



Cavendishův experiment s torzními vahami

Jakub Klečka

Michal Špaček

Obsah

- Úvod do problematiky
- Newton
- Jiné postupy měření
- Henry Cavendish
- Postup
- Výsledek, skutečná hodnota
- Závěr
- Poděkování, použitá literatura

Gravitace

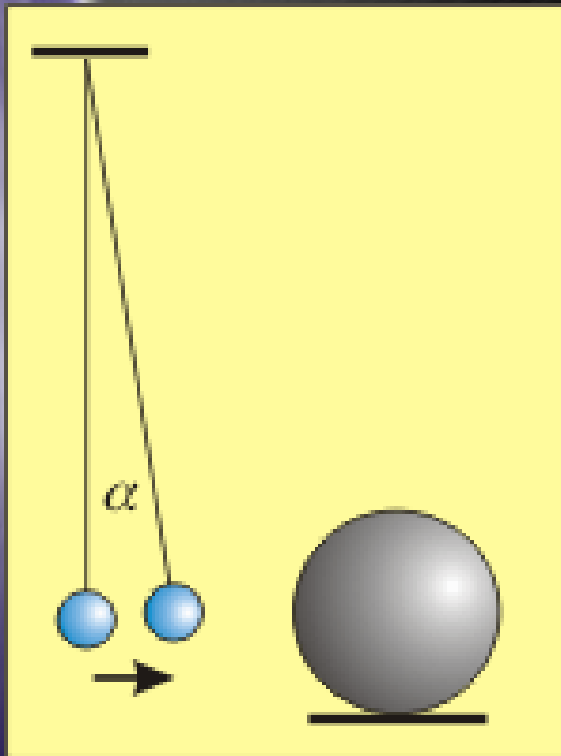
- Základní interakce zodpovědná za pohyb planet, hvězd a galaxií
- Působí na všechna tělesa bez výjimky a je tak jedinou skutečně univerzální interakcí
- První pozorovaný vliv na planety – Tycho Brahe
- Pomocí jeho pozorování zformuloval Johannes Kepler tři zákony nebeské mechaniky
- Význam až u větších těles (např mezi protony je gravitační přitahování 10^{36} slabší než elektrostatické odpuzování)

Obecný gravitační zákon

$$F = Gm_1m_2/b^2$$

- Sir Isaac Newton - 1678
- Potřeba znát konstantu úměrnosti
- Snaha určit pomocí hustoty Země

Odklon od svislice

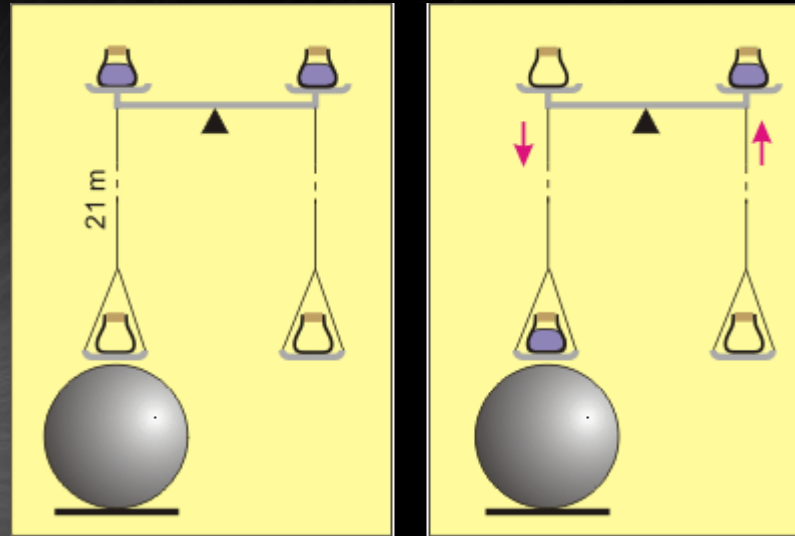


- Nevhodné pro laboratorní podmínky
- Horské masivy
- Pierre Bouguer - 1738 - Chimborasso
- Nevil Maskelyne a Charles Hutton - 1774 – Schiehallion
- Problém – zjištění rozměrů a hmotnosti kopce

Metoda kyvada

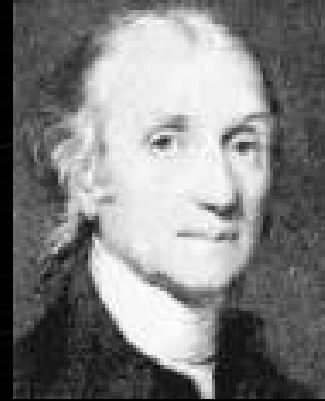
- Hodnota gravitačního zryhlení by v hloubce měla klesat, ale neklesá
- Měření v hloubkách
- George Biddell Airy - 1854 - šachta uhelného dolu ve Walesu (hloubka 383 m)
- Haughton a Sterneck - šachta sv. Vojtěcha u Příbrami (hloubka 1 000 m)

