

Levitace je legrace

V. Blat'ák*, V. Šmíd, K. Gajdošová, N. Kopecká**

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

*vitek.blatak@gmail.com, **nikol.kopecka@yahoo.de

Abstrakt

Cílem tohoto projektu je vysvětlit princip Levitronu (magnetické káči) a popsat zpomalení (závislost okamžité rychlosti na čase) Levitronu v různých prostředích.

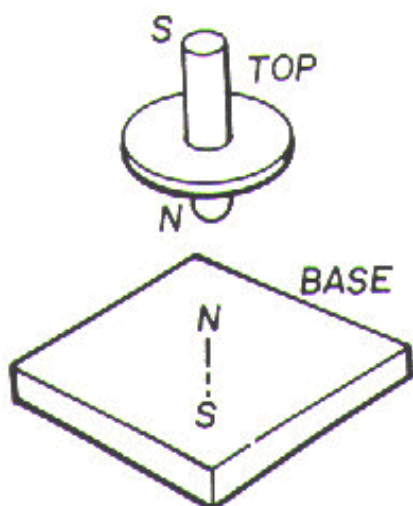
1 Úvod

Roku 1842 Samuel Earnshaw přišel s teorií, že žádné statické, magnetické nebo elektrické soustavy nábojů nemohou být stabilní, ať už samy o sobě nebo pod vlivem gravitace. Vědci proto k magnetické levitaci přistupovali skepticky a tvrdili, že je nemožná. Roku 1983 Roy M. Harrigan nechal patentovat levitující magnetickou káču. Roy Harrigan byl domácí kutil a o Earnshawově teorii nevěděl, takže ho od jeho experimentu skepticizmus neodradil. Jeho levitující magnetická káča však Earnshawovu teorii nepopírá, protože káča v magnetickém poli rotuje, zatímco Earnshawova teorie se týká statických magnetů. Levitující magnetickou káču nakonec vylepšil William G. Hones a získala název Levitron.

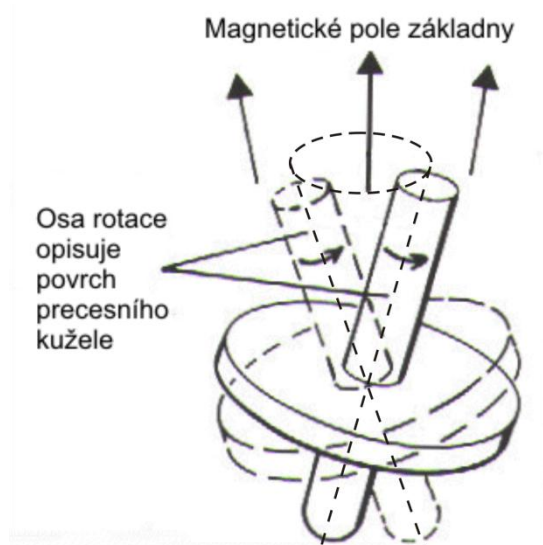
V naší práci jsme se zabývali tím, jak se chová magnetická káča v různých prostředích. Zkoumali jsme ji celkem ve třech prostředích. Na vzduchu při atmosférickém tlaku, ve zředěném prostředí asi 20 kPa a ve zředěném prostředí asi 50 Pa. Měřili jsme počet otáček káči za sekundu. Tím jsme zjistili rozdíly v chování magnetické káči v různých prostředích.

