

Mécanique

Interaction gravitationnelle

1- La Terre et la Lune

On s'intéresse au mouvement de la Lune par rapport à la Terre.

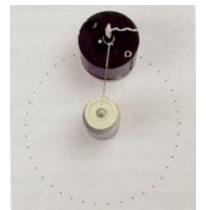
Quel est le mouvement de la Lune par rapport à la Terre?



La force exercée par la Terre sur la Lune est-elle attractive ou répulsive?

La force exercée par la Terre sur la Lune est-elle de contact ou à distance?

Pour simuler le mouvement de la Lune autour de la Terre, on filme un objet mobile pouvant tourner autour d'un point fixe en restant dans un plan horizontal. Un fil relie le point fixe et l'objet mobile.



Que modélise l'objet mobile?

Que modélise le point fixe?

Que modélise l'action exercée par le fil sur l'objet mobile?

L'action exercée par le fil est-elle de contact ou à distance?

Décrire le mouvement de l'objet après que l'on ait coupé le fil.

.....

.....

Si la Terre disparaissait subitement, la Lune ne serait soumise à aucune action. Quel serait alors le mouvement de la Lune?

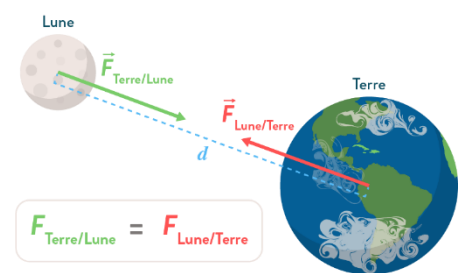
.....

.....

2- La force d'interaction gravitationnelle

"La Lune gravite vers la Terre, et par la force de gravité elle est continuellement retirée du mouvement rectiligne et retenue dans son orbite. La force exercée par la Terre qui retient la Lune dans son orbite est dirigée vers la Terre et sa valeur est inversement proportionnelle au carré de la distance entre le centre de la Lune et le centre de la Terre. La gravité appartient à tous les corps, et elle est proportionnelle à la masse que chaque corps contient."

(Isaac Newton - Principes mathématiques de la philosophie naturelle - 1687).



Parmi les expressions suivantes, cocher celle correspondant à la description de Newton:

$F = G \times M_T \times M_L \times d^2$

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

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

F : Force d'interaction gravitationnelle (N)

G : Constante gravitationnelle ($G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$)

M_T : Masse de la Terre ($M_T=5,98 \cdot 10^{24} \text{kg}$)

M_L : Masse de la Lune ($M_L=7,34 \cdot 10^{22} \text{kg}$)

R_T : Rayon de la Terre ($R_T=6,378 \cdot 10^6 \text{m}$)

d : Distance Terre-Lune ($d=3,844 \cdot 10^8 \text{m}$)

Calculer la valeur F de la force exercée par la Terre sur la Lune.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Compléter le tableau suivant en calculant la force d'interaction gravitationnelle exercée par le soleil de masse $M_S = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ sur chacune des huit planètes de notre système solaire.

Planète	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune
Masse ($\times 10^{24} \text{ kg}$)	0,3302	4,869	5,974	0,6418	1898	568,5	86,81	102,4
Distance ($\times 10^9 \text{ m}$)	58	108	150	227	778	1457	2870	4500
Force ($\times 10^{20} \text{ N}$)								

Commenter les valeurs calculées.

.....

.....

.....

Un objet situé à la surface de la Terre se situe à une distance du centre de la Terre égale au rayon terrestre (R_T).

A l'aide des données précédentes, calculer l'intensité de la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur une masse de $m = 0,200 \text{ kg}$, située à sa surface.

.....

.....

.....

Comparer cette dernière valeur avec celle du poids mesuré par un dynamomètre.

.....

.....

.....



Que peut-on alors dire du poids P d'un objet par rapport à la force d'interaction gravitationnelle F exercée par la Terre sur l'objet à sa surface?

.....

.....

.....

Dans la réalité, le poids et la force d'interaction gravitationnelle ne sont pas identiques. Pour comprendre cela écoutez les explications du professeur.

3- L'intensité de la pesanteur

La masse m (kg) et le poids P (N) d'un objet sont des grandeurs différentes mais sont quand même reliées l'une à l'autre par la relation suivante:

$$P = m \times g$$

P: Poids (N)

m: Masse (kg)

g: Intensité de la pesanteur (N.kg⁻¹)

Afin de déterminer simplement la valeur de l'intensité de la pesanteur g , on réalise à l'aide d'un dynamomètre la mesure du poids P de plusieurs masses m (voir schéma ci-contre).

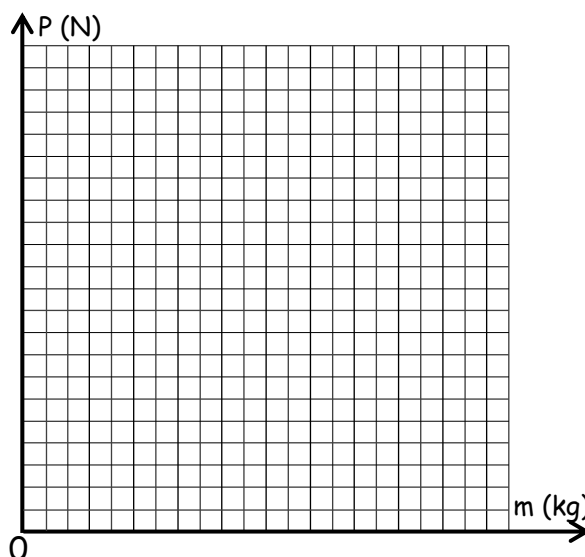


Attention: On devra bien étalonner le dynamomètre avant de réaliser les mesures avec la plus grande précision.

