

FOUCAULTOVO KYVADLO

B. Csanaková*, O. Černý**

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

* biankacs@seznam.cz, ** zoro.mstitel.ovci@gmail.com

Abstrakt

Cieľom našej práce bolo skonštruovať Foucaultovo kyvadlo a vysvetliť fyzikálny princíp nášho experimentu.

1 Úvod

Prostredníctvom tohto článku by sme vás chceli oboznámiť s pojmom Foucaultovo kyvadlo, s fyzikálnym pozadím nášho pokusu a oboznámiť vás s priebehom konštrukcie a demonštrácie nášho vlastnoručne zhotoveného kyvadla.

2 Foucaultovo kyvadlo

Pojem Foucaultovo kyvadlo je späté s francúzskym fyzikom a lekárom Jean Bernard Léon Foucaultom, ktorý sa narodil 18. septembra 1819. Sprvu študoval medicínu, ktorú opustil pre lásku k fyzike. V roku 1851 v parížskom Pantheone zostrojil kyvadlo, ktoré malo dĺžku závesu 68 m, na jeho konci bola zlatá guľa, ktorá vážila 28 kg s hrotom, ktorý zakresľoval do piesku trajektóriu kyvadla. Kyvadlo sa kývalo s periódou 16 s. V roku 1851 už bolo všeobecne známe, že Zem sa otáča, avšak Foucault a jeho kyvadlo boli prvým hmatateľným dôkazom.

3 Princíp fungovania

Všetci vieme, že Zem sa otáča. Keby sme kyvadlo zavesili na južnom či severnom póle, jeho rovina kmitu by za jeden deň opísala celú kružnicu. Naopak, na rovníku by rovina kmitu ostala nemenná. V ostatných zemepisných šírkach sa rovina kmitu mení, rýchlosť zmeny je priamo úmerná vzrastajúcej zemepisnej šírke. Je to dôsledok toho, že Zem nie je inerciálna sústava, teda kyvadlo stojí a Zem pod ním sa otáča.

Stáčanie kyvadla spôsobuje tzv. Coriolisova sila, ktorá je silou zotrvačnou a pôsobí na objekty, ktoré sa pohybujú tak, že sa mení ich vzdialenosť od osi otáčania. Spôsobuje stáčanie vzdušných mäs v atmosfére, pôsobí na morské prúdy a niektoré živočíchy sa pomocou nej orientujú. Významnú úlohu hrá aj vo výpočtoch týkajúcich sa balistiky.

V našej zemepisnej šírke sa trajektória kyvadla odchyľí pôsobením tejto sily od pôvodného smeru o 11,5 stupňa za hodinu, čo sme sa pokúsili demonštrovať aj na našom pokuse.

Foucaultove kyvadlá už nie sú na svete raritou, vyskytujú sa pomerne často a líšia sa technikou spustenia a udržiavania kývania, pretože odpor vzduchu kývanie spomaľuje a tak je potrebné stratenú energiu kompenzovať. Jedným zo spôsobov je upevnenie železnej obruče k závesu kyvadla, ktorá je obklopená elektromagnetmi. Elektromagnet sa zapne, keď kyvadlo preruší istú svetelne vymedzenú hranicu. Tieto kyvadlá sú extrémne náchylné na akékoľvek zmeny a často pri pohybe „chytia“ elipsu, ktorú môže spôsobiť vibrácia budovy vplyvom vonkajších zmien, napríklad pohyb áut na vozovke pred budovou.

4 Vlastný experiment

Náš experiment sme uskutočnili vo veži kostola Sv. Ignáca z Loyoly v Prahe. Dĺžka nášho závesu bola 11,5 m, závažie malo hmotnosť 30 kg a perióda kmitu bola 6,8 s. K zaveseniu kyvadla sme potrebovali oceľovú trúbku, ktorá bola pôvodne súčasťou lešenia, kladku, silonový vlasec. Dolný záves, t.j. uchytenie závažia na vlasec tvoril trojháčik, na ktorý boli upevnené tri oceľové lanká, ktoré boli zapustené do drevenej časti, ktorá sa nachádzala vnútri kyvadla. Pri prvom spúšťaní kyvadla sme však zvolili zlý materiál závesu, pretože silonový vlasec sa predlžoval a ani po opakovanom skracovaní lanka sa nám nepodarilo kyvadlo zavesiť. Boli sme preto nútení experiment prerušiť. Na druhý pokus sme museli modifikovať horný aj dolný záves. Horný záves tvorila kladka, karabina s nosnosťou 20 kN, violoncellová struna D, dolný záves tvorila zlaňovacia osma s nosnosťou 25 kN, izolovaný medený drôt s priemerom 3 mm, trojháčik. Lano tvorili spriahnuté horolezecké laná s priemerom 15 mm a 10 mm.

Na druhý pokus sa nám kyvadlo podarilo zavesiť a po zavesení sme doň nainštalovali železný hrot. Na podlahu sme položili výkres s namaľovanou kružnicou rozdelenou na časti po 11,5 stupňa, teda predpokladanú výchylku za jednu hodinu. Na tri výseky sme pre lepšiu orientáciu položili kocky domina, ktoré symbolizovali hodinu. Kyvadlo sme uviedli do pohybu. Na prvýkrát opisovalo elipsu a kývalo sa v smere hodinových ručičiek, alebo opisovalo vymedzené úseky dvakrát rýchlejšie, ako bolo predpokladané. Po nejakom čase, keď vymizli rušivé vplyvy elektrických (cca o 03:00 ráno) sa rovina kmitu začala stáčať proti smeru hodinových ručičiek. Každú hodinu sme fotograficky zdokumentovali.

5 Záver

Po častom opakovaní a modifikáciách, ako v konštrukcii tak aj v spôsobe spúšťania kyvadla, sa nám podarilo dosiahnuť cieľ našej práce a úspešne dokázať rotáciu našej planéty. Rovnako sme zistili, že na kyvadlo má nepriaznivé účinky mnoho vonkajších vplyvov, napríklad dĺžka závesu alebo minimálne vibrácie budovy, ktoré na kyvadlo v konečnom dôsledku vplývajú viac ako samotná Coriolisova sila, preto sme sa snažili rušivé elementy minimalizovať. Týmto sme chceli poukázať aj na to, že za takým Foucaultovým kyvadlom netreba cestovať až do Paríža, pri troche šťastia a dostupných prostriedkoch si ho môže každý vyrobiť sám.

Pod'akovanie

Radi by sme sa poďakovali vedeniu SVÚM.a.s za poskytnutie závažia a zamestnancom za poskytnutú technickú oporu a duchovnej správe kostola Sv. Ignáca z Loyoly za poskytnuté priestory.

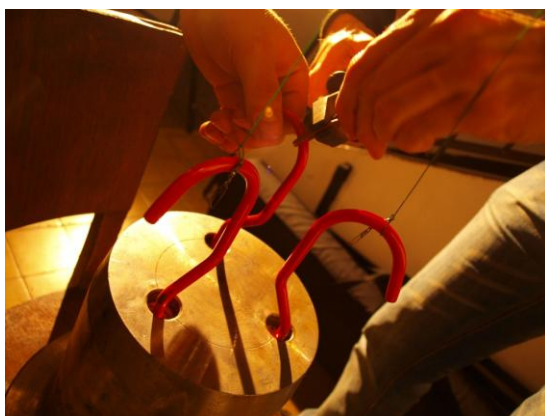
Referencie

Z WWW : [1] <http://www.calacademy.org/products/pendulum/>
[2] http://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/foucault_pendulum.html
[3] <http://www.youtube.com/watch?v=3rz-Q8JLNJI>

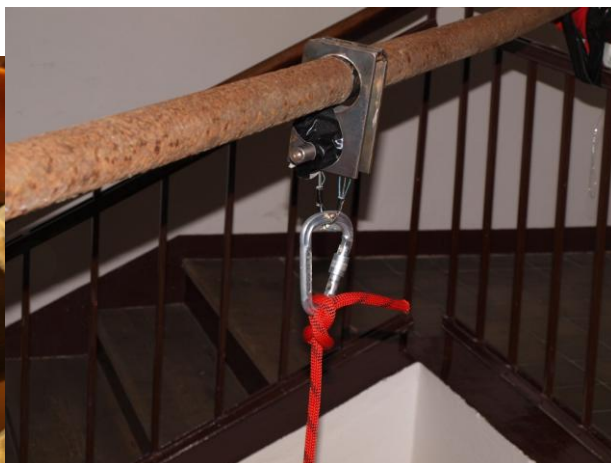
Prílohy



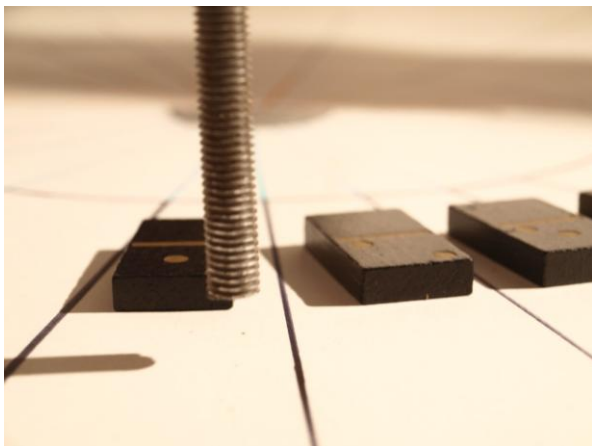
Obr.1 Horný pohľad na kyvadlo



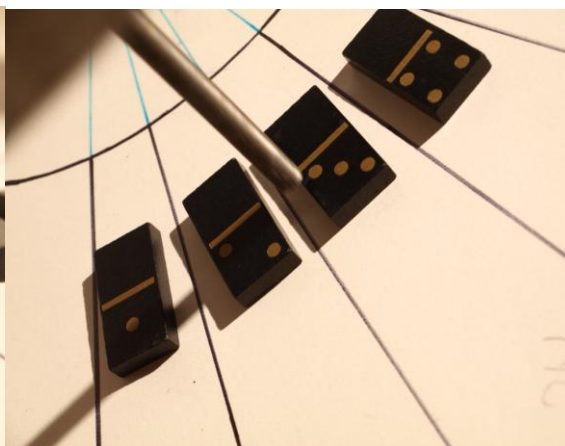
Obr. 2 Dolný záves



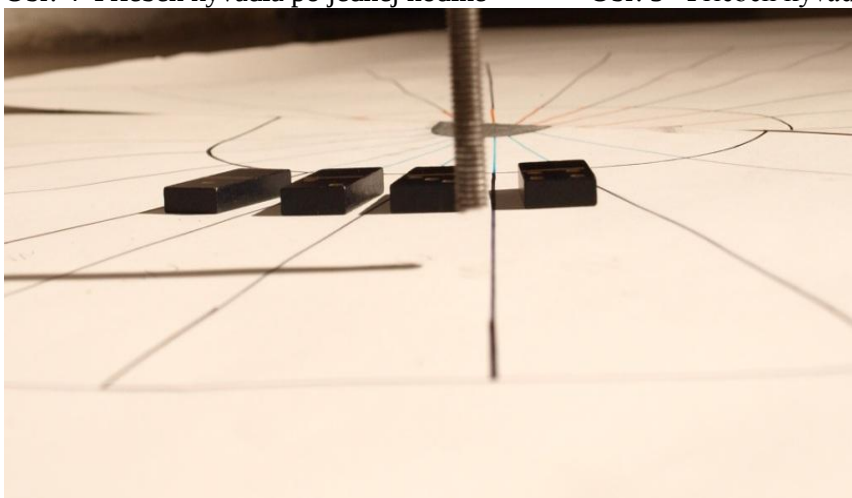
Obr.3 Horný záves



Obr. 4 Priebeh kyvadla po jednej hodine



Obr. 5 Priebeh kyvadla po dvoch hodinách



Obr. 6 Priebeh kyvadla po troch hodinách