2 Princip a parametry Levitronu

Levitron je složen ze dvou magnetů, menšího (káči) a většího (základny). Magnety jsou k sobě orientovány souhlasně, severními póly k sobě (Obr. 1). Káča se točí v určité výšce nad základnou, tím pádem se chová gyroskopicky jako setrvačnický a tak se magnet nepřevrací. Káča rotuje kolem osy, která je téměř rovnoběžná se směrem magnetického pole. Tato rotace se nazývá precese (Obr. 2). Káča dokáže levitovat nad základnou ve výšce asi 3,2-4,4 cm. Hmotnost káči a síla magnetického pole základny a káči určuje výšku rovnovážného bodu. Hmotnost káči musíme upravovat pomocí závaží, protože síla magnetického pole je závislá na teplotě prostředí. Když se teplota zvyšuje, směry atomických magnetů se rozrůžňují a pole se oslabuje. Káča rotuje stabilně v rozmezí okolo 20-35 Hz. Nad 35-40 Hz je zcela nestabilní, stejně jako pod 18 Hz. Káča se zpomaluje díky odporu prostředí.



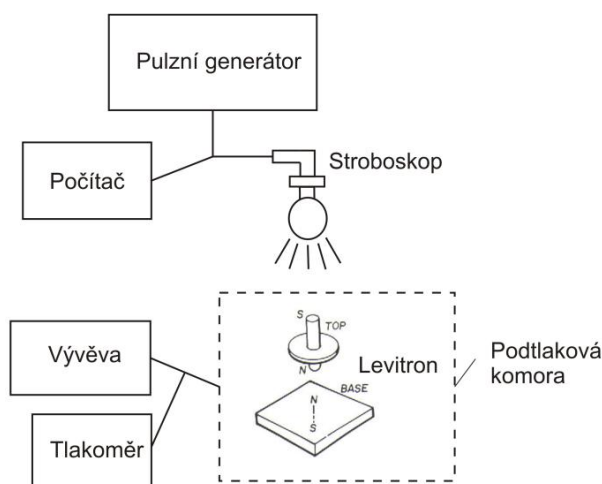
Obr. 1 Orientace magnetů



Obr. 2 Precesní pohyb káči

3 Měření otáček magnetické káči

Měření jsme prováděli pomocí stroboskopu na základě shodné frekvence blikání stroboskopu s počtem otáček káči za sekundu. Na káče jsme měli vyznačenou rysku. Když jsme na káču blikali stroboskopem o shodné frekvenci, jako byl počet otáček káči za sekundu, káča se opticky jevila v klidu. Stroboskop byl ovládán pomocí pulzního generátoru. Pulzní generátor fungoval zároveň jako měřič frekvence blikání stroboskopu a naměřená data odesílal ke zpracování do počítače (Obr. 3). Frekvence má stejný rozměr jako počet otáček za sekundu, tj. s^{-1} . Dále už budeme používat pouze jednotku Hz jak pro frekvenci, tak pro počet otáček za sekundu.



Obr. 3 Schéma měřicí soustavy

Nejdříve jsme na káču připevnili proužek papírku, který přesahoval přes okraj káči. Káču jsme připevnili na startér, který káču roztočil. Díky roztočení káči startérem jsme měli vždy téměř stejné počáteční podmínky měření. Počet otáček káči na startéru za jednu sekundu jsme zjistili pomocí optické závory, která snímala přesahující proužek papíru. Naměřili jsme hodnotu 40 Hz. Na stroboskopu jsme tedy nastavili počáteční frekvenci blikání na 40 Hz. Museli jsme si dát pozor, aby byla frekvence blikání stroboskopu skutečně stejná jako počet otáček káči za sekundu. Pokud bychom předem nezjistili, jaký je počet otáček káči za sekundu na startéru, naše měření stroboskopem by bylo nevěrohodné. Snadno by se mohlo stát, že nastavíme na stroboskopu frekvenci blikání menší. Totiž při frekvenci blikání

