

D.M. DE PHYSIQUE N°2

Pour le Vendredi 27 Septembre 2024

Problème 1 : Air dans un ballon de football

Document 1 : Caractéristiques d'un ballon de football

Ses caractéristiques sont définies par la Loi 2 du football de l'International Football Association Board. Elles ont été arrêtées en 1837.

Le ballon doit être sphérique, en cuir ou dans une autre matière adéquate, avoir une circonférence de 70 cm au plus et de 68 cm au moins, soit un diamètre de 22 cm, une masse de 650 g au plus et de 600 g au moins au début du match, la pression à l'intérieur du ballon se situant entre 1,6 atm (pour les ballons de futsal) et 2,1 atm.

D'après http://fr.wikipedia.org/wiki/Ballon_de_football



Document 2 : Caractéristiques techniques d'une pompe à vélo

Longueur : 180 mm

Capacité : 105 cm³/ coup de pompe

Diamètre : 34 mm

Pression maximale pouvant être obtenue grâce à cette pompe : 11 bars

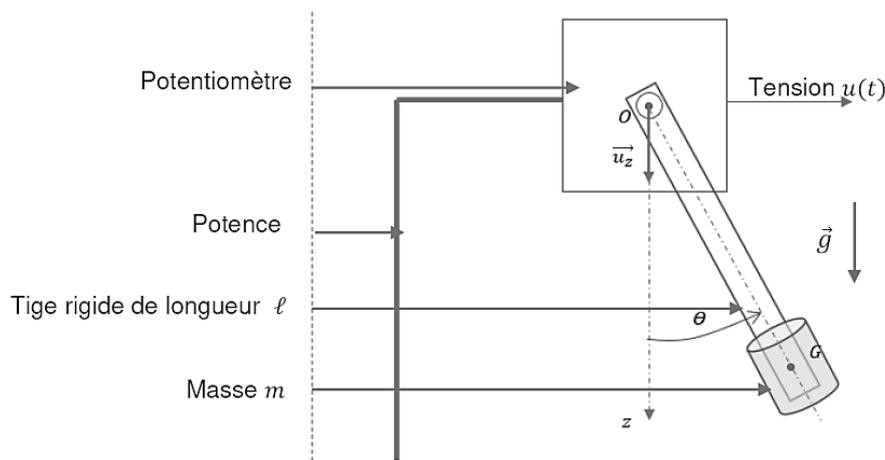
Poids : 160 grammes

- À partir des documents ci-dessus, estimer combien de coups de pompe à vélo sont nécessaires pour gonfler un ballon de football qu'on supposera pour simplifier initialement vide de tout air.

PROBLEME N° 2 : ETUDE DES OSCILLATIONS D'UN PENDULE

A) Modélisation

On considère le dispositif dessiné ci-dessous permettant d'observer le mouvement d'un pendule pesant constitué d'une tige rigide de longueur ℓ et d'une masse m fixée à son extrémité. A l'image du balancier d'une horloge ou d'une balançoire, la masse m va osciller autour du point O . La position angulaire $\theta(t)$ de la tige est repérée par rapport à l'axe vertical descendant Oz . Un potentiomètre alimenté, fixé sur une potence et solidaire de la tige en rotation, permet d'apprécier la position angulaire $\theta(t)$ de la tige en délivrant une tension $u(t) = k\theta(t)$ avec k constante.



