Cavendishův experiment

Jakub Kákona, kaklik@mlab.cz

9.11.2009

Abstrakt

1 Úvod

1. Odvodte vztah pro výpočet chyby měření.
2. Zkontrolujte měřící aparaturu.
3. Dynamickou metodou změřte časový průběh torzních kmitů kyvadla v obou možných pozicích olověných koulí.
4. Naměřenou závislost nafitujte funkcí a zjistěte její fyzikální parametry.
5. Z takto získaných údajů dopočítejte gravitační konstantu a její chybu.
6. Výsledek srovnejte s tabulkovou hodnotou gravitační konstanty.

2 Postup měření

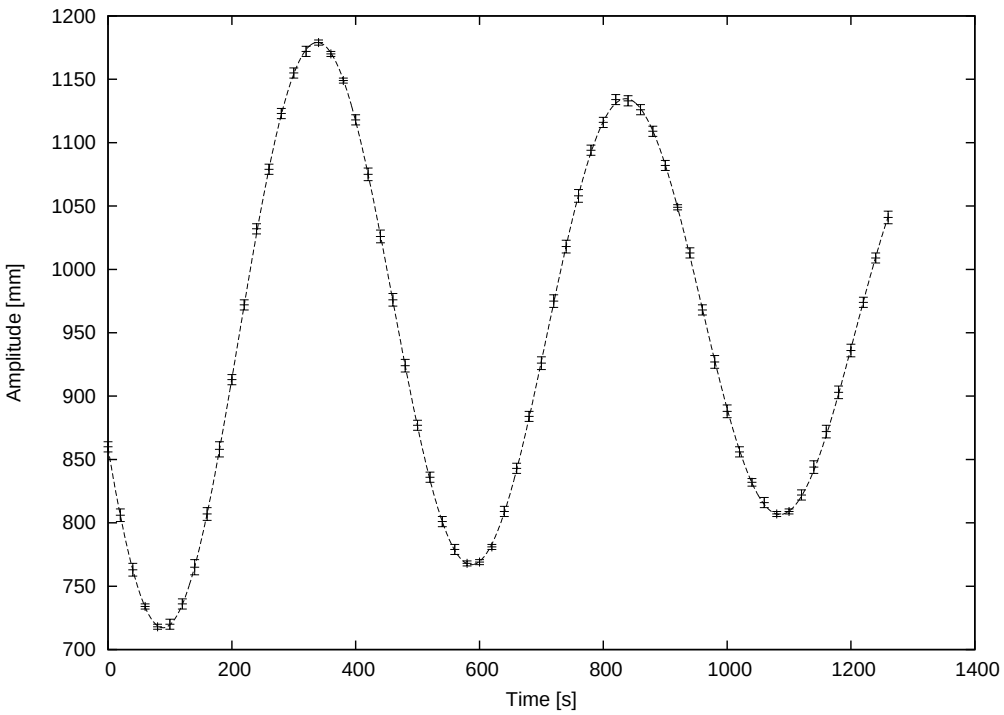
Měření silového momentu, kterým působí dvě olověné koule na torzní kyvadlo jsme provedli tak, že koule byly nejprve umístěny křížem v blízkosti hmotností na koncích torzního kyvadla tak, aby na kyvadlo působili maximálním silovým momentem způsobeným gravitačním přitahováním. Následně jsme změřili střední polohu kyvadla dynamickou metodou. A koule prohodili tak, aby nyní působily svým silovým momentem na opačnou stranu. Po opětovném změření střední polohy jsme nyní dokázali určit silový moment, kterým koule působí na kyvadlo. Obrázky dobře popisující tento postup, jsou ve zdroji [1]. Při měření bylo také důležité svéct z aparatury elektrický náboj, který by značně ovlivňoval měření, neboť elektrická síla je nesrovnatelně větší než síla gravitační. Tento problém jsme ale vyřešili uzemněním celého přístroje k vodovodnímu topení.

Fitem naměřených dat funkcí

$$x = A\exp(-\delta t)\sin(2\cdot\pi/T+\varphi) \tag{1}$$

Jsme dostali žádané fyzikální parametry potřebné pro výpočet gravitační konstanty.

