Měření tíhového zrychlení reverzním kyvadlem

P. Krausová
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
Břehová 7, 115 19 Praha 1
pavlina.krausova@post.cz

Abstrakt:
Snahou bylo experimentem ověřit hodnotu tíhového zrychlení pro naši zeměpisnou šířku.

1 Úvod

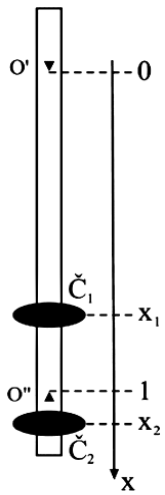
Toto téma jsem si zvolila, protože jsem kromě pouhého shromažďování informací o určitém fyzikálním odvětví chtěla také vyzkoušet možnosti praktického měření pro ověření nějaké tabulkové hodnoty. Proto jsem zvolila pokus měření tíhového zrychlení reverzním kyvadlem, protože je snadno realizovatelný v podmínkách Fyzikálního praktika na FJFI.

2 Teorie

Matematické kyvadlo je nedosažitelný ideál, protože se jedná o hmotný bod na nehmotném závěsu. Dobu jeho kmitu T při délce závěsu l a gravitačním zrychlení vypočítáme ze vztahu $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. Oproti tomu fyzické kyvadlo je v praxi realizovatelné a pro malý rozkyv platí vztah $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{m \cdot g \cdot x}}$, kde I je moment setrvačnosti vzhledem k ose kyvu, m je hmotnost kyvadla a x je vzdálenost těžiště od osy kyvu. Redukovaná délka fyzického kyvadla je délka matematického kyvadla, které má stejnou dobu kmitu jako fyzické kyvadlo, tj. $l = \frac{I}{m \cdot x}$. Pokud redukovanou délku kyvadla l naneseme na přímku procházející těžištěm a kolmou na osu, kolem které kyvadlo kývá, získáme bod, kterým proložíme novou osu rovnoběžnou s původní. Tyto osy se nazývají osy sdružené a doby kmitů kolem těchto os jsou shodné. Reverzním kyvadlem nazýváme fyzické kyvadlo, u kterého lze nalézt dvě rovnoběžné osy položené nesouměrně vzhledem k těžišti, pro které jsou doby kmitu stejné. V našem případě je to kovová tyč (viz obr. 1), na níž jsou připevněny dva trojboké hranoly, obrácené k sobě svými břity (osami o', o''), na kterých je kyvadlo zavěšeno. Po tyči se posouvají dvě kovové čočky $Č_1$ a $Č_2$. Při posunutí čoček se mění poloha těžiště a moment setrvačnosti vzhledem k břitům.
Při měření se čočky umístí tak, že břity se stanou sdruženými osami, takže doba kmitu kolem obou břitů je stejná, tj. T = T' = T''. Vzdálenost obou břitů l se stane redukovanou délkou fyzického kyvadla a tíhové zrychlení se vypočítá ze vztahu: $g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l}{T^2}$.

3 Měření

Měření jsme prováděli s měřícím modulem PASCO a kyvadlem, jehož přibližné schéma je na následujícím obrázku:



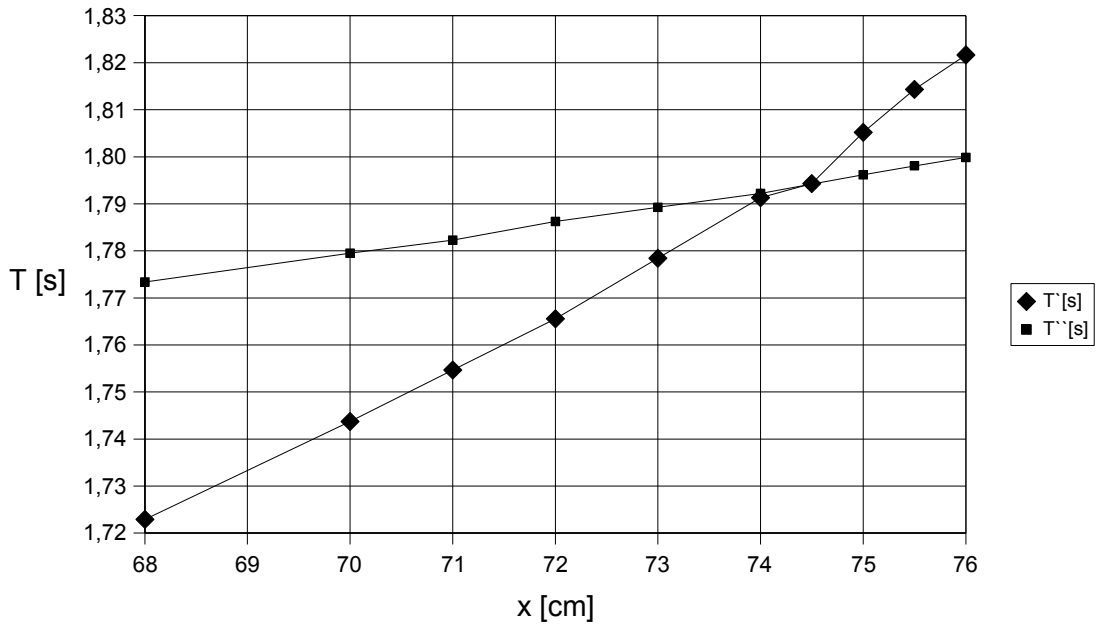
o', o" jsou osy kolem kterých kyvadlo provádělo kmitavý pohyb;
$Č_1$, $Č_2$ jsou pohyblivé čočky kterými jsme měnili těžiště soustavy;
x_1, x_2, jsou vzdálenosti od osy o' pro jednotlivé čočky;

Obecně je velmi těžké pokusným posouváním obou čoček docílit přesně stejné doby kmitu kolem obou os. Proto jsme použili metodu grafické interpolace, při kterém vnitřní čočku $Č_1$ ponecháme pevně ve vhodné poloze. Poté jsme pohybovali čočkou $Č_2$ a zjišťovali hodnoty kmitů kolem sdružených os o', o" až jsme docílili přesnosti, kdy se oba časy lišily o nejvýše 0,0001 s. Poté jsme naměřili deset hodnot kmitů kyvadla T' kolem osy o' a deset hodnot kmitů T" kolem osy o".

4 Výsledky

Naměřené hodnoty jsme zanesli do tabulky a vytvořili jsme graf.

x [cm]	T`[s]	T``[s]
68,0	1,7229	1,7734
70,0	1,7437	1,7795
71,0	1,7546	1,7823
72,0	1,7656	1,7863
73,0	1,7784	1,7892
74,0	1,7913	1,7922
74,5	1,7943	1,7942
75,0	1,8052	1,7962
75,5	1,8143	1,7981
76,0	1,8217	1,7999



5 Závěr

Během měření jsme získali periodu kyvu téměř shodnou pro obě polohy čoček s hodnotou 1,7943 s, kterou jsme dosadili do vzorce pro výpočet tíhového zrychlení pomocí reverzního kyvadla: $g = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{l}{T^2} = 4 \cdot 3{,}14^2 \cdot \frac{0{,}8}{1{,}7943^2} = 9{,}79\, m \cdot s^{-2}$. Tabulková hodnota tíhového zrychlení je 9,806 m · s^{-2} a od vypočtené hodnoty se liší o 0,016 m · s^{-2}, tj. 0,16 %, měření tedy bylo velmi přesné.

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za to, že mi umožnil provést toto měření ve Fyzikálním praktiku a Martinovi Stružskému za pomoc při měření.

Reference

[1] J. Mikulčák a kol., Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy, Prometheus, Praha, 1995 str. 111
[2] http://fyzika.fjfi.cvut.cz/Praktika/TihoveZrychleni/praktika/zfm/tihzr.pdf