Jollyho váhy



- Philipp Johann Gustav von Jolly – 1879-1880 – Mnichov
- Misky s 5 kg rtuti
- Olověná koule o hmotnosti 5 775 kg
- Náchylné na vnější vlivy (změna teploty, vzdušné proudy, atd.)
- Zdokonalil John Henry Poynting –1891

Henry Cavendish



- 10. říjen 1731 – 24. únor 1810
- Britský vědec

Perličky ze života

- Studium v Cambridge - nedostudováno
- Plachý a roztržitý, strach z žen
- Speciální schodiště
- Se služebnictvem komunikoval jen přes vzkazy na papíře
- Kvůli své stydlivosti mnohdy ani nepublikoval – mnoho věcí publikováno díky Maxwellovi
- Stydlivost mohla být způsobena Aspergerovým syndromem

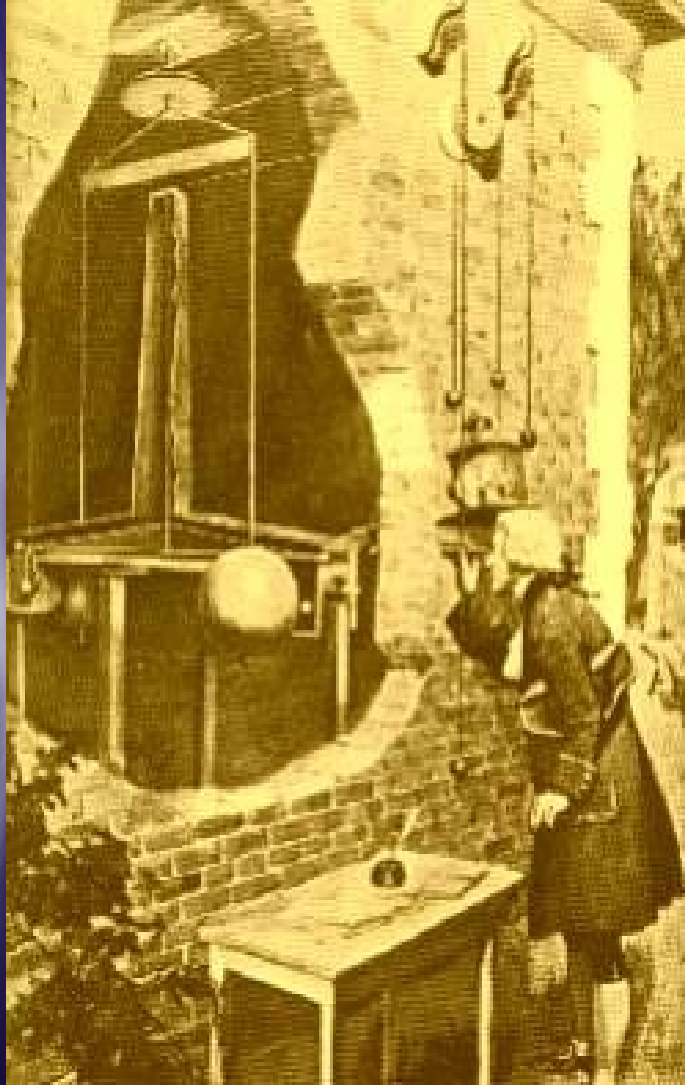
Další Cavendishova práce

- Izoloval ze vzduchu vodík
- Určení měrných tepel mnoha sloučenin
- Pozoroval elektrické jevy později objevené Coulombem a Faradayem
- Přesné určení složení atmosféry

