

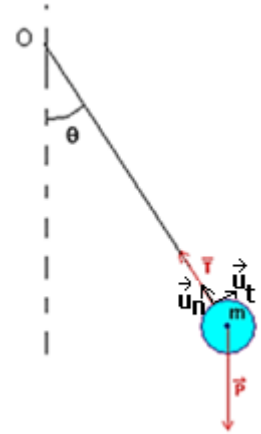
TP N°4 : LE PENDULE SIMPLE

1. OBJECTIFS

- Trouver les paramètres influençant la période d'un pendule.
- Trouver un modèle mathématique pour le calcul de cette période.
- Trouver les limites de ce modèle.

2. MATERIEL

- Fil inextensible.
- Support vertical.
- Rapporteur.
- Chronomètre.
- Corps cylindriques de différentes masses.
- Règle graduée.



3. THEORIE

3.1. Forces mises en jeu

La masse m est soumise à son poids $\vec{P} = m\vec{g}$ et à la tension \vec{T} du fil.

À l'équilibre : $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$.

En dehors de la position d'équilibre, la résultante de forces \vec{P} et \vec{T} , non nulle, provoque un mouvement oscillatoire circulaire.

3.2. Equation différentielle du mouvement

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$$

Sur \vec{u}_n : $T - P\cos\theta = ma_n$ (1)

Sur \vec{u}_t : $-P\sin\theta = ma_t = m(d^2s/dt^2)$ (2)

Puisque $s = l\theta$

$$(2) \Rightarrow -(g/l)\sin\theta = d^2\theta/dt^2$$

Pour les petites oscillations ; on peut remplacer $\sin\theta$ par θ et on obtient :

$$d^2\theta/dt^2 = -(g/l)\theta \Rightarrow d^2\theta/dt^2 + (g/l)\theta = 0 \Rightarrow d^2\theta/dt^2 + \omega^2\theta = 0 \quad (3), \text{ où } \omega = \sqrt{\frac{g}{l}} = \frac{2\pi}{T} \quad (T : \text{la période})$$

L'équation (3) est une équation différentielle du second ordre sans second membre, sa solution est donnée par :

$$\theta = \theta_0 \sin(\omega t + \varphi)$$

4. MANIPULATION

- Un pendule simple est constitué d'un objet supposé ponctuel de masse m suspendue à un fil inextensible, de masse négligeable et de longueur L (elle se mesure de l'axe jusqu'au centre de la masse), fixé à un support.
- Écarté de sa position d'équilibre d'un petit angle θ et lâché sans vitesse initiale, il effectue un mouvement périodique d'allée et venue, d'une durée T appelée période.

4.1. Influence de la masse

- La longueur du fil est réglée sur $L=50$ cm. Écarter la masse suspendue au fil de la position verticale d'équilibre d'un angle de 20° et abandonner à l'action de la pesanteur pour qu'elle se mette à osciller de part et d'autre de cette position. Mesurer pour les différentes valeurs de la masse du tableau, le temps que met le pendule pour effectuer une période (un aller-retour). Pour un résultat plus précis mesurer 10 périodes puis diviser par 10 pour obtenir le résultat d'une période. On ne gardera que trois chiffres significatifs pour la période T .

| | | | | |
|---------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|
| Masse (g) | cuivre (69.12g) | Aluminium (23.82g) | Plastique (13.53g) | Bois (9.05g) |
| t (s) (10T) | | | | |
| Période T(s) | | | | |

La période T du pendule dépend-elle de la masse m du solide ?

Université Ferhat Abbas -Sétif -Faculté des Sciences –Dép. de Physique – 1ère année -Licence LMD, Sciences de la matière-Semestre 1-2018/2019-Unité d'enseignement méthodologique 1 -Module : TP Physique 1-Mécanique

4.2. Influence de l'angle θ

- Pour $L=50\text{cm}$ et $m=69.12\text{g}$, mesurer, au chronomètre, une durée t égale à 10 périodes ($t = 10 \cdot T$) pour les différentes valeurs de θ du tableau. Effectuer plusieurs mesures concordantes et indiquer dans le tableau la valeur moyenne de t .
- Compléter le tableau de résultats suivant en conservant 3 chiffres significatifs pour T :

| | | | | |
|--------------------------------------|----|----|----|----|
| Angle θ en degré ($^\circ$) | 10 | 20 | 40 | 50 |
| t(s) = 10 T | | | | |
| Période T(s) | | | | |

La période T du pendule dépend-elle de l'angle θ ?

4.3. Influence de la longueur du fil

- Pour $\theta = 20^\circ$ et $m=69.12\text{g}$, mesurer, au chronomètre, une durée t égale à 10 périodes ($t=10 \cdot T$) pour les différentes valeurs de L du tableau. Effectuer plusieurs mesures concordantes et indiquer dans le tableau la valeur moyenne en conservant 3 chiffres significatifs.
- Compléter le tableau de résultats suivant en conservant 3 chiffres significatifs pour T et T^2 :

| | | | | | | | |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Longueur L (m) | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.50 | 0.60 | 0.70 | 0.80 |
| t (s) = 10 T | | | | | | | |
| Période T(s) | | | | | | | |
| T^2 (s^2) | | | | | | | |

- 1- Comment varie T avec L?
- 2- Tracer le graphe $T^2=f(L)$ sur la feuille de papier millimètre fourni.
- 3- Quelle est l'allure du graphe, donner son équation.
- 4- Calculer la pente de la courbe obtenue.
- 5- Dédurre la valeur de l'accélération g de la pesanteur.
- 6- En déduire l'expression de la période T en fonction de L et g et d'un facteur multiplicatif.
- 7- Calculer l'incertitude absolue sur g, puis écrire g sous la forme d'encadrement standard ($\Delta T = 0.01\text{s}$, $\Delta L = 1\text{mm}$).

5. APPLICATION: mesure de la masse de la Terre

- 1- Donner l'expression de g en fonction de L et T^2 .
- 2- Rappeler l'expression de g en fonction de G (constante de gravitation universelle), R_T (rayon moyen de la Terre) et M_T (masse de la Terre).
- 3- Des deux expressions de g, en déduire une relation entre M_T , L, R_T , T^2 et G. En prenant une valeur du tableau calculer M_T sachant que $R_T = 6,38 \cdot 10^3 \text{ km}$ et $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ (S.I)}$

6. COMPTE RENDU

La feuille de réponse est remplie par chaque binôme et rendue à la fin de la séance.