

Slezská univerzita v Opavě – Fyzikální ústav			
Fyzikální praktikum I – Mechanika a molekulová fyzika			
Jméno:	Ročník, obor:	Vyučující:	Datum měření:
Spolupracující:	Název úlohy: Moment setrvačnosti tělesa, Steinerova věta		Datum odevzdání:
Číslo úlohy:			Hodnocení:

Tento soubor obsahuje stručné pokyny pro měření úlohy a základy problematiky. Další potřebné i podrobnější informace čerpejte z literatury, pěkně je na netu popsáno např. zde: https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Moment_setrva%C4%8Dnosti

Úkol:

Ze změřených hodnot momentů setrvačnosti a s využitím Steinerovy věty určete hmotnost daného tělesa (např. válce). Zhodnoťte dosažitelnou přesnost měření.

Pomůcky

- Stolní váhy
- Posuvné měřítko
- Stopky
- Svinovací metr

Teorie úlohy

Užitím odkazu výše:

V teorii zaveďte moment J setrvačnosti tělesa, bude to de facto z jeho definice, a to jak pro soustavu hmotných bodů, tak pro tuhé těleso. Dál přijde Steinerova věta, k tomu blíže zde:

Steinerova věta:

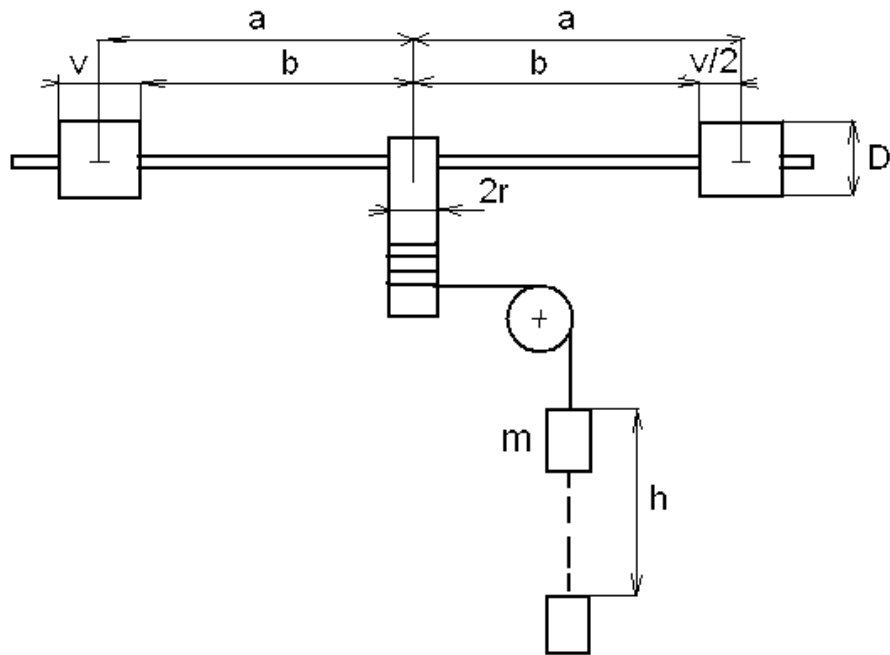
Moment setrvačnosti tělesa J_T vzhledem k ose jdoucí těžištěm a moment setrvačnosti J_a vzhledem k rovnoběžné ose ve vzdálenosti a spolu souvisejí podle vztahu

$$J_a = J_T + m \cdot a^2, \quad (1)$$

kde m je hmotnost tělesa, a je vzdálenost vzájemně rovnoběžných os otáčení.

Vlastní měření - popis a teorie metody

1. Hřídel se dvěma rameny (obr. 1) se otáčí se zanedbatelným třením kolem svislé osy. Její moment setrvačnosti je J . Na hřídel navineme niť a přes kladku zavěsíme závaží o hmotnosti m . Působením stálé síly $F=mg$ po dráze h se soustava otáčí rovnoměrně zrychleným pohybem po dobu T až do vymotání nitě a platí:



Obr. 1

Zákon zachování mech. energie má tvar

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J\omega^2 \quad (1)$$

Rychlost v a ω lze vyjádřit ze vztahů pro rovnoměrně zrychlený pohyb.

$$a = \frac{2h}{T^2}$$

$$v = aT = \frac{2h}{T} \quad (2)$$

$$\omega = \frac{2h}{rT}$$

Dosazením do (1) a úpravou vyjádříme J

$$J = \left(\frac{T^2 mg}{2h} - m \right) r^2 \quad (3)$$

Podle parametrů úlohy lze druhý člen v závorce i zanedbat a pak platí

$$J = \frac{r^2 mg T^2}{2h} \quad (4)$$

2. Na ramena umístíme do vzdálenosti a od osy otáčení dvě tělesa (válce) stejné hmotnosti a stejných rozměrů. Moment setrvačnosti pravidelných těles vzhledem k těžišti lze vypočítat, nechť je v našem případě J_V . Podle Steinerovy věty moment dvou válců hmotnosti m_V ve vzdálenosti a je

$$J_a = J + 2(J_V + m_V a^2), \quad (5)$$

který opět můžeme pomocí popsané metody změřit a vypočítat podle vztahu (5). Čas T bude větší.

Abychom se vyhnuli použití teoretického vztahu pro J_V , vyloučíme ho z měření následovně - válce umístíme postupně do vzdálenosti a_1, a_2 . Odpovídající časy nechť jsou T_1, T_2 .

Platí

$$J_{a_1} = J + 2(J_V + m_V a_1^2) \quad (6)$$

$$J_{a_2} = J + 2(J_V + m_V a_2^2) \quad (7)$$

Rovnice odečteme a vyjádříme m_V :

$$m_V = \frac{J_{a_2} - J_{a_1}}{2(a_2^2 - a_1^2)} \quad (8)$$

Vyloučili jsme nejen J_V , ale i J , tj. moment setrvačnosti soustavy, na kterou umístíme válečky.

Vyjádříme-li J_{an} pomocí vztahu (4), pak

$$m_V = \frac{r^2 mg (T_2^2 - T_1^2)}{4h(a_2^2 - a_1^2)}, \quad (9)$$

takže můžeme určit hmotnost daného tělesa – to je dle zadání náš úkol.

Pomůcky

- Stolní váhy (vážíme metodou 3 kyvů, to ostatně vždy)
- Posuvné měřítko
- Stopky
- Svinovací metr

Postup měření

1. Změřte průměr (a následně vypočtete poloměr r) hřídele.
2. Na stolních vahách zvažte závaží o hmotnosti m .
3. Změřte délku odmotávaného provázku a určete tak hodnotu h .
4. Do vzdálenosti a_1 od osy umístěte na obě ramena dva stejné válce a změřte čas T_1 .
5. Opakujte pro další a_2, a_3 .
6. Podle vztahu (9) vypočtete hmotnosti m_V pro 10 vzdáleností a .
7. Hmotnost m_V a porovnejte s hodnotou získanou vážením.

Nyní proved'me vlastní měření, hodnoty zapisujme do tabulky:

- následuje kompletní měření se zpracováním výsledků – viz Protokol - vzor

Závěr.

Porovnejte a zhodno'te výsledky měření oběma metodami, určete celkový výsledek s ohledem na zhodnocení přesnosti obou metod, všechny výsledky uveďte v Závěru.