

MĚŘENÍ MOMENTU SETRVAČNOSTI

ZADÁNÍ ÚLOHY

Určete moment setrvačnosti trojúhelníkové a čtvercové desky vztažený k těžišťové ose pomocí měření doby kyvu.

DOPORUČENÁ LITERATURA

- [1] Toman J., Semerák P., *Fyzika 10 – Praktická cvičení*, Vydavatelství ČVUT, 2001.
- [2] Horák Z., *Praktická fyzika*, SNTL, 1958.
- [3] Brož J. a kol., *Základy fyzikálních měření I-III*, Státní pedagogické nakladatelství, 1967.

Teoretický úvod naleznete v **úloze 6** skript [1], případně v [2] nebo [3].

METODY MĚŘENÍ

Určení momentu setrvačnosti pomocí měření doby kyvu

Moment setrvačnosti hmotného tělesa charakterizuje setrvačné vlastnosti tohoto tělesa při otáčivém pohybu kolem určité osy, podobně jako hmotnost charakterizuje setrvačné vlastnosti tohoto tělesa při pohybu posuvném. Početně lze moment setrvačnosti stanovit jen v některých případech, např. pro tělesa jednoduchých tvarů a snadno určitelné hustoty příp. konstantní hustoty. V obecných případech, kdy nelze stanovit hmotový moment setrvačnosti početně, využijeme experimentálního měření. V tomto případě zvolíme jednu z možných nepřímých metod určení momentu setrvačnosti. Pro účely této laboratorní úlohy využijeme metodu určení momentu setrvačnosti tělesa založenou na měření doby kyvu zkušebního tělesa zavěšeného v mimotěžišťové ose rotace (model fyzického kyvadla). Odvození vztahů může čtenář nalézt např. v [1-3].

Při výpočtech odhadů kombinovaných nejistot uvažujte nejistoty měření rozměrů desek, nejistotu doby kyvu určenou z postupných měření a rozlišení stopek a reakční dobu, kterou vhodně odhadněte. U výsledků uvádějte rozšířenou nejistotu pravděpodobnosti pro interval spolehlivosti 95 %.

POSTUP MĚŘENÍ

1. Změřte měřítkem plošné rozměry a mikrometrem (případně posuvným měřítkem) tloušťku desek (pro případ čtvercové desky a desky tvaru rovnostranného trojúhelníka každou stranu změřte 1krát a výsledek určete jako aritmetický průměr ze všech stran; tloušťku proměřte na třech místech a výsledek bude dán opět aritmetickým průměrem).
2. Ze známé hustoty hliníku ($\rho = 2\,700 \text{ kg/m}^3$) spočítejte hmotnosti desek.
3. Určete dobu kyvu desek metodou postupných měření na 100 kyvů (doba kyvu odpovídá polovině kmitu) pro horní a dolní otvory desek. Kývání provádějte pro velmi malé úhly vychýlení (úhel vychýlení $< 5^\circ$; nutno dodržet vzhledem k aproximacím při odvození definičního vztahu výpočtu momentu setrvačnosti, který použijeme). Čas při metodě postupných měření zaznamenávejte každých 10 kyvů, poté určete dobu jednoho kyvu.
4. Spočítejte momenty setrvačnosti pro obě osy kývání podle vztahu [1-3]: $J = (T/\pi)^2 mgs$, kde T je doba kyvu, m je hmotnost desky a s je vzdálenost osy kývání od těžiště, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.
5. Pomocí Steinerovy věty [1-3] přepočítejte zjištěné momenty setrvačnosti J k těžišťové ose.
6. Pro obě desky stanovte moment setrvačnosti k těžišťové ose početně (teoretické hodnoty jako výsledek integrace dle definice momentu setrvačnosti).
7. Určete nejistoty výsledných hodnot určených v bodech 5 a 6 na základě odhadu nejistot při měření rozměrů desek a nejistoty získané výpočtem při měření doby kyvu metodou postupných měření. Do měření doby kyvu uvažujte také vaší reakční dobu, kterou vhodně odhadněte.

PŘÍKLADY

1. Kolo o poloměru $R = 30$ cm a hmotnosti $m = 3$ kg se kutálí bez tření po nakloněné rovině délky $l = 5$ m a úhlu sklonu $\alpha = 45^\circ$. Určete moment setrvačnosti J kola, jestliže jeho rychlost na patě nakloněné roviny je $v = 4.6$ m/s.
2. Dřevěná tyč délky $l = 0.6$ m a hmotnosti $m = 2$ kg se může otáčet kolem osy, která prochází jejím hmotným středem a je na tyč kolmá. Určete úhlovou rychlost ω , kterou tyč získá, jestliže na její konec narazí střela hmotnosti $m_1 = 10$ g rychlostí $v_1 = 200$ m/s ve směru kolmém na osu otáčení i na tyč a uvízne v ní.

POŽADOVANÉ VÝSTUPY

- Shrňte výsledky měření v přehledné tabulce srovnání hodnot určených v bodech 5 a 6 společně s nejistotami. Diskutujte případné odchylky překračujících interval daný určenými nejistotami měření.
- Vypracujte příklady.

POMŮCKY

Stojan, závěs, 2 desky (trojúhelníková a čtvercová), stopky, měřítko, mikrometr (případně digitální posuvné měřítko)