

Lebdeči magnet