Cavendish a gravitační konstanta

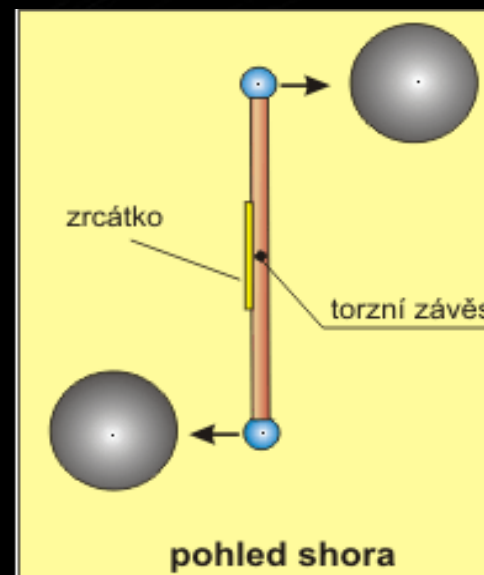
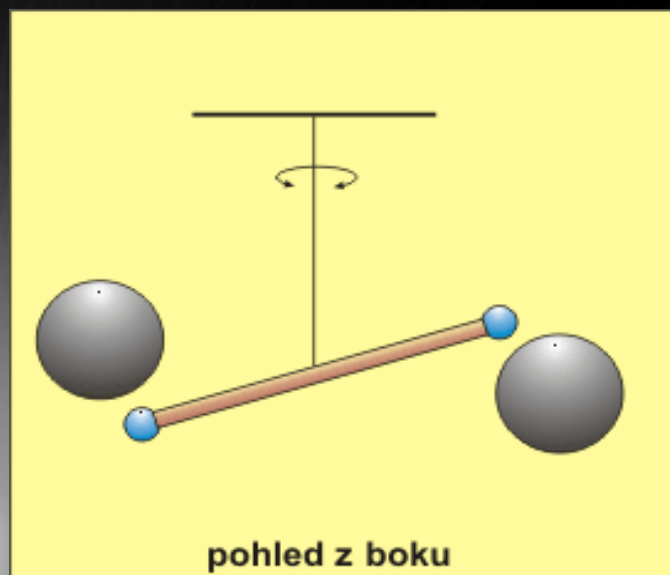
- Aparatura navržena a postavena Johnem Michellem, který ji však již nestihl použít
- Pokus převzal Francis John Hyde Hollister
- Aparatura poslána Cavendishovi, který v roce 1797 pokus uskutečnil
- Experimentální ověření Newtonovy gravitační teorie

Cavendishova aparatura



- 6 stop dlouhá dřevěná tyč
- Obrovské kovové koule na koncích tyče
- Tyč pověšena na drátu
- Dvě 350 liber těžké koule na rozpochybování
- Umístěno v neprodyšné místnosti
- Pozorováno teleskopem

Princip pokusu



- Rozkmitání kolem rovnovážné polohy
- Silový moment potřebný ke stočení o daný úhel je přímo úměrný čtvrté mocnině poloměru vlákna
- Sledoval změnu úhlu pomocí paprsku odraženého od zrcátka

Perlička z Cavendishova experimentu

- Henry Cavendish ve skutečnosti neměřil gravitační konstantu
- Zjišťoval poměr hustoty Země a vody
- Často se vyskytující chyba v různých knihách
- Gravitační konstanta poprvé použita až téměř 100 let po pokusu, a to v roce 1873

Námi použitá aparatura

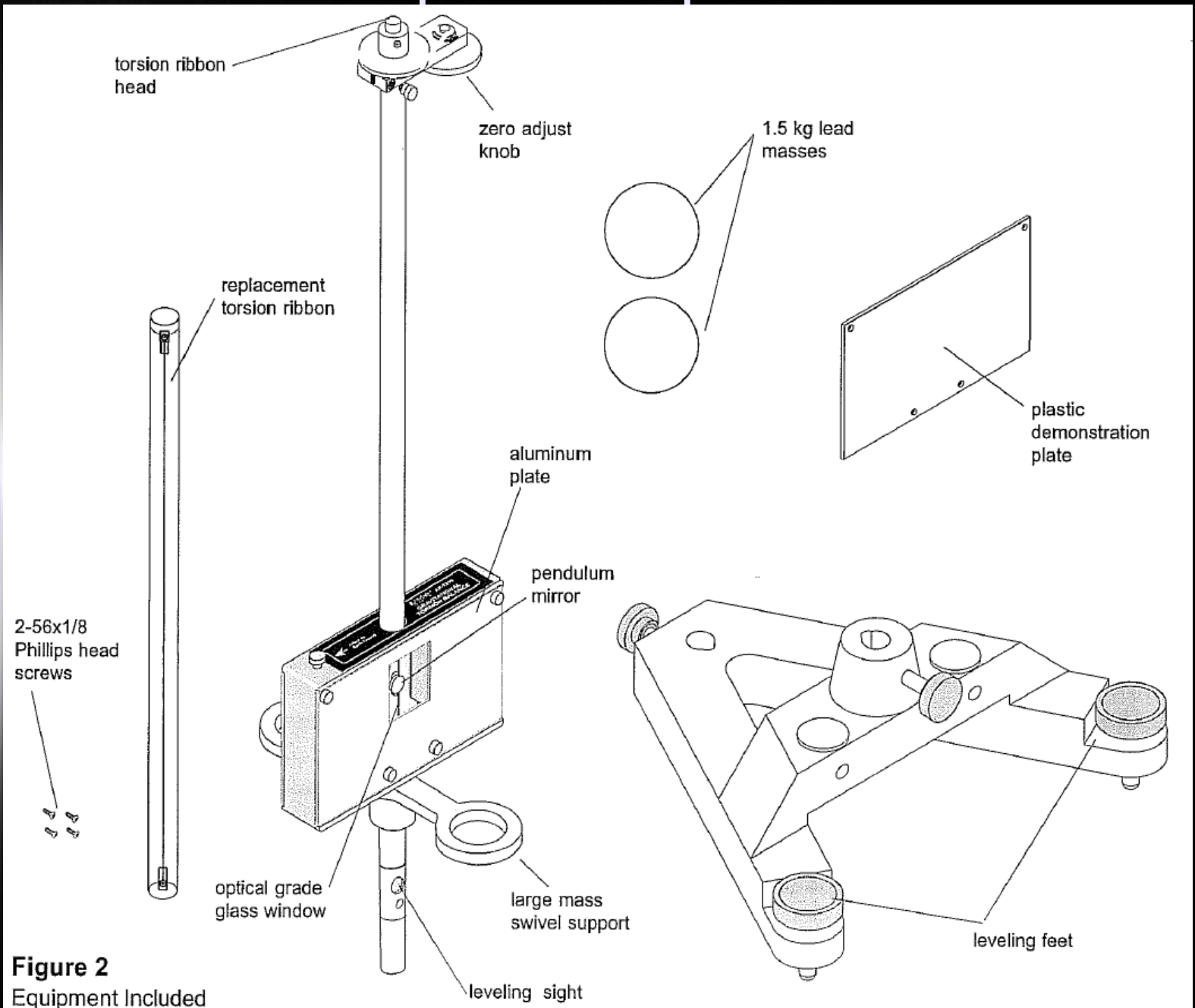
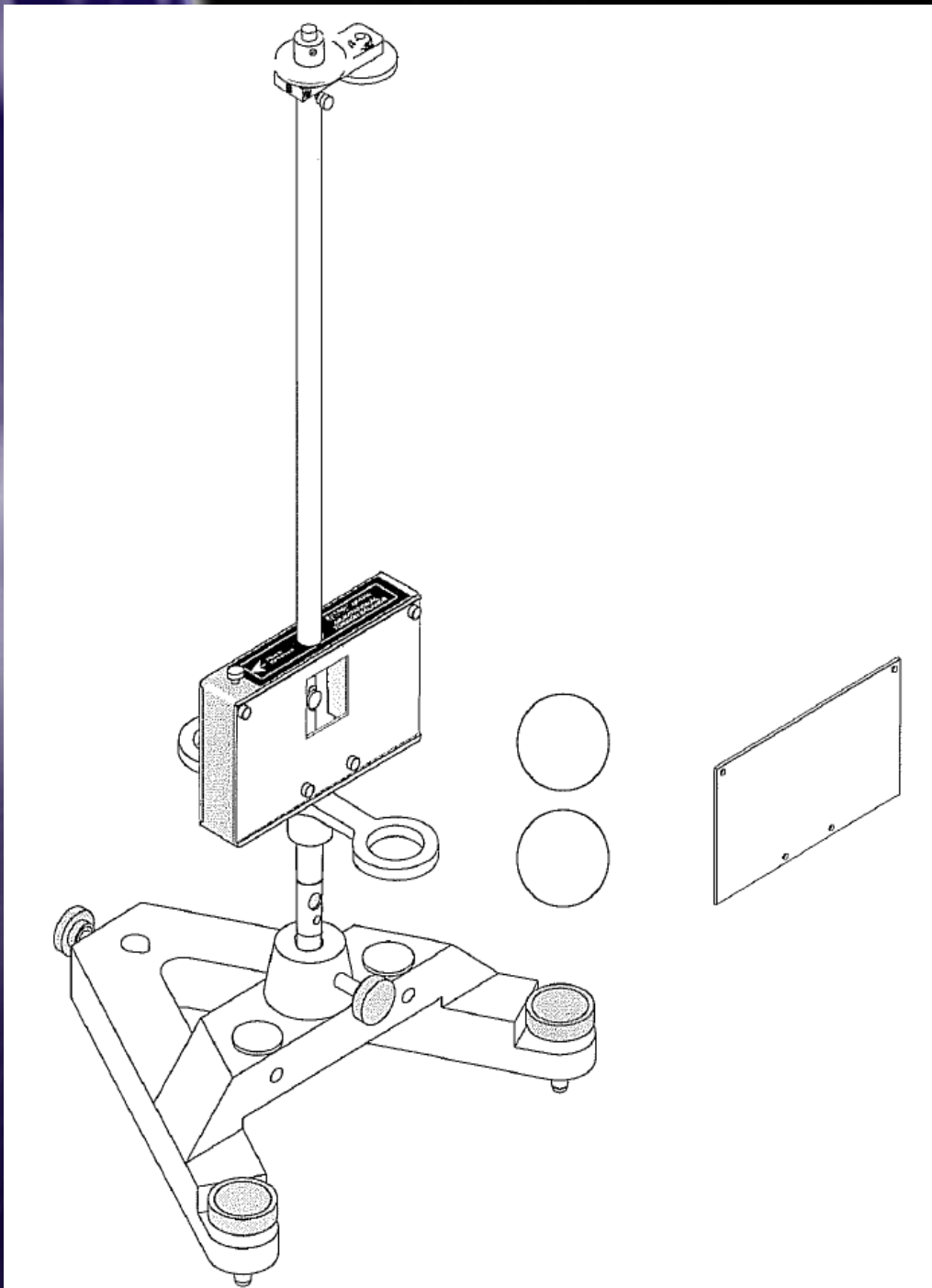


Figure 2
Equipment Included



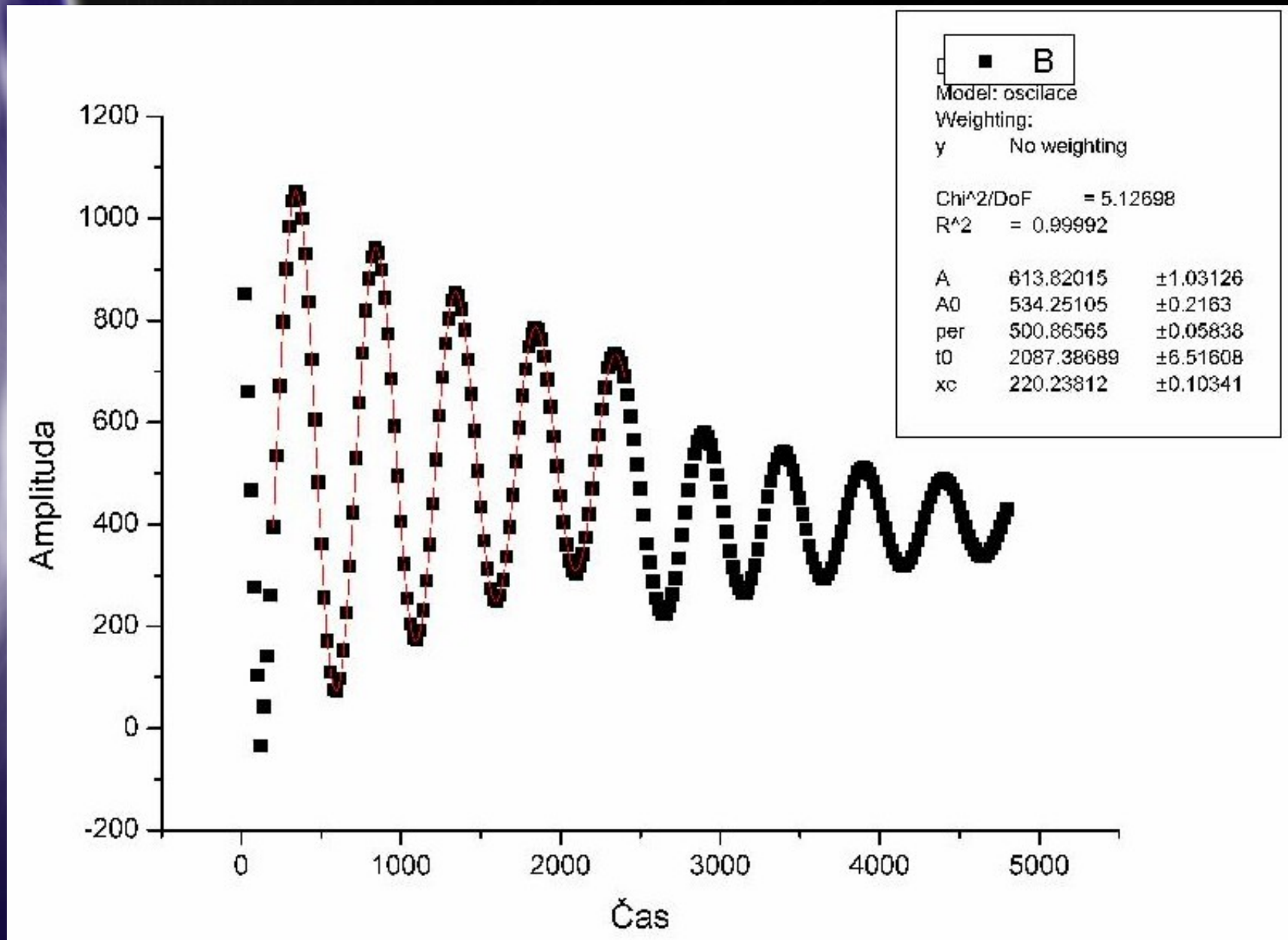
Postup měření

- Nastavení laseru, aby se paprsek odrážel na měřidlo na protější stěně
- Odaretování
- Nastavení koulí do první polohy
- Cca 40 min zaznamenávání polohy paprsku
- Nastavení koulí do druhé polohy
- Cca 40 min zaznamenávání polohy paprsku
- Dopočet

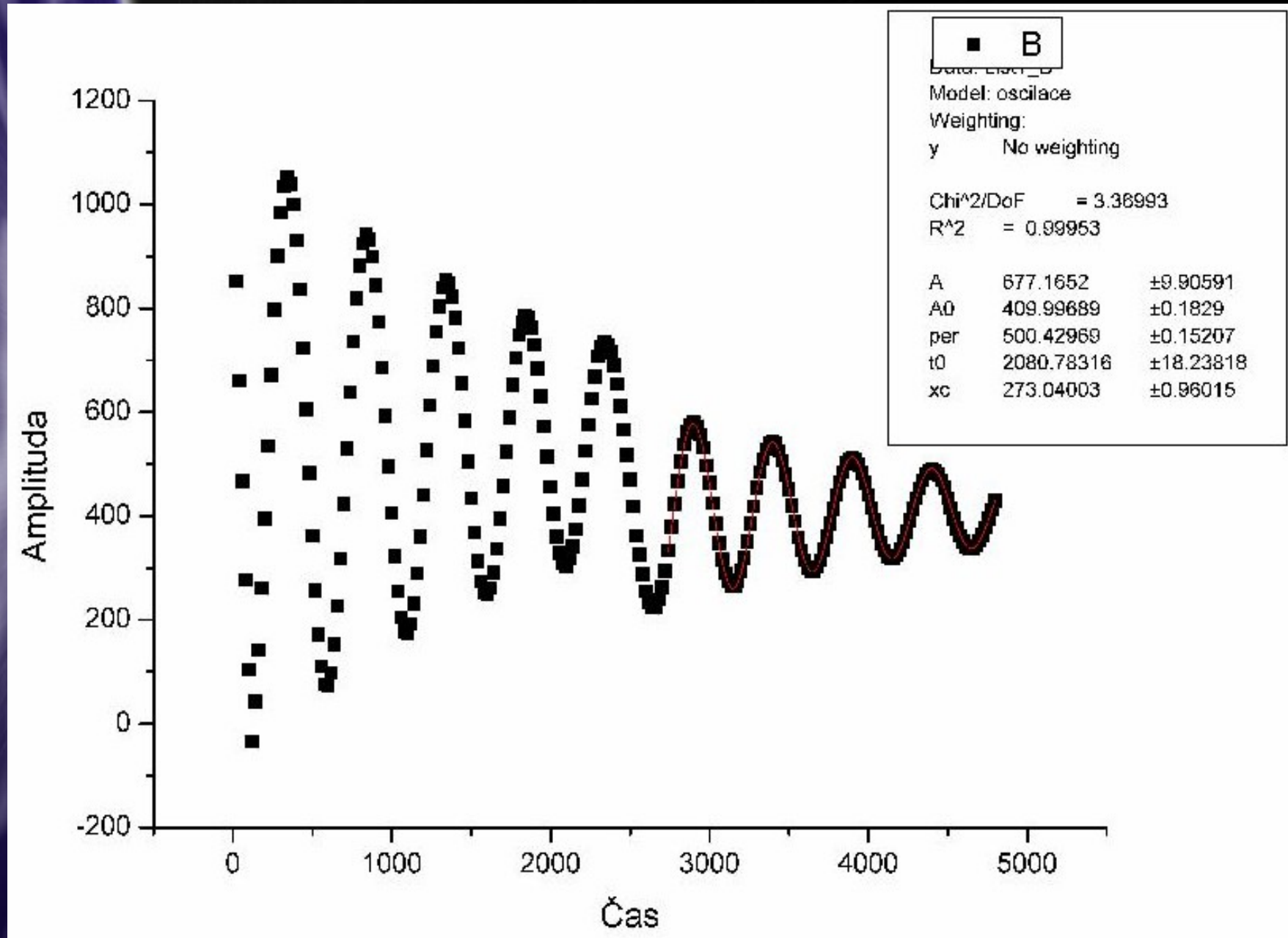
Zaznamenávání polohy paprsku

- Zaznamenávání polohy stopy odraženého paprsku na stěně v závislosti na čase
- Stejný způsob jako používal Cavendish, jen vylepšený
- Poloha odraženého paprsku odpovídá zakroucení drátu
- Nutné mít alespoň 4 periody
- Jedna perioda trvá přes 8 minut

Graf 1

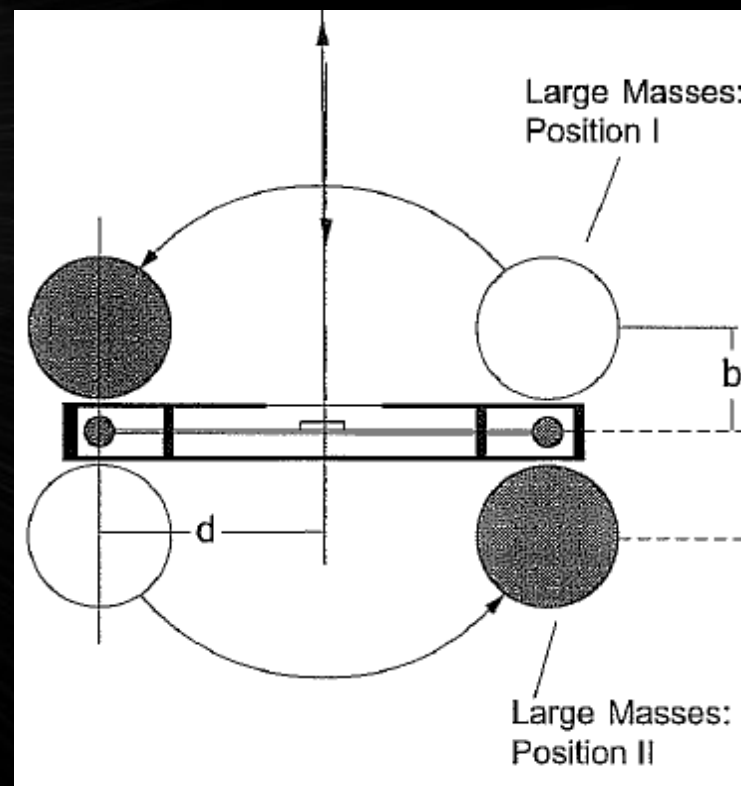
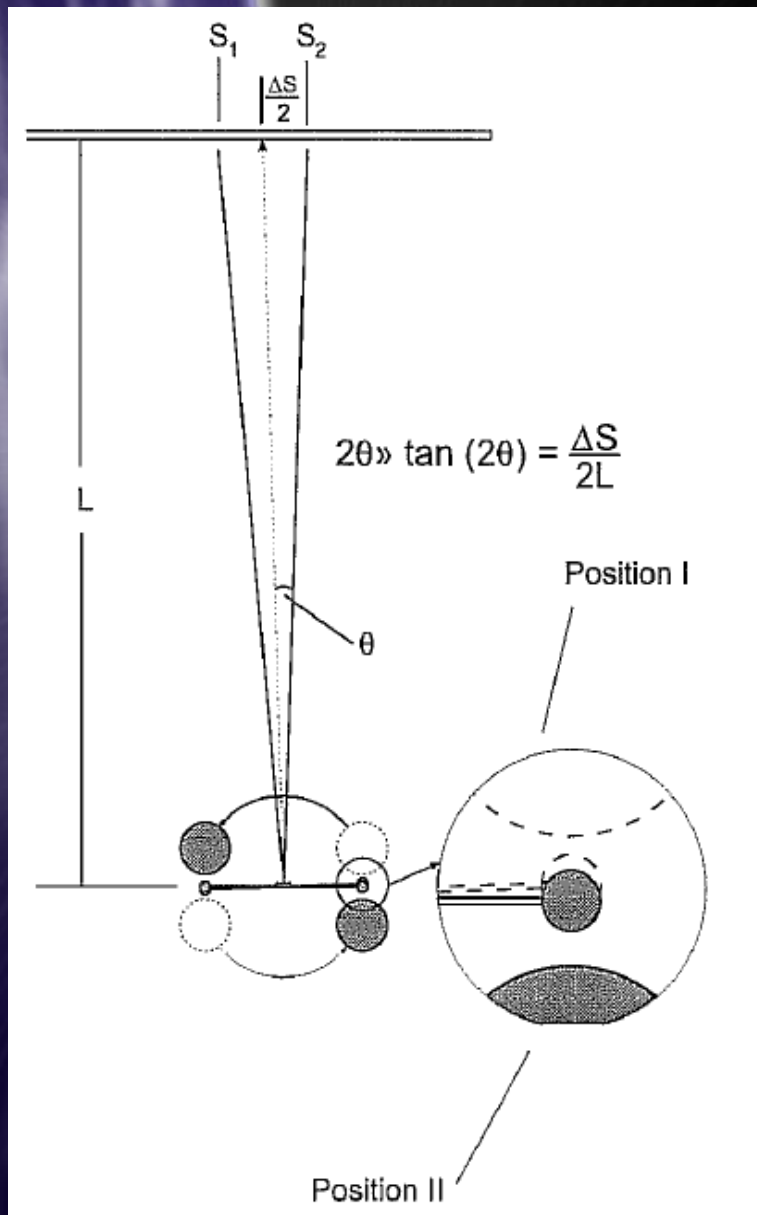


Graf 2



Vzorec a význam veličin v něm použitých

$$G = \pi^2 \Delta S b^2 \frac{(d^2 + 2/5 r^2)}{T^2 m_1 L d}$$



Vzorec a hodnoty veličin v něm použitých

$$G = \pi^2 \Delta S b^2 \frac{(d^2 + 2/5 r^2)}{T^2 m_1 L d}$$

- Hodnoty dané výrobcem

$$r = 9.55 \text{ mm}$$

$$d = 50 \text{ mm}$$

$$b = 46.5 \text{ mm}$$

$$m_1 = 1.5 \text{ kg}$$

- Hodnoty naměřené

$$\Delta S = 124,3 \text{ mm}$$

$$T = 500,6 \text{ s}$$

$$L = 5,9 \text{ m}$$

Výsledek

- $G = 6,068 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$

Porovnání se skutečnou hodnotou

- Nami zjištěná hodnota
 - $G = 6,068 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Tabulková hodnota
 - $G = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$

Možné důvody nepřesností

- Poměrně špatně změřitelná vzdálenost zrcátka ode zdi L , na níž celý výsledek nepřímo úměrně závisí
- Možné nepřesnosti při odečítání polohy odraženého paprsku
- Únava experimentátorů
- Tramvaj č. 17 – při každém projetí okolo budovy se bod odraženého paprsku na zdi viditelně vertikálně rozkmital

Problémy při experimentu

- Časová náročnost na jedno měření
 - Po potřebném nastavení jsme museli asi 80 minut zaznamenávat každých 20 vteřin polohu
- Otočení koulí z polohy I do polohy II
 - Nutné otočit tak, abychom kmitání nezpomalili
- Špatně nasměrovaný odražený laser
 - Ze začátku se nám bod pohybující se po zdi dostával na jedné straně mimo měřítko

Důsledky plynoucí ze znalosti gravitační konstanty

- můžeme spočítat hmotnost Země
- můžeme spočítat hmotnost Slunce a pak i hmotnosti všech ostatních těles ve sluneční soustavě
- můžeme určit hustotu Země a všech dalších těles
- můžeme sestavovat fyzikální modely pro celou galaxii
- můžeme modelovat lety umělých kosmických těles do vesmíru
- můžeme studovat tělesa jako neutronové hvězdy, černé díry, pulsary atd.
- přináší to další zbraň pro studium světla

Zlatý hřeb z předchozího slidu

- můžeme díky obecné teorii relativity modelovat vesmír jako celek – včetně jeho zrodu a odhadu jeho budoucnosti – přes všechny čas i prostor a vůbec všechno, co v něm je

Použitá literatura

- [1] Václav Kaizr: Měření univerzální gravitační konstanty [online]. [2007-05-10]. Dostupný z WWW: <http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_s2.html>
- [2] Henry Cavendish - Wikipedia, the free encyclopedia [online]. [2007-05-10]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Cavendish>
- [3] Cavendish experiment - Wikipedia, the free encyclopedia [online]. [2007-05-10]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Cavendish_experiment>
- [4] Manuál k aparatuře od firmy PASCO [online]. [2007-03-26]. Dostupný z WWW: <<http://rumcajs.fjfi.cvut.cz/fyzport/FundKonst/Cavendish/CavendishEn.pdf>>

Poděkování

panu asistentu Vojtěchu Svobodovi

a

Davidu Koňáříkovi





Děkujeme za pozornost

Kubaq von Nóblohoch
Jakub Klečka
kubaq@centrum.cz
ICQ: 326-859-418

M.P.G.
Michal Špaček
emcdva@seznam.cz
ICQ: 393-217-358