

TP 3

Etude du mouvement d'un pendule physique

I. But de la manipulation

1-Vérification de la formule donnant la période des oscillations libres du pendule physique.

2-Détermination de l'accélération de la pesanteur.

II. Théorie

On appelle pendule physique un solide indéformable mobile autour d'un axe horizontal ne passant pas par son centre de gravité. Lorsqu'on l'écarte de sa position d'équilibre d'un angle θ , le moment de la force de pesanteur M , appelé moment de rappel tend à ramener le pendule à sa position d'équilibre.

De l'application de la loi fondamentale de la dynamique de rotation :

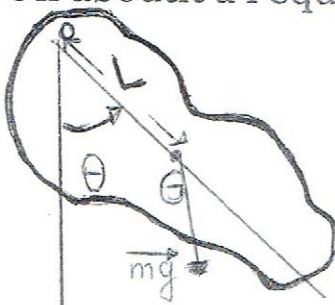
$$M = I \frac{d^2 \theta}{dt^2}$$

Où

I : est le moment d'inertie du pendule

$\frac{d^2 \theta}{dt^2}$: est l'accélération angulaire du mouvement de ce pendule

On aboutit à l'équation du mouvement :



$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} = - mgL \sin \theta$$

Où

m : est la masse du pendule

L : est la distance séparant le centre de gravité G de l'axe de rotation passant par O

Pour les faibles oscillations (θ petit), on considère l'approximation suivante: $\sin\theta \sim \theta$.

Par suite , on obtient :

$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} + m g L \theta = 0$$

ou

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} + (m g L / I) \theta = 0$$

qui est une équation du second ordre , dont la solution si on pose $\omega^2 = mgL/I$ (ω étant la pulsation du mouvement oscillatoire du pendule), donne :

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

La période des oscillations vaut alors :

$$T = 2\pi / \omega = 2\pi (I / m g L)^{1/2}$$

III. Manipulation

Exercice1 : vérification de la loi donnant la période d'un pendule physique constitué d'une tige seule , et détermination de l'accélération de la pesanteur

1-Mesurer à l'aide d'une règle , la longueur effective L_A de la tige.

2-Mettre la tige sur le prisme . Etablir son équilibre. Déterminer son centre de gravité .Noter la distance L_O séparant l'axe de rotation de la tige de ce centre de gravité (voir fig1) .

3-Suspendre la tige. L'écarter de sa position d'équilibre d'un angle $6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ (voir fig2) . la Lâcher sans vitesse initiale et déterminer le temps de n oscillations autour de son axe de rotation.

4-Refaire l'opération 4 fois

5-Calculer la période T sachant que : $T = t/n$

6-Calculer I_A le moment d'inertie de la tige sachant que :

$$I_A = m_A (L_A^2/12 + L_O^2)$$

où m_A est la masse de la tige.

7-Calculer l'accélération de la pesanteur g, où :

$$g = 4 \pi^2 I_A / m_A L_O T^2$$

8-Mettre tous les résultats dans le tableau 1

	L_A	L_O	n	t	t_{moy}	T_{moy}	T_{moy}^2	I_A	$I_A/m_A L_O$	g
Tige seule			10							

Tableau1

Exercice 2 : Vérification de la loi donnant la période d'un pendule composé et détermination de l'accélération de la pesanteur pour (la tige + la surcharge)

1-Considérer la surcharge C . Noter sa masse m_c . Mesurer son diamètre D.

2-Fixer la surcharge C au bas de la tige précédente à une distance l de l'axe de rotation (voir fig3).

3-Poser l'ensemble (tige + surcharge) sur le prisme . Etablir son équilibre. Déterminer son centre de gravité. Noter L la distance séparant l'axe de rotation , du centre de gravité de l'ensemble (tige + surcharge).

4- Suspendre l'ensemble . L'écarter de sa position d'équilibre d'un angle $6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$. le Lâcher sans vitesse initiale et déterminer le temps de n oscillations autour de son axe de rotation.

5- Refaire l'opération 4 fois.

6-Changer la distance l de fixation de la surcharge et refaire les mêmes opérations(3-) et(4-) pour 2 autres positions de la surcharge au bas de la tige.

7-Calculer la période T sachant que : $T = t/n$

8-Calculer I le moment d'inertie de l'ensemble sachant que :

$$I = I_A + I_C$$

où I_C est le moment d'inertie de la surcharge C de masse m_C et vaut : $I_C = m_C (l + D/2)^2 + \frac{1}{2} m_C (D/2)$

9-Calculer l'accélération de la pesanteur g pour les différentes positions de la surcharge où :

$$g = 4 \pi^2 I / m L T^2$$

et $m = m_A + m_C$: masse de l'ensemble (tige + surcharge)

10-Mettre tous les résultats dans le tableau 2

11-Calculer l'accélération expérimentale g_{moy} et Δg_{moy}

12-Tracer le graphe $T^2 = f(I / m L)$, et en déduire g_{grap}

13-Calculer $g_{thé}$, sachant que : $g_{thé} = 9,7804 + 0,052 \sin^2 \varphi$

Où φ représente la latitude du lieu considéré . Pour Annaba

$$\varphi = 37^\circ$$

13-Comparer g_{exp} , g_{graph} et $g_{\text{thé}}$. Conclure.

