| KATEDRA FYZIKY VŠB-TU OSTRAVA | | |
|---|---|---|
| Student | NÁZEV PRÁCE<br><br>**Měření tíhového zrychlení z doby kyvu reverzního kyvadla** | Číslo práce |
| Skupina/Osob. číslo | | Datum |
| Spolupracoval | | Podpis studenta: |

**Cíle měření:**
Stanovit v daném místě povrchu Země velikost tíhového zrychlení. Seznámit se s metodou postupných měření.

**Měřicí prostředky:**
reverzní kyvadlo (obr. 1), pásové měřítko, 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 $T$ za podmínky, že amplituda úhlové výchylky FK nepřekročí 5°,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mga}}, \tag{1}$$

kde $J$ je moment setrvačnosti FK, $m$ hmotnost FK, $g$ tíhové zrychlení, $a$ vzdálenost těžiště FK od vodorovné rotační osy.

Redukovaná délka fyzického kyvadla je rovna délce matematického kyvadla, které kývá se stejnou dobou kmitu jako kyvadlo fyzické. Pro periodu matematického kyvadla (hmotný bod zavěšený na tuhém vláknu délky $l$ zanedbatelné hmotnosti) platí:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \tag{2}$$

Reverzní kyvadlo je FK, které může kývat kolem dvou rovnoběžných os (obr. 1). Bylo dokázáno, že pro tyto osy má doba kmitu stejnou hodnotu za podmínky, že je vzdálenost os rovna redukované délce $l$ fyzického kyvadla. Bude-li $l$

redukovanou délkou FK a doba kmitu $T$ stejná pro kývání kyvadla kolem obou os, pak tíhové zrychlení dostaneme ze vztahu:

$$g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}\,. \tag{3}$$

Aby podmínky, za nichž platí (3) s „dostatečnou“ přesností, byly splněny, neměla by překročit amplituda úhlové výchylky FK 5°.

**Pokyny k vlastnímu měření:**

1) Dobu kmitu, která je stejná pro obě osy $O_1$ a $O_2$, nalezněte postupným posunováním závaží Z metodou grafické interpolace: Pro danou polohu závaží $x_1$, volené přibližně v první třetině stupnice, změřte dobu, za kterou FK vykoná $n_1$ kmitů, je-li posazeno na ose $O_1$. Příslušnou periodu označte $T_{11}$. Pro tutéž polohu závaží, ale kmitání FK kolem osy $O_2$, zaznamenejte dobu kmitu $T_{12}$. Pak nastavte závaží přibližně do dvou třetin stupnice – poloha $x_2$ a změřte doby kmitu $T_{21}$ a $T_{22}$ pro osy $O_1$ a $O_2$. V jednom grafu proložte naměřenými dvojicemi hodnot [$x_1$, $T_{11}$] a [$x_2$, $T_{22}$] resp. [$x_1$, $T_{12}$] a [$x_2$, $T_{21}$] přímky, které popisují závislost periody kmitání FK vůči osám $O_1$ resp. $O_2$ na poloze závaží (obr. 2). Průsečíku oněch přímek přísluší vzdálenost $x_3$ závaží od konce tyče, kterou nastavte a pro tuto polohu a obě rotační osy změřte dobu kmitů $T_{31}$ a $T_{32}$. Jestliže bude pro absolutní hodnotu diference period platit

$$\Delta T_3 = \left|T_{31} - T_{32}\right| \le 0{,}01 \text{ s},$$

můžete ukončit měření. V opačném případě posuňte závaží do bodu blízkého poloze $x_3$ a sestrojte nové grafy, tentokrát s přímkami, které spojují body [$x_3$, $T_{31}$] a [$x_4$, $T_{42}$] resp. [$x_3$, $T_{32}$] a [$x_4$, $T_{41}$]. Průsečíku nových přímek přísluší vzdálenost $x_5$ závaží od konce tyče, kterou nastavte a pro tuto polohu a obě rotační osy změřte dobu kmitů $T_{51}$ a $T_{52}$. Jestliže bude pro absolutní hodnotu diference period opět platit

$$\Delta T_5 = \left|T_{51} - T_{52}\right| \le 0{,}01 \text{ s},$$

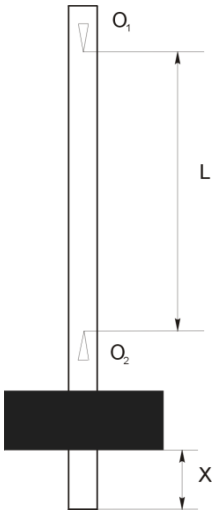
měření ukončete. V opačném případě pokračujte třetím krokem grafické interpolace. Předpokládejme, že měření bylo ukončeno $n$-tým krokem iterace.

