

Magnetická levitace

S. Škytová*, F. Boháč**, Š. Kecskes***, M. Nešvera****

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

*sim.sim.26sk@gmail.com, **bohacfr1@fjfi.cvut.cz,
stkecskes@gmail.com, *michal.nesvera@gmail.com

Abstrakt

Co je to magnetická levitace a kde se využívá? Samuel Earnshaw a Earnshawova věta? Jak funguje levitron a proč je stabilní? Komerční využití a patenty. Experiment s námi vyrobeným levitronem.

1 Úvod

Levitace je jako fascinující jev neopominutelnou součástí většiny sci-fi klasik. Který z jejich čtenářů však ví, že tento experiment je relativně jednoduše proveditelný na jejich psacím stole? Pravděpodobně jen převážně studenti FJFI (a podobných škol) a jejich učitelé.

Pod vlivem okouzlení z videí na Youtube jsme si dali za cíl se o tento experiment pokusit a magnetickou levitaci lépe pochopit. Jako pracovní model jsme si vybrali levitron a začali pátrat.

Dle definice je magnetická levitace vznášení předmětu ve vzduchu, při němž magnetická síla překonává gravitační sílu. Základní dělení provedení jsou dvě, statická a dynamická. Statická provedení, jak za pomoci elektromagnetů, tak i permanentních magnetů jsou obecně náročná a množství možností vylučuje Earnshawova věta. Daleko používanější je proto dynamická magnetická levitace, při níž se využívá stabilizace rotací nebo u elektromagnetů změnou velikosti magnetické síly v čase.

2 Samuel Earnshaw

Začneme pohledem do historie u Samuela Earnshawa, zřejmě prvního badatele v tomto tématu.

Narodil se dne 1. 2. 1805 a zemřel 6. 12. 1888. Byl to anglický teoretický matematik a duchovní. Jeho nejznámější příspěvek ve vědě byla tzv. "Earnshawova věta". Ale pole jeho působnosti bylo velmi široké, protože se dále věnoval optice, vlnění, akustice, infinitezimálnímu počtu a trigonometrii. Publikoval několik knížek a článků o teoretické matematice a fyzice.

3 Earnshawova věta

Tento teorém říká, že soubor bodových nábojů nemůže být udržen ve stabilním stacionárním stavu pouze pomocí elektrostatické interakce daných nábojů. Poprvé byl tento teorém ověřen

právě Samuelem Earnshawem v roce 1842. Obvykle se spojuje s magnetickým polem, ale původně byl použitý na elektrostatické pole. Je aplikovatelný na tzv. 'inverzní čtvercové síly' a také, což nás zajímá nejvíce, na magnetismus permanentních magnetů. Je však důležité, že neplatí pro pohybující se magnety.

3 Využití magnetické levitace

Magnetická levitace má dnes velmi významné využití. Příkladem může být nejrychlejší a nejmodernější druh kolejné dopravy, maglev. Je to metoda pohonu, která využívá magnetickou levitaci k uvedení dopravních prostředků do pohybu za pomoci magnetické síly. Většina energie však není použita pro levitaci samotou, ale pro překonání odporu vzduchu. Tento typ pohonu se jeví jako velmi slibný způsob dopravy v blízké budoucnosti.

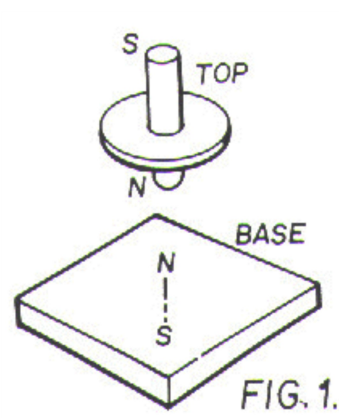
Dalším příkladem jsou magnetická ložiska. Je to metoda, která využívá magnetickou sílu pro zdvižení a podporu nákladu. Pomocí této metody se jednotlivé části pohybují bez fyzického kontaktu a tím pádem se omezuje tření na minimální hodnotu a nedochází tak k opotřebení materiálu.

Magnetická levitace slouží také k dekorativním účelům nebo jako hračky pro děti.

4 Levitron

Objekt našeho hlavního zájmu, levitron, vynalezl Roy M. Harrigan v 70. letech minulého století. Jeho patentované provedení mělo základnu z čtvercového magnetu na rozdíl od dnešních komerčních levitronů, které používají prstencový magnet, ale principiálně se od dnešních jinak neliší.

Levitron se skládá ze dvou hlavních částí – základny, v podobě velkého prstencového magnetu a káčky s menším horizontálně umístěným magnetem. Základna odpuzuje káčku čímž je překonávána gravitační síla a díky rotaci je levitace stabilní a káčka levituje přibližně 5 cm nad základnou. Káčka je tedy vlastně magnetický gyroskop. Pro stabilitu je proto důležitá frekvence otáčení, která musí být mezi 18-35 Hz. Když je frekvence příliš malá je malý i moment setrvačnosti, nastanou velké vychýlení osy otáčení a káčka je vymrštnuta. Pokud je frekvence naopak příliš velká, káčka se stane v podstatě nepohybujícím se tělesem a začne pro ni platit Earnshawova věta. Pro levitaci je proto ideální frekvence 20-30 Hz, kdy jemné fluktuace osy otáčení stabilizují levitaci káčky. Dále je také důležité vyvážení hmotnosti káčky pro vytvoření rovnováhy mezi silou gravitační a odpudivou magnetickou silou základny.

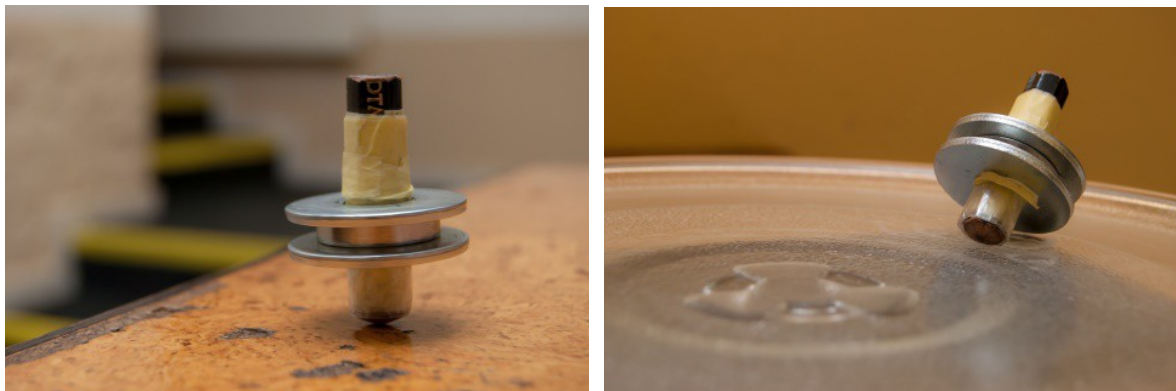


Obrázek 1: Na obrázku je znázorněna káčka vznášející se nad základnou.

5 Vlastní experiment

Jak již bylo zmíněno, na základě videí z Youtube jsme se pokusili sestavit vlastní levitron. Jako základnu jsme použili zapůjčený feritový magnet obdélníkového tvaru. Káčka, pak byla sestavena z neodymového prstencového magnetu, dřevěná tyčka použitá jako střed a kovových prstenců k vyvážení. Prvním problémem se stalo samotné roztáčení káčky. Museli

jsme natrénovat grif potřebný k jejímu dostatečnému roztočení. Zásadnější problém však nastal, když jsme se pokusili káču roztočenou na podložce umístit nad základnu. Káča byla pokaždé vymrštěna pryč. Možné důvody tohoto neúspěchu jsou, již zmiňované, nedostatečná či přílišná frekvence otáčení káči, špatné vyvážení hmotnosti káči nebo také nevhodně použité magnety a jejich tvary.



Obrázky 2,3: Vlastní fotografie sestrojeného levitronu.

Poděkování

Poděkování patří Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za vypůjčení magnetu.

Reference

- [1] kol. autorů, *Magnetic levitation*, http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_levitation
- [2] kol. autorů, *Earnshaw's theorem*, http://en.wikipedia.org/wiki/Earnshaw%27s_theorem
- [3] kol. autorů, *Spin-stabilized magnetic levitation*,
http://en.wikipedia.org/wiki/Spin_stabilized_magnetic_levitation
- [4] Martin D. Simon, Lee O. Heflinger, S. L. Ridgway, *Spin stabilized magnetic levitation*, American Journal of Physics(1997)