Dans toute la suite la suite, nous allons travailler avec les hypothèses suivantes :

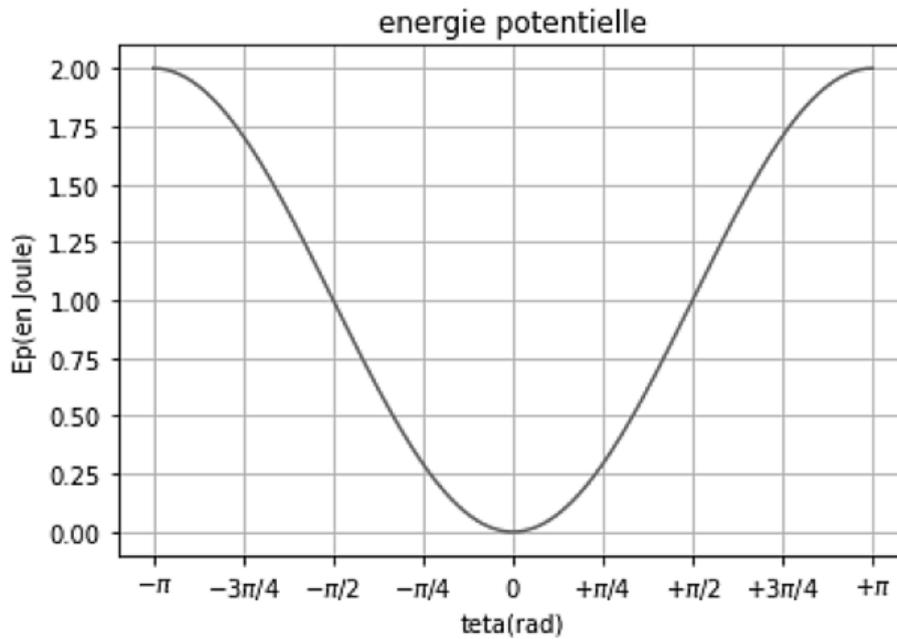
- Le mouvement du pendule est étudié dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen.
- Les frottements de type fluide seront négligés.
- On néglige également les effets dissipatifs des actions de contact entre le potentiomètre et la tige.
- On note g le champ de pesanteur terrestre et on néglige la poussée d'Archimède de l'air environnant.
- On néglige la masse de la tige par rapport à la masse m dont le centre de masse G est tel que $OG \approx \ell$.

Ce système oscillant est alors modélisé par un pendule simple dont l'étude se limite à celle de la masse m animée d'une vitesse algébrique v donnée par $v = \ell \frac{d\theta}{dt} = \ell \dot{\theta}$.

1. Etablir l'expression de l'énergie cinétique E_c de ce pendule en fonction de m , ℓ et $\dot{\theta}$.
2. Etablir l'expression de l'énergie potentielle E_p associée à ce pendule en fonction de m , g , ℓ et θ en prenant $E_p(\theta = 0^\circ) = 0$.
3. Déterminer par une étude théorique la ou les positions d'équilibre de ce système ainsi que leur stabilité.
4. Enoncer le théorème de la puissance mécanique. On nommera les termes intervenant dans ce théorème.
5. Montrer alors que l'angle $\theta(t)$ vérifie l'équation différentielle non linéaire $\ddot{\theta} + \omega_0^2 \sin \theta = 0$. On donnera l'expression de la pulsation propre ω_0 en fonction de g et ℓ .

B) Partie expérimentale

On donne ci-dessous la représentation graphique de $E_p(\theta)$ du pendule de longueur $\ell = 1m$ étudié avec $m = 0,2 kg$.



6. Cette représentation graphique est-elle en accord avec l'étude des positions d'équilibre effectuée précédemment ?

A $t = 0$, on lance la masse m avec une vitesse initiale $v(0) = v_0 = \sqrt{10} \text{ m.s}^{-1}$ à la position angulaire $\theta(t = 0) = 0^\circ$.

7. Quelle est la valeur de l'énergie mécanique E_m de la masse m ? Justifier.

8. Quelle sera la position angulaire maximale θ_0 atteinte par cette masse m ? Justifier.

9. Quelle sera la vitesse de la bille lorsqu'elle atteindra la position $\theta_1 = \frac{\pi}{4}$? Justifier.

10. Avec quelle vitesse initiale minimale faut-il lancer la bille à partir de la position angulaire $\theta(t = 0) = 0^\circ$ pour qu'elle puisse effectuer un tour complet ?