Tige + Sur charge	l_1 mm	L_1	n	t_1	t_{1moy}	T_{1moy}	I_{C1}	I_{C1} + I_A	g_1	g_{moy}	Δg_1	Δg_{moy}
	940		10									
	l_2 mm	L_2		t_2	t_{2moy}	T_{2moy}	I_{C2}	I_{C2} + I_A	g_2		Δg_2	
	960											
	l_3 mm	L_3		t_3	t_{3moy}	T_{3moy}	I_{C3}	I_{C3} + I_A	g_3		Δg_3	
	980											

Tableau2

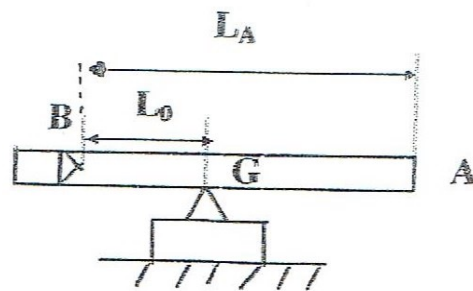


Fig1

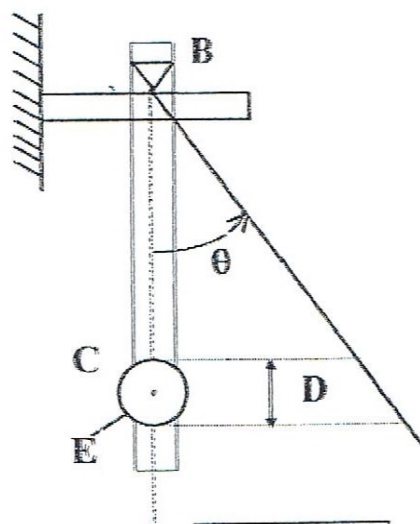


Fig2

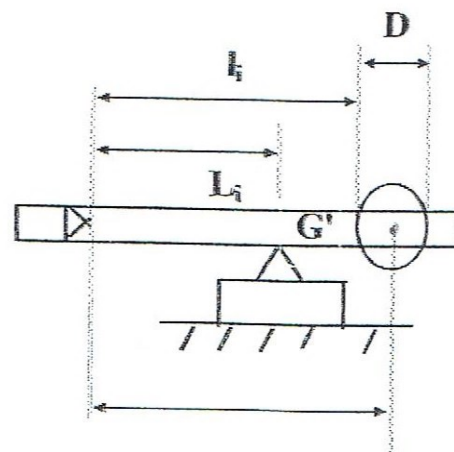


Fig3

TP 4

CHUTE LIBRE

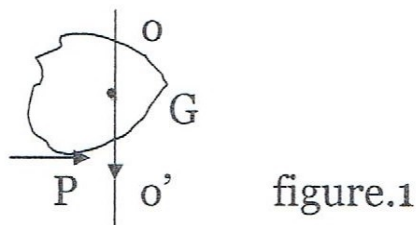
I. But de la manipulation

On se propose d'étudier les lois de la chute libre d'un corps à partir de mesures directes des durées de cette chute pour différentes hauteurs

II. Théorie

On appelle chute libre le mouvement d'un corps abandonné dans le vide sans vitesse initiale et soumis à la seule action de son poids $\vec{p}$.

L'étude expérimentale montre, que tout corps en chute libre est dirigé vers la terre suivant la verticale où de son centre de gravité G (fig. 1)



Tous les corps tombent suivant la même loi. L'expérience montre que dans le vide, le mouvement de chute libre d'un corps est un mouvement uniformément accéléré.

L'accélération de ce mouvement est l'accélération de la pesanteur $\vec{g}$

Ceci est conforme à la seconde loi de Newton :

Un corps en chute libre dans le vide est soumis à la seule action de son poids $\vec{p}$, qui est constant dans un même lieu du globe.

