{-3} 10^{0} 10^{3} 10^{6} 10^{9} 10^{12} 10^{15} 10^{18} 10^{21} 10^{24} 10^{27} m
Diamètre du noyau de l'atome
Rayon de soleil
Taille de notre galaxi


10^{-15} 10^{-12} 10^{-9} 10^{-6} 10^{-3} 10^{0} 10^{3} 10^{6} 10^{9} 10^{12} 10^{15} 10^{18} 10^{21} 10^{24} 10^{27} m
Diamètre du noyau de l'atome
Rayon de soleil
Taille de notre galaxi


10^{-15} 10^{-12} 10^{-9} 10^{-6} 10^{-3} 10^{0} 10^{3} 10^{6} 10^{9} 10^{12} 10^{15} 10^{18} 10^{21} 10^{24} 10^{27} m
Diamètre du noyau de l'atome
Rayon de soleil
Taille de notre galaxi