

Cavendishův experiment

Jakub Kákona, kaklik@mlab.cz

9.11.2009

Abstrakt

1 Úvod

1. Odvoďte 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 srovnajte s tabulkovou hodnotou gravitační konstanty.

2 Postup měření

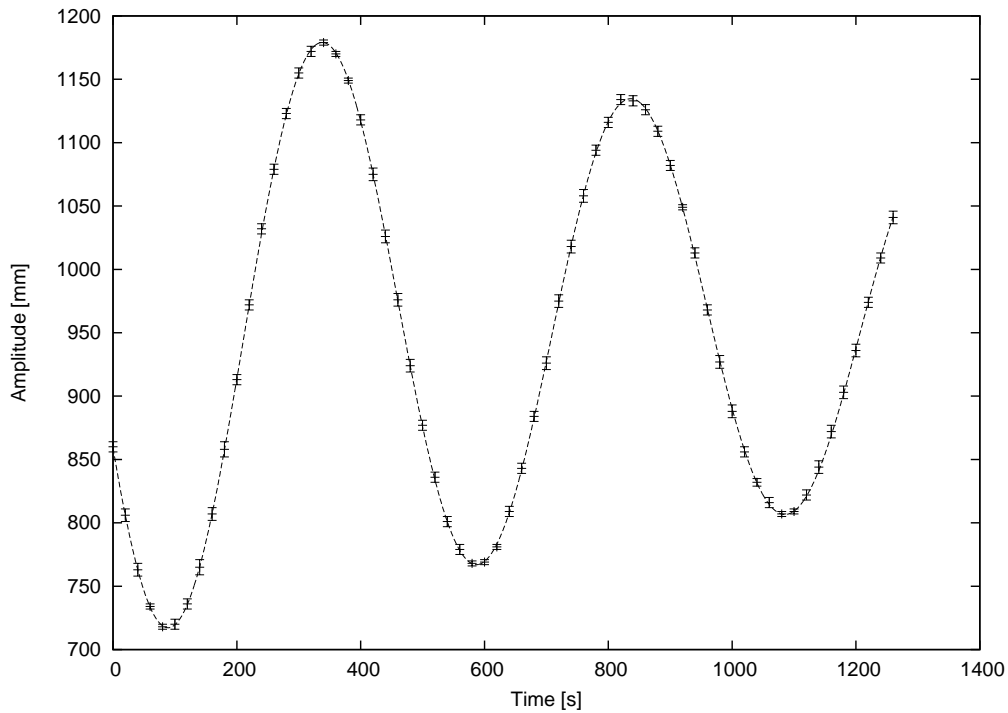
Měření silového momentu, kterým působí dvě olověné koule na torzní kyvadlo jsme provedli tak, že koule byly nejprve umístěny křížem v blízkosti hmotností na koncích torzního kyvadla tak, aby na kyvadlo působily maximálním silovým momentem způsobeným gravitačním přitahováním. Následně jsme změřili střední 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 odstranit 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 potrubí.

Fitem naměřených dat funkcí

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

Jsme dostali žádané fyzikální parametry potřebné pro výpočet gravitační konstanty.

K výpočtu je ale nutné znát ještě i některé parametry aparatury. Jako hmotnosti závaží 1.25kg , délku ramena laserového paprsku 6m poloměr kuliček na torzním kyvadle



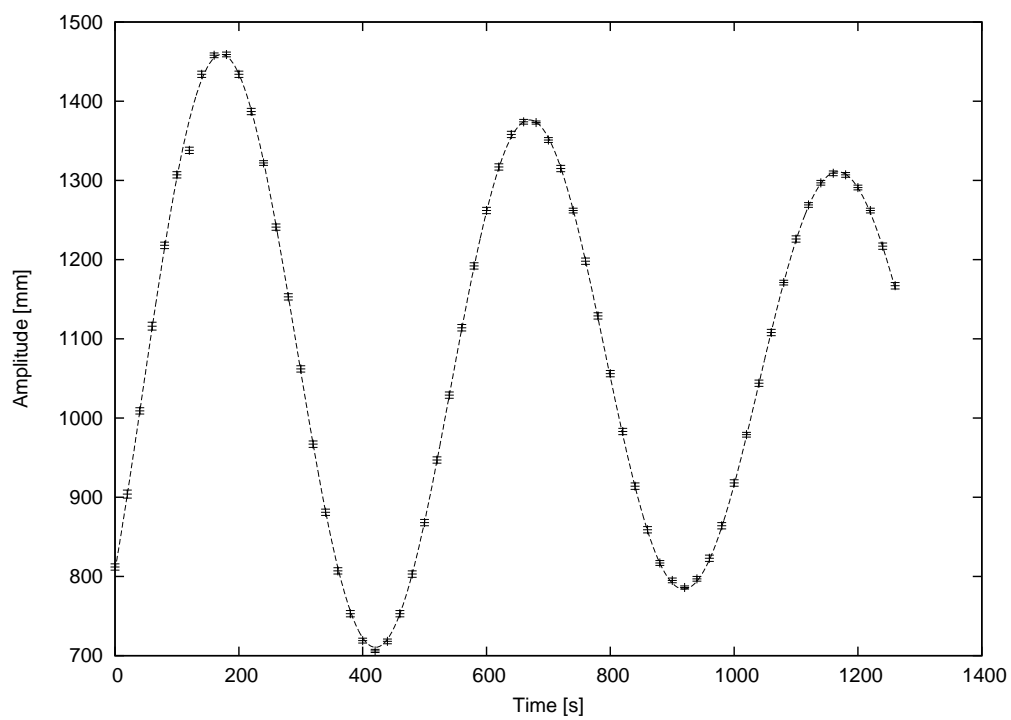
Obrázek 1: Časový průběh výchylky torzního kyvadla v 1. pozici koulí.

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: Vypočtené hodnoty pro první 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: Vypočtené hodnoty pro druhou pozici koulí.



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

9.55mm poloměr vnějších kouli působících na kyvadlo 50mm a délky ramena torzního kyvadla 46.5mm.

Všechny tyto hodnoty jsme dosadili do odvozeného vzorce

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

Konečným cílem pak bylo pomocí této gravitační konstanty spočítat hmotnost Země. Za tímto účelem jsme Zemi approximovali dokonalou koulí. O poloměru $r=6372,796\text{km}$ s gravitačním zrychlením u povrchu $g=9,81\text{m/s}$. Výpočtem nám vyšla hmotnost Země $m_z = (6.21 \pm 0.06 \cdot 10^{24} \text{kg})$

3 Diskuse

Při porovnání našich výsledků s tabulkovou hodnotou $G = (6.67428 \pm 0.00067) \cdot 10^{-11} \text{m}^2/\text{kg} \cdot \text{s}^2$ se ukázalo, že námi naměřená hodnota $G = (6.41 \pm 0.04) \cdot 10^{-11} \text{m}^2/\text{kg} \cdot \text{s}^2$ se liší o 3.93%. Což je pro mne osobně docela velkým překvapením, protože jsem netušil, že lze gravitační konstantu těmito prostředky vůbec změřit a natož s takovou přesností. Fakt, že se tabulková 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 $\kappa = (6.41 \pm 0.04) \cdot 10^{-11} \text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$ s chybou 4% oproti tabulkové hodnotě.

Reference

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