Compléter le tableau de mesures ci-dessous.

m (g)												
P (N)												
P/m (x10 ³ N/kg)												

Tracer la droite représentant la variation du poids P (N) en fonction de la masse m (kg).



Déterminer l'équation de cette droite.

.....

.....

.....

.....

.....

En déduire la valeur de l'intensité de la pesanteur g , et la comparer à la valeur usuelle de $9,81\text{N.kg}^{-1}$.

.....

.....

.....

Compléter la troisième ligne du tableau en calculant les rapports P/m . Que peut-on dire?

.....

.....

A l'aide de la calculatrice, calculer la valeur moyenne \bar{g} de g ainsi que l'écart type σ .

$$\bar{g} = \dots\dots\dots$$

$$\sigma = \dots\dots\dots$$

Ecrire le résultat sous la forme:

$$g = \bar{g} \pm \sigma = \dots\dots\dots$$

Conclure

.....

.....

.....

.....

.....

4- Mesure l'intensité de la pesanteur avec un smartphone

Un smartphone possède de nos jours plusieurs capteurs qui ne sont jamais utilisés habituellement. On peut donc détourner l'utilisation classique d'un smartphone afin d'en faire un instrument de mesure.

Avant de commencer toute expérience il faudra télécharger sur son smartphone (ou sur la tablette) le programme "Phyphox" (sur "Googleplay" ou sur "AppStore").

Un petit tour sur le site de "Phyphox" (<https://phyphox.org/>) permettra de mieux comprendre et de lister une série d'expériences.

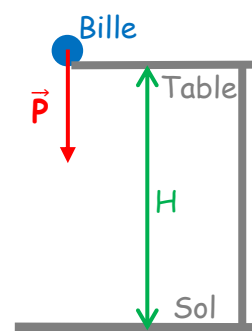
On utilisera le programme intitulé "Chronomètre sonore" de "Phyphox". Ce programme permet de mesurer la durée séparant deux "bruits".

Afin de mieux comprendre comment utiliser ce programme il faut consulter le tutoriel: <https://tinyurl.com/PhyphoxTuto>.

On considère un petit objet de masse m est lâchée, sans vitesse initiale. Après un parcours d'une hauteur H , l'objet frappe le sol.

La seule force agissant sur la bille est donc le poids $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$. La chute est dite libre.

Si on connaît la durée de chute Δt ainsi que la hauteur de chute, on peut calculer la valeur de l'intensité de la pesanteur g ainsi que la vitesse V_{sol} d'arrivée au sol.

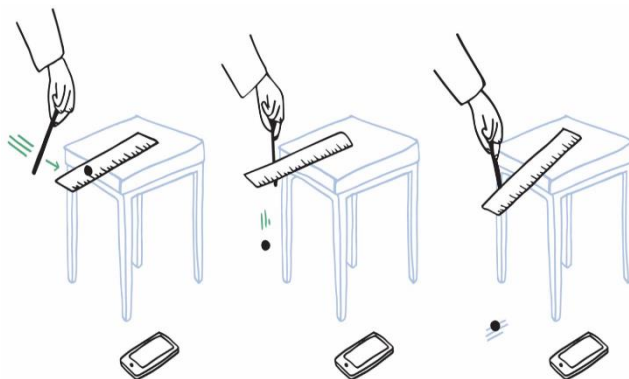


Les relations permettant d'effectuer ces calculs sont:

$$H = \frac{1}{2} \cdot g \cdot \Delta t^2 \qquad V_{\text{sol}} = g \cdot \Delta t$$

L'expérience à réaliser est schématisée ci-contre.

Choisir un objet pas trop lourd, pas trop volumineux mais assez dur pour qu'il fasse un bruit lorsqu'il tombe au sol, par exemple une pièce de monnaie ou une bille. Disposer cet objet sur une règle elle-même posée sur la table dont on doit déterminer la hauteur par rapport au sol



Taper brusquement sur le bord de la règle pour la pousser horizontalement et provoquer la chute de l'objet, par exemple avec un crayon. Vérifier qu'on distingue clairement le bruit fait lorsqu'on frappe la règle et le bruit fait par l'objet lorsqu'il touche le sol. Si la distinction claire des deux bruits est assurée, démarrer "Phyphox" et choisir l'expérience "Chronomètre sonore".

Reproduire à nouveau une chute : le premier bruit doit déclencher le chronomètre, le deuxième l'arrêter. Si ce n'est pas le cas, modifier le seuil sur "Phyphox".

Refaire l'expérience une douzaine de fois en notant à chaque fois les valeurs obtenues dans le tableau de mesures ci-dessous.

Δt (s)													
--------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

A partir de ces valeurs calculer la valeur de la moyenne $\overline{\Delta t}$ des mesures effectuées.

$$\overline{\Delta t} = \dots\dots\dots$$

Connaissant la hauteur H de chute, en déduire la valeur de l'intensité de la pesanteur g , et la comparer à la valeur usuelle de $9,81 \text{N.kg}^{-1}$.

.....

.....

.....

.....

Que peut-on en conclure sur la loi utilisée?

.....

.....