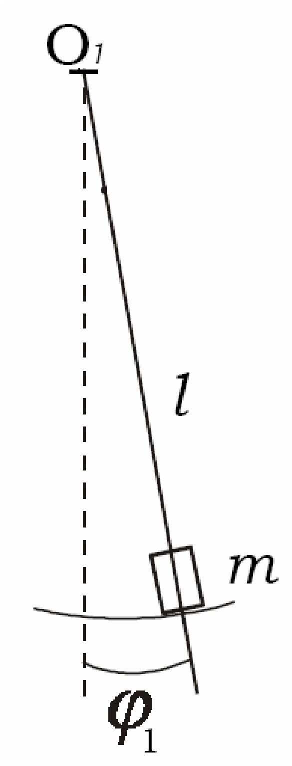
Fyzikálne kyvadlo



Pre pohyb fyzikálneho kyvadla platí pohybová rovnica $J\varepsilon = \mathbf{r}\times\mathbf{F}_g$, v skalárnom tvare

$$J\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -mgl\,\boldsymbol{sin}\,\varphi\,\boldsymbol{,} \qquad (1)$$

kde na pravej strane je moment sily vzhľadom na os otáčania (tá je označená bodom O_1), J je moment zotrvačnosti telesa vzhľadom na os otáčania násobený uhlovým zrýchlením telesa okolo tej istej osi. m je hmotnosť telesa, l je vzdialenosť ťažiska od osi otáčania. Znamienko mínus vyjadruje, že moment sily **M** je opačne orientovaný ako výchylka **φ.** Rovnicu (1) upravíme

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{mgl}{J}\boldsymbol{sin}\,\varphi = 0 \qquad (2)$$

Táto rovnica je ťažko riešiteľná a jej riešenie $\varphi(t)$ má tvar nekonečného radu. Ak si však zvolíme malú počiatočnú výchylku α_0, výchylky α budú malé a $\sin\varphi \approx \varphi$, rovnica sa zjednoduší

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \omega^2\varphi = 0 \qquad (3),$$

kde $$\omega_1 = \sqrt{\frac{mgl}{J}} \qquad (4)$$

a jej riešenie bude (pri spôsobe uvedenia kyvadla do pohybu vychýlením o uhol $+\varphi_0$)

$$\varphi = \varphi_0 \cos\omega_1 t \qquad (5)$$

Veličina ω je uhlová frekvencia. Medzi ňou a frekvenciou f a periódou T platia vzťahy $\omega_1 = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$. Doba kmitu fyzikálneho kyvadla

$$T = \frac{2\pi}{\omega_1} = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgl}} \qquad (6)$$

by sa môže využiť na výpočet tiažového zrýchlenia, pretože dobu kmitu vieme ľahko odmerať. Problémom je presná poloha ťažiska, t.j. dĺžka l a moment zotrvačnosti fyzikálneho kyvadla voči osi otáčania. Tieto ťažkosti sa obídu použitím reverzného kyvadla, ktoré ako ďalej uvidíme, formálne prevedie fyzikálne kyvadlo na matematické.

V tomto prípade sa naše fyzikálne kyvadlo skladá z dvoch telies, ktorých momenty zotrvačnosti sa sčítajú.

Tyč má moment zotrvačnosti $J_1 = \frac{1}{3}m_1\, l_1^{\,2}$

Posuvný valec má moment zotrvačnosti: $J_2 = m_2\, l_2^{\,2}$

m_1 je hmotnosť tyče, m_2 je hmotnosť závažia,
l_1 je dĺžka tyče, l_2 je vzdialenosť stredu závažia od osi otáčania.

KATEDRA FYZIKY ŽU-EF ŽILINA		
Študent	Názov práce *VYŠETROVANIE KMITOV DVOCH SPRIAHNUTÝCH KMITOV*	Deň a hodina merania v týždni
Skupina		Vyučujúci
Fakulta		Dátum

Cieľ merania

1. Vyšetrite závislosť parciálnej frekvencie ω_0 a frekvencií ω_1 i ω_2 od väzbovej vzdialenosti *a*.
2. Vypočítajte koeficient väzby γ a stanovte jeho závislosť od väzbovej vzdialenosti *a*.
3. Určite frekvenciu rázov výmeny energie Ω_v pre všetky zvolené väzbové vzdialenosti *a* a porovnajte zmerané Ω s hodnotami získanými podľa vzťahu $\Omega_p = \omega_2 - \omega_1$.
4. Určite hodnotu času t_0 výmeny energie výpočtom i experimentálne.

Pomôcky:...
....
Postup merania..
....
....…………..…………

Hmotnosť m_1 = …………………… [kg] m_2 = …………………… [kg]
Parametre l_1 = ………………….... [m] l_2 = ………..………….. [m]

J_1 = ………………….. [kg m^2]
J_2 = ………………….. [kg m^2]
$J = J_1 + J_2$ = ………………….. [kg m^2]

$$\gamma = \frac{\omega_2{}^2 - \omega_1{}^2}{\omega_2{}^2 + \omega_1{}^2} \qquad \Omega_v = \omega_0\left(\sqrt{1+\gamma} - \sqrt{1-\gamma}\right) \qquad t_0 = \frac{\pi}{\Omega_v}$$

a [m]	ω_0 [s^{-1}]	ω_1 [s^{-1}]	ω_2 [s^{-1}]	γ	Ω_v [s^{-1}]	Ω_p [s^{-1}]	t_0 [s]	t_0^* [s]