K výpočtu je ale neutné znát ještě i některé parametry aparatury. Jako hmotnosti zavazi 1.25kg , delku ramena laseroveho paprsku 6 0.01 m polomer kulicek na torznim



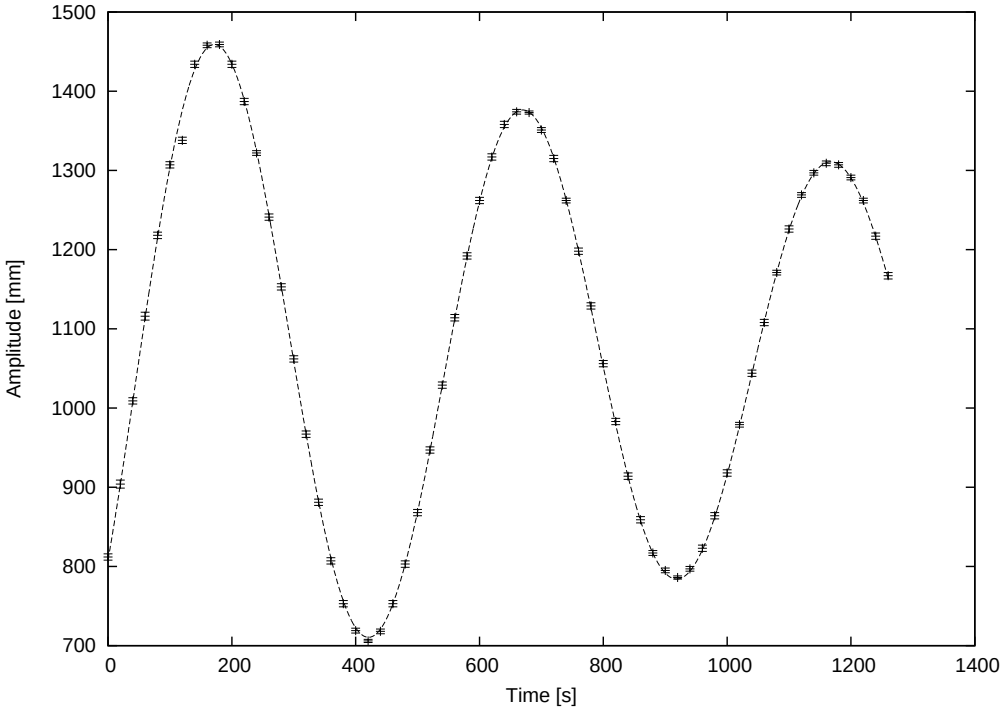
Obrázek 1: Casový průbeh výchylky torzního kyvadla v 1. pozici koulí.

A [mm]	429.751 ±2.133
δ	$0.000470283 \pm 7.339e-06$
T [s]	497.817 ±0.3167
$\varphi[rad]$	-0.634433 ±0.005027
s [mm]	1062.89 ±0.6162

Tabulka 1: Vypoctene hodnoty pro prvni pozici koulí.

A [mm]	254.373 ±0.4389
δ	$0.000457669 \pm 2.783e-06$
T [s]	498.212 ±0.1441
$\varphi[rad]$	-2.72838 ± -2.72838
s [mm]	961.297 ±0.1507

Tabulka 2: Vypoctene hodnoty pro druhou pozici koulí.



Obrázek 2: Casový průběh výchylky torzního kyvadla v 2. pozici koulí.

kyvadle 9.55mm polomer vnejsich kouli pusobicich na kyvadlo 50mm a delky ramena torzniho kyvadla 46.5mm.

Všechny tyto hodnot jjsme dosadili do odvozeného vzorce

$$G = \frac{\pi^2 b^2 s}{T^2 m_2 L} \cdot \frac{d^2 + \frac{5}{2}r^2}{d(1-\beta)} \qquad \beta = \frac{b^3}{(b^2+4d^2)^{\frac{3}{2}}} \tag{2}$$

Konečným cílem pak bylo pomocí této gravitační konstaty spočítat hmotnost Země. Za tímto účelem jsme Zemi aproximovali dokonalou koulí. O poloměru r=6372,796km s gravitačním zrychlením u povrchu g=9,81m/s. Výpočtem nám vyšla hmotnost Země

3 Diskuse

Při porovnání našich výsledků s tabulkovou hodnotou $G = (6.67428 \pm 0.00067) * 10^{-}11 m^2/kgs^2$ se ukázalo, že námi naměřená hodnota $G = (6.41 \pm 0.04) * 10^{-}11 m^2/kgs^2$ se liší o 3.93%. Což je pro mne osobně docela velkým překvepaním, protože jsem netušil, že lze gravitační konstantu těmito prostředky vůbec změřit a natož s takovou přesností. Fakt, že se tabylková hodnota nevejde do našeho výsledku včetně chyby bych přisuzoval tomu, že naše měření mohlo být zatíženo nějakou systematickou chybou, které jsme nevěnovali dostatečnou pozornost. Například by to mohla být příliš velká prodleva při přehazování koulí z jedné do druhé polohy, Nějaká teplotní změna a podobně.

4 Závěr

Pomocí torzních vah jsme úspěšně určili gravitační konstantu $\kappa = (6.41 \pm 0.04) * 10^{-}11 m^2/kgs^2$ s chybou 4% oproti tabulkové hodnotě.

Reference

[1] Zadání úlohy 1 - Cavendishův experiment
.http://rumcajs.fjfi.cvut.cz/fyzport/FundKonst/Cavendish/cav.pdf