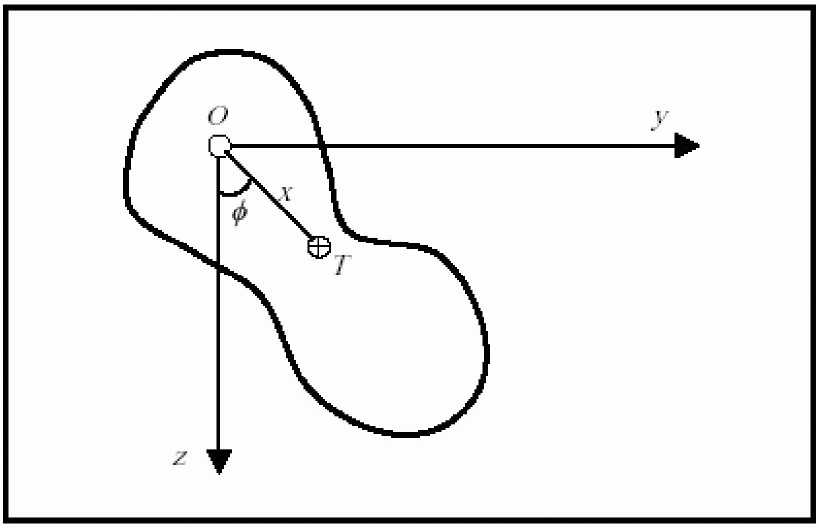
Fyzikálne kyvadlo

Teoretický rozbor

Fyzikálne kyvadlo je teleso, ktoré sa môže voľne otáčať okolo vodorovnej osi, neprechádzajúcej ťažiskom. Pohybová rovnica, určujúca uhlovú odchýlku ϕ fyzikálneho kyvadla má tvar

$$\frac{d^2\phi}{dt^2} + \frac{mgx}{J} sin\phi = 0$$



J je veľkosť momentu zotrvačnosti telesa voči rotačnej osi O. Pri malých výchylkách kmitov je možné aproximovať hodnotu sin ϕ v pohybovej rovnici vzťahom

$$\sin\phi \approx \phi$$

a riešenie pohybovej rovnice vyjadriť ako harmonickú funkciu

$$\phi(t) = \Phi\, sin(\omega t + \psi)$$

kde

$$\omega = \sqrt{\frac{mgx}{J}}$$

je uhlová frekvencia kmitov fyzikálneho kyvadla. Periódu kmitov určíme pomocou vzťahu

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgx}}$$

Moment zotrvačnosti J pre zvolenú rotačnú os určíme podľa vzťahu

$$J = J_T + mx^2$$

kde J_T je veľkosť momentu zotrvačnosti pri pohybe okolo osi, prechádzajúcej ťažiskom T a x je vzdialenosť osi O a ťažiska. Prióda kmitov fyzikálneho kyvadla

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J_T + mx^2}{mgx}}$$

je preto funkciou vzdialenosti osi rotácie a ťažiska x. Hodnotu J_T určíme pomocou vzťahu $J_T = mL^2/12$ kde L je dĺžka telesa. Minimum periódy kmitov budeme pozorovať pri určitej vzdialenosti x_m osi rotácie od ťažiska a určíme ho z predchádzajúcej rovnice po dosadení J_T a analýze minima funkcie T. Po úprave $x_m = L/\sqrt{12}$.

Úlohy:

1. Zmerajte periódu kmitov fyzikálneho kyvadla pre rotačné osi v rôznych vzdialenostiach od ťažiska.
2. Graficky a derivačnou metódou určte polohu lokálneho extrému x_m závislosti $T = T(x)$.
3. Porovnajte experimentálnu a teoretickú hodnotu x_m.

Postup:

1. Meranie prevediame na prípravku. Rotačnú os umiestňujeme postupne vo všetkých voľných polohách na prípravku a v každej vzdialenosti x rotačnej osi od ťažiska určíme periódu kmitov ako strednú hodnotu opakovaných (aspoň trikrát) meraní periódy dvadsiatich kmitov.
2. Graficky znázorníme priebeh $T = T(x)$.
3. Znázorníme priebeh funkcie dT/dx a určíme lokálny extrém (ako polohu priesečníka funkcie dT/dx s osou x).