3) Desetkrát změřte vzdálenost os $l$, nejistotu typu B jejího měření odhadněte z rozlišení pásového metru a určete také kombinovanou nejistotu. Protože postupnou metodou byly získány dvě hodnoty periody $T_{n1}$ a $T_{n2}$ ($n$ – počet kroků iterace), počítejte tíhové zrychlení podle vztahu:

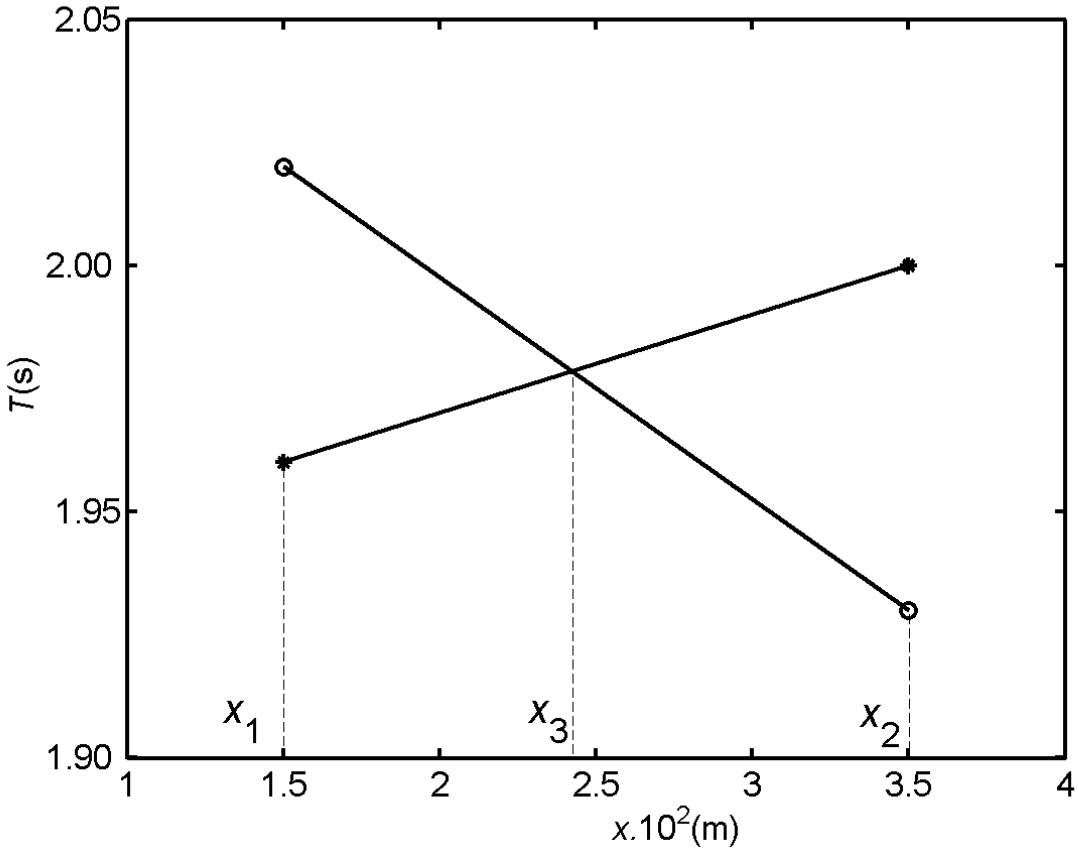
$$g = 4\pi^2 \frac{l}{\left(\frac{T_{n1}+T_{n2}}{2}\right)^2} = \frac{16\pi^2 l}{\left(T_{n1}+T_{n2}\right)^2}. \tag{4}$$

Ke stanovení rozšířené nejistoty a relativní rozšířené nejistoty nepřímého měření $g$ použijte Gaussův zákon šíření nejistot. Naměřenou hodnotu tíhového zrychlení srovnejte s tabulkovou hodnotou pro Ostravu pomocí relativní odchylky $\delta_g = \frac{g - g_{\mathrm{TAB}}}{g_{\mathrm{TAB}}} \cdot 100\%$.

Obrázek 1




Obrázek 2 Obrázek je pouze ilustrativní, proto jej nekopírujte do protokolu.
V grafu nejsou prezentovány hodnoty naměřené v naší laboratoři.


2.05
2.00
1.95
1.90
T(s)
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
x.10^2(m)
x1
x3
x2