

Magneti 2: Kaj smo spoznali o magnetnih sučnih nihalih?

ODGOVOR NALOGE



MOJCA ČEPIČ

→ Danes se posvetimo raziskovanju magnetnih nihala. Naj na hitro predstavim še eno inačico izdelave magnetnega nihala. Med dva neodimska magnetna je potrebno napeljati tanek, 20 do 30 cm dolg sukanec.

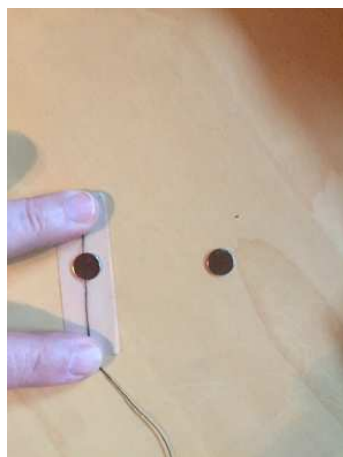
Najenostavneje je, da magnet nalepite na selotejp, selotejp z gladko stranjo položite na mizo, preko magnetna na mizi pa na selotejp nalepite še sukanec (slika 1 a). Nato ob strani z dvema prstoma pritisnete lepilni trak s sukancem vred ob mizo (slika 1 b), tej kompoziciji pa približate drugi magnet. Ko bo drugi magnet dovolj blizu, bo »skočil« na prvega in trdno stisnil sukanec med oba magnetna. Drugi magnet trdno držite in ga poskušajte približati čim bolj počasi, da preprečite preveč sunkovit »skok«. Ma-

gneti so namreč krhki in se radi polomijo (slika 1c). Selotejp z zunanje strani odstranite in nihalo je narejeno. Daljši sukanec potrebujemo zato, da si 10–20 cm sukanca navijemo okoli dlani, magnetni dvojec pa prosto visi in se suče na približno 10 cm dolgem prostem delu sukanca.

Sedaj se pa posvetimo nalogam oziroma povzemimo, kaj ste najverjetneje opazili, če ste se z magnetnimi nihali igrali.

Naloga je bila [1]: Sukanec dvignimo, da magnet prosto obvisi. Oglejte si ga? Kako je usmerjena simetrijska os magnetov?

Če niste magnetov na sukancu dvignili preveč sunkovito, je dvojec sučno zanihal in se počasi umiril. Če eno stran dvojca označimo, opazimo, da ob hoji po prostoru orientacija magnetov ostaja enaka. Tudi če se zasučemo, sta magnetna vedno zasukana v enako smer.



SLIKA 1.

Leva: Potrebščine za pripravo nihala. Srednja: Z eno roko trdno primemo selotejp z nalepljenima magnetom in sukancem, z drugo pa približamo drugi magnet. Desna: Bodimo previdni, ker so neodimski magneti zelo krhki in se radi lomijo.

Kot smo omenili že zadnjič, je Zemlja velik magnet, vsi pa se neprestano nahajamo v njenem magnetnem polju. Magnetno polje ni prav veliko. Vodoravna komponenta gostote magnetnega polja v Sloveniji je približno $22 \mu\text{T}$ in velikost gostote magnetnega polja približno $48 \mu\text{T}$. Pri nas smer gostote magnetnega polja oklepa približno 63° z vodoravnico. Da smer magnetnega polja ni vodoravna pokaže tudi naše nihalo, saj simetrijska os dvojca magnetov oklepa z vodoravnico manjši kot (slika 2).



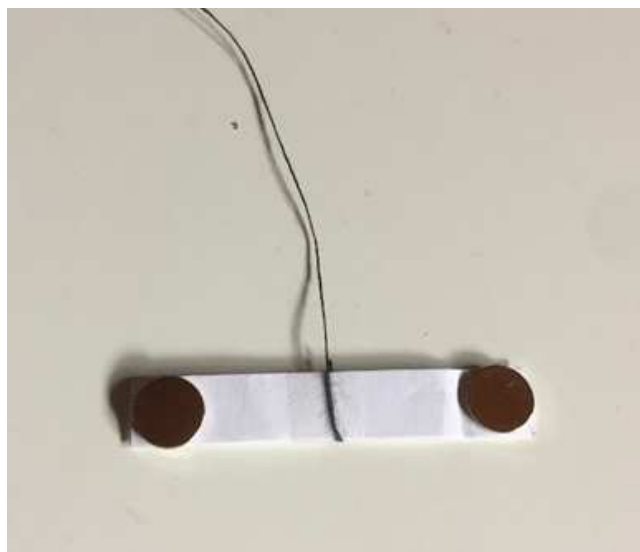
SLIKA 2.