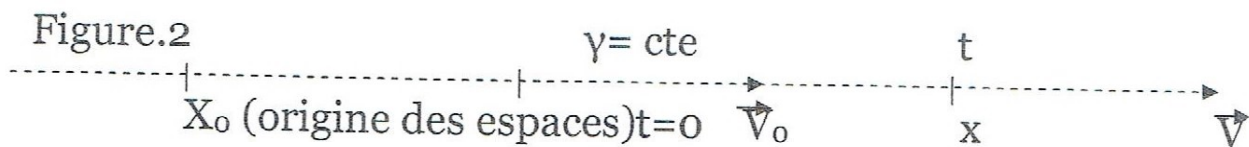
Cette force constante imprime au corps un mouvement uniformément accéléré avec l'accélération $\vec{g}$ tel que :

$$\vec{p} = m \vec{g}$$

Les équations générales d'un mouvement uniformément accéléré sont :

$$x = \frac{1}{2} \gamma t^2 + V_0 t + x_0 \quad (1)$$

$$V = \gamma t + V_0$$



x : espace parcouru à l'instant t par le mobile

x_0 : espace parcouru à l'instant $t=0$

V : vitesse du mobile à l'instant t

V_0 : vitesse du mobile à l'instant $t=0$

γ : accélération de la pesanteur

t : durée du parcours

Adoptons comme origine des temps ($t=0$) l'instant auquel le mobile passe par l'origine des espaces ($X_0=0$)

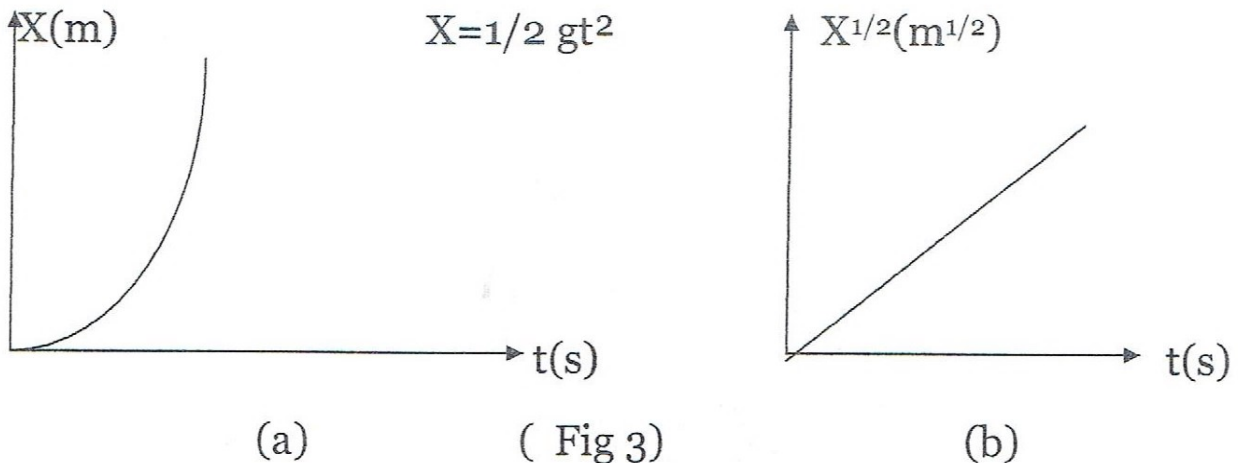
Dans le cas de la chute libre d'un corps abandonné sans vitesse initiale ($V_0=0$) les équations (1) prennent alors la forme :

$$X = \frac{1}{2} g t^2 \quad (2)$$

$$V = g t$$

$$\gamma = g = \text{cte}$$

Le graphique des espaces parcourus en fonction du temps est dans ce cas, une parabole (fig 3-a)



La seconde courbe (fig 3-b) est caractéristique du mouvement rectiligne uniformément accéléré .Cette courbe est une droite. Les expressions (2) décrivent la chute libre d'un corps (sous la seule action de son poids).

Elles ne sont plus valables si la chute s'effectue dans l'air.

En effet, le corps qui tombe dans l'air est soumis à plusieurs forces à la fois : force de la pesanteur, poussée d'Archimède, résistance de l'air.

-La poussée d'Archimède, dépend de la densité du corps

-la résistance de l'air ,dépend de la forme du corps et varie avec la vitesse de celui-ci

III. Manipulations :

1. Accrocher la bille à l'électro-aimant (1)
2. A l'aide de l'interrupteur (A) couper le courant pour libérer la bille
3. Déterminer le temps de chute de la bille pour différentes hauteurs.
4. Répéter l'expérience 4 fois

5. Mettre les résultats dans le tableau ci- dessous
6. Calculer g_{moy} et Δg_{moy} . Exprimer le résultat sous la forme :

$$g_{\text{exp}} = (g_{\text{moy}} \pm \Delta g_{\text{moy}}) \text{ usi}$$

7. Tracer les graphes $h=f(t)$ et $h^{1/2}=f(t)$.
Donner des conclusions sur les caractères du mouvement de chute libre.
8. calculer $g_{\text{thé}}$ sachant que :
 $g_{\text{thé}} = (9,7804 + 0,052 \sin^2 \varphi) \text{ u.s.i}$
où φ représente la latitude du lieu considéré. Pour Annaba
 $\varphi = 37^\circ$
9. comparer g_{exp} , $g_{\text{thé}}$ et g_{grap} . Conclure .

h(m)	t	t _{moy}	Δt	Δt _{moy}	g	g _{moy}	Δg	Δg _{moy}		
0,40										
0,60										
0,80										
1,00										
1,20										

Schéma du dispositif