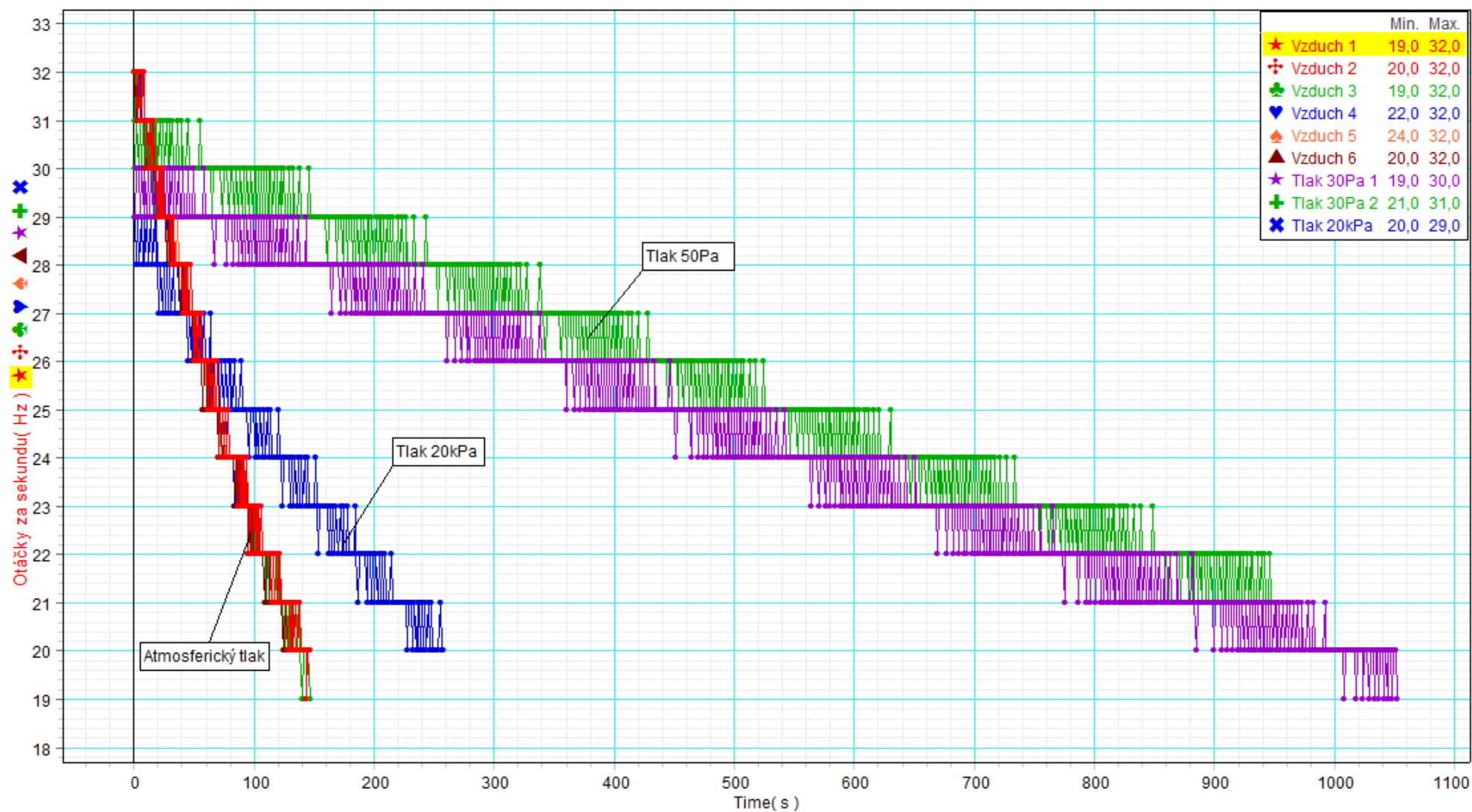
stroboskopu např. 20 Hz a skutečném počtu otáček káči za sekundu 40 Hz se káča také jeví opticky v klidu. Rozdíl je v tom, že naše oko zaznamená jen každou druhou otáčku káči.

Měření na vzduchu probíhalo tak, že se káča roztočila pomocí startéru a byla uvedena do levitujícího stavu. Ve chvíli, kdy káča začala levitovat, synchronizovala se frekvence blikání stroboskopu s počtem otáček káči za sekundu. Pomocí pulzního generátoru se ručně měnila frekvence blikání stroboskopu, tak aby se káča po celou dobu opticky jevila v klidu. Naměřená data počítač uložil do tabulky a následně zobrazil v grafu. Měření ve zředěných prostředích probíhalo podobně. Po roztočení byla káča uvedena do levitujícího stavu. Levitující káča byla uzavřena do podtlakové nádoby, ze které byl odčerpán pomocí vývěvy vzduch. Tlak v nádobě jsme sledovali pomocí tlakoměru. Po dosažení stabilního tlaku asi 50 Pa jsme provedli dvě měření. Stejně tak jsme postupovali, když jsme měřili ve zředěném prostředí asi 20 kPa, zde jsme provedli jedno měření. Podtlakovou nádobu a její připojení k vývěvě jsme museli vyrobit z nevodivých materiálů tak, aby nenarušovala magnetické pole Levitronu.

4 Vyhodnocení naměřených výsledků

Všechna naměřená data byla zpracována a uložena v počítači pomocí programu Data Studio. Podařilo se nám zaznamenat, jak se v čase mění počet otáček káči za sekundu. Naměřená data jsou vynesena v grafu (Obr. 4). Zjistili jsme, že káča vydrží na vzduchu levitovat asi 140 s. Ve zředěném prostředí 20 kPa levituje asi 250 s a ve zředěném prostředí 50 Pa levituje asi 1000 s. Zjistili jsme také, že káča padá při 19-20 Hz, což odpovídá jejím parametrům. Asi týden po experimentu jsme měli možnost znovu provést několik měření a všechna měření se vyvíjela stejně jako při experimentu.

Nebyli jsme už schopni analyticky zjistit předpis, podle jakého se počet otáček za sekundu mění. Z toho vyplývá, že se nám ani nepodařilo popsat jaké je zpomalení káči, popřípadě jak se v čase zpomalení káči mění v různých prostředích. Z grafu vidíme, že čím menší je tlak prostředí, tím je změna počtu otáček káči za sekundu lineárnější a klesá pomaleji. Z toho můžeme alespoň heuristicky vytušit, že zpomalení káči bude s menším tlakem klesat a velikost rozdílu jeho maximální a minimální hodnoty bude s klesajícím tlakem čím dál tím menší.



Obr. 4 Graf naměřených hodnot v různých prostředích

5 Poděkování

Naše poděkování patří zejména Ing. Vojtěchovi Svobodovi CSc. za významnou pomoc při komplikacích, které náš projekt provázely, a za nápady, bez kterých bychom nedosáhli takové kvality měření. Děkujeme doc. Ing. Zdeňkovi Češpírovi CSc. za rady a pomoc při práci s vakuovou technikou. Dále také děkujeme Jiřímu Příbylovi a Václavu Péli, kteří nám byli nápomocni při konstrukci podtlakové nádoby.

Reference

- [1] M. Sherlock, K. Sherlock, Historie Levitronu,
<http://www.amasci.com/maglev/lev/expose1.html>
- [2] W. G. Hones, přísěžné prohlášení u Okresního soudu U.S. Nové Mexiko,
<http://amasci.com/maglev/lev/exhibit2.txt>
- [3] W. G. Hones, Fascinations toys & Gifts, Inc., Fyzika Levitronu,
<http://fascinations.com/unique-toys-gifts-info/levitron-science.htm>
- [4] T. B. Jones, M. Washizu, R. Gans, Jednoduchá teorie pro Levitron,
http://heligone.free.fr/levitron/Levitron_rochester.simple.pdf
- [5] M. D. Simon, L.O. Heflinger, S. L. Ridgway, Rotací zajištěná magnetická levitace,
<http://www.physics.ucla.edu/marty/levitron/spinstab.pdf>