Magnetni dvojec visi navpično ob lesenem ravnilu in se ga z gornjim robom dotika. Vidimo, da spodnji rob dvojca odmaknjen od roba ravnila. Navor zaradi zemeljskega magnetnega polja poskuša dvojec zasukati v nasprotni smeri kot navor njegove teže.

Pozorno oko pa opazi, da se orientacija dvojca magnetov včasih spremeni. Če dvojec približamo železnemu predmetu, se bo zasukal tako, da bo simetrijska os dvojca bolj ali manj obrnjena proti predmetu. Železo se namreč v magnetnem polju dvojca magnetizira, predmet iz železa postane magnet in povratno spremeni polje na mestu, kjer dvojec visi. To je razlog za privlak železnih in drugih predmetov iz feromagnetnih snovi. Če orientacija dvojca na nekem mestu odstopa od običajne, boste v neposredni bližini gotovo našli kaj feromagnetnega.

Magnet na sukancu tudi sučno niha. Če ga približamo železu ali drugemu magnetu, vidimo, da se frekvenca sučnega nihanja poveča, iz česar lahko sklepamo, da velja: v čim večjem magnetnem polju se dvojec magnetov nahaja, tem večja je frekvenca nihanja.

Sedaj pa poskusimo frekvenco še zmanjšati. Lahko povečamo vztrajnostni moment magnetnega dvojca. Vzemimo približno 4 cm dolg in 1,5–2 cm širok kos papirja in ga po dolgem dva do trikrat preložimo. Vsako stran tako nastale ploske paličice vpnemo v dvojec magnetov, na sredino paličice pa privežemo sukanec (slika 3). Kako niha paličica z magnetnim dvojcem? V kateri smeri se paličica umiri, če sta magnetna na obeh koncih enako orientirana? V kateri pa, če sta nasprotno? Kakšna je frekvenca nihanja v obeh primerih? Ta vprašanja so že nova naloga.



SLIKA 3.

Magnetno nihalo z večjim vztrajnostnim momentom. Orientaciji dvojcev sta lahko enaki ali nasprotni in to vpliva na smer ravnovesne lege in sukanje. Kako?

Sedaj pa še malo teoretične razlage. Kot že omenjeno, je dvojec magnetov magnetni dipol. Magnetni dipolni moment označimo s p_m . Magnetni dipol dvojca je vektor v smeri simetrijske osi usmerjen iz severnega pola dvojca, ki smo ga določili že zadnjič. Kadar dipol oklepa z magnetnim poljem na mestu dipola nek kot, se pojavi navor, ki ga suče v ravnovesno

lego, v kateri je smer dipola vzporedna z magnetnim poljem.

$$\mathbf{M} = \mathbf{p}_m \times \mathbf{B} \quad (1)$$

Zaradi navora magnet zaniha okoli ravnovesne lege

$$p_m B \sin \varphi = J \ddot{\varphi} \quad (2)$$

kjer je φ kot med dipolom in magnetnim poljem, J vztrajnostni moment dvojca okoli osi v smeri vrvice ter $\ddot{\varphi}$ je trenutni kotni pospešek sukanja dvojca magnetov. Za majhne kote je nihanje sinusno in iz enačbe (2) razberemo kotno frekvenco nihanja $\omega = 2\pi\nu$ oziroma frekvenco nihala

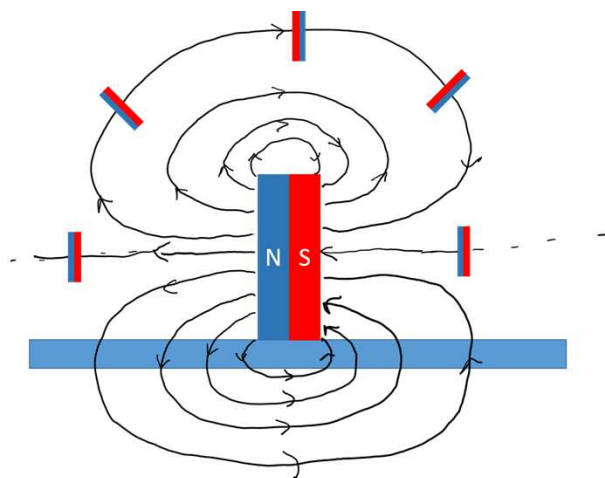
$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{p_m B}{J}} \quad (3)$$

Odgovorimo še na zadnje vprašanje. Kako zmanjšati frekvenco nihanja ali celo doseči, da se magnetni dvojec prosto vrtil? Odpraviti oziroma zelo zelo zmanjšati moramo magnetno polje. A Zemljino magnetno polje je povsod okoli nas. Narišimo najprej silnice okoli dvojca magnetov (slika 4).

Dvojec magnetov stoji na robu na podlagi, ki je na sliki označena z dolgim modrim pravokotnikom. Simbolično sta označena tudi severni (N) in južni (S) pol dvojca. Silnice magnetnega pola so zaključene, tudi tista na sredini, ki se daleč stran obrne ... Silnice ponazarjajo magnetno polje dvojca, mali dvojci pa svojo orientacijo, če bi v označenih položajih prosto viseli in ne bi bilo drugih magnetnih polj, npr. Zemljinega. Kjer so silnice bolj goste, je magnetno polje večje in sučno nihalo iz magnetnega dvojca bi nihalo z večjo frekvenco.

Takle, na svojem robu na mizi stoječi dvojec pa lahko izkoristimo tudi za izničenje Zemljinega magnetnega polja. S pravilno orientacijo dvojca na mizi lahko dosežemo, da je v eni točki magnetno polje, ki ga povzroča magnetni dvojec na mizi, nasprotno enako zemeljskemu. Ker je ploskev dvojca na vrvi skoraj navpična, je dovolj, če najdemo točko, v kateri sta nasprotno enaki vodoravni komponenti. V tej točki se bo sučno nihalo iz magnetnega dvojca skoraj prosto vrtelo. V ravnovesno lego ga vrača le še sukanec, navori zaradi zvijanja sukanca pa so zelo zelo majhni. Kako je potrebno zasukati dvojec na mizi, da to lahko dosežemo? Pa je pred vami še ena naloga.

Tudi ta delavnica je nekoliko predelana delavnica Leoša Dvoraka [2, 3].



SLIKA 4.

Pogled s strani na dvojec magnetov, ki na podlagi stoji na robu. Simbolično sta pola označena tudi barvno, položaj črk naj ne zavede. Na desni je južni pol kombiniranega magneta, a levi severni. Če bi magneta razdružili, bi za vsakega od njiju lahko označili oba, moder in rdeč del, kot kažejo simbolične slike manjših magnetov in njihove orientacije v magnetnem polju dvojca.

Literatura

- [1] M. Čepič, *Magneti 1*, Presek: list za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje, 2019/2020, 47, 1, 18-20.
- [2] Dvořák L., *O magnetu, magnetických tělesech a velikém magnetu Zemi*, In: Dílny Heuréky 2016/Heureka Workshops 2016. Sborník konference projektu Heureka. E.: V. Koudelková. Matfyzpress Praha 2017. ISBN 978-80-7378-338-9 (PDF, v češtině), str. 7-23. Dostupno na kdf.mff.cuni.cz/heureka/sborniky/DilnyHeureky_2017.pdf, ogled 6. 12. 2019.
- [3] Dvořák L., *Magnets and magnetic field around them: what can we learn from simple experiments*, sprejeto v objavo v zbornik konference GIREP v Dublinu 2017.