KATEDRA FYZIKY VŠB-TU OSTRAVA		
Student	NÁZEV PRÁCE **Měření momentu setrvačnosti z měření doby kmitu**	Číslo práce
Skupina/Osob. číslo		Datum
Spolupracoval		Podpis studenta:

Cíle měření:
Osvojit si metody měření délky a hmotnosti. Určit moment setrvačnosti fyzického kyvadla z naměřené doby kmitu.

Měřicí prostředky:
stojan s FK a přídavným válečkem, rovnoramenné váhy, posuvné měřítko, mikrometrický šroub, stopky

Kompendium teorie:
Fyzické kyvadlo (FK) je každé těleso otočné bez tření kolem vodorovné osy neprocházející těžištěm. Z pohybové rovnice rotačního pohybu FK dostaneme pro periodu T:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{m_c g d}} \tag{1}$$

J	moment setrvačnosti FK
m_c	hmotnost FK s přídavným válečkem
g	tíhové zrychlení
d	vzdálenost těžiště FK od vodorovné rotační osy

Vodorovné rotační ose O_T procházející těžištěm nechť přísluší moment setrvačnosti J_0, ose O rovnoběžné s O_T a těžištěm neprocházející moment setrvačnosti J. Podle Steinerovy věty:

$$J = J_0 + md^2 \tag{2}$$

Fyzickým kyvadlem je pro zadané měření setrvačník z obr. 1. K němu je připojen váleček hmotnosti m_v a poloměru r_v. Jeho geometrická osa je

rovnoběžná s rotační osou setrvačníku a vzdálena od ní o L. Osa O je volná osa FK, což znamená, že je FK vzhledem k ní v rovnovážné poloze volné. Použijeme-li (2), vzorec pro moment setrvačnosti válce vzhledem k rotační ose splývající s osou symetrie válce a Steinerovu větu, získáme pro moment setrvačnosti FK s přídavným válečkem:

$$J = J_0 + J' = J_0 + m_v L^2 + \frac{1}{2} m_v r_v^2 \tag{3}$$

J_0 moment setrvačnosti FK (bez přídavného válečku) k ose O
J' moment setrvačnosti přídavného válečku k ose O

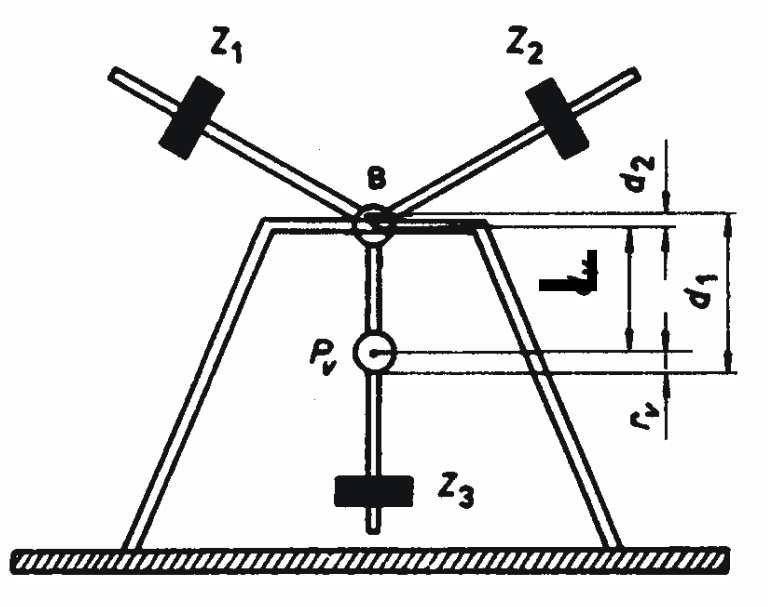
Polohu hmotného středu (těžiště) FK s přídavným válečkem lze určit jako těžiště dvou hmotných bodů – prvního o hmotnosti m_0 v těžišti T_1 kyvadla a druhého o hmotnosti m_v v těžišti T_2 přídavného válečku. Podle definice těžiště:

$$\frac{m_0}{m_v} = \frac{L-d}{d} \Rightarrow d = \frac{m_v}{m_0 + m_v} L = \frac{m_v}{m_c} L \tag{4}$$

Po dosazení (1) a (4) do (3), úpravě a s přihlédnutím k označení délek na obr. 1 lze psát pro hledaný moment setrvačnosti:

$$\begin{aligned} J_0 &= \frac{gT^2}{4\pi^2} m_v L - m_v L^2 - \frac{1}{2} m_v r_v^2 = \\ &= \frac{gT^2}{4\pi^2} m_v \left(d_1 - d_2 - r_v\right) - m_v \left(d_1 - d_2 - r_v\right)^2 - \frac{1}{2} m_v r_v^2 \end{aligned} \tag{5}$$

Pokyny k vlastnímu měření:

1) Nastavte závaží Z_1, Z_2, Z_3 na závitech tyčí tak, aby FK s přídavným válečkem zaujalo rovnovážnou polohu s jednou tyčí svislou (obr. 1).
2) Vhodným měřidlem změřte délky d_1, d_2 a r_v, vážením určete hmotnost válečku m_v.
3) Vychylte FK z rovnovážné polohy nanejvýš o úhel 5° a stopkami stanovte dobu kmitu postupnou metodou.
5) Určete kombinovanou nejistotu měření J_0.

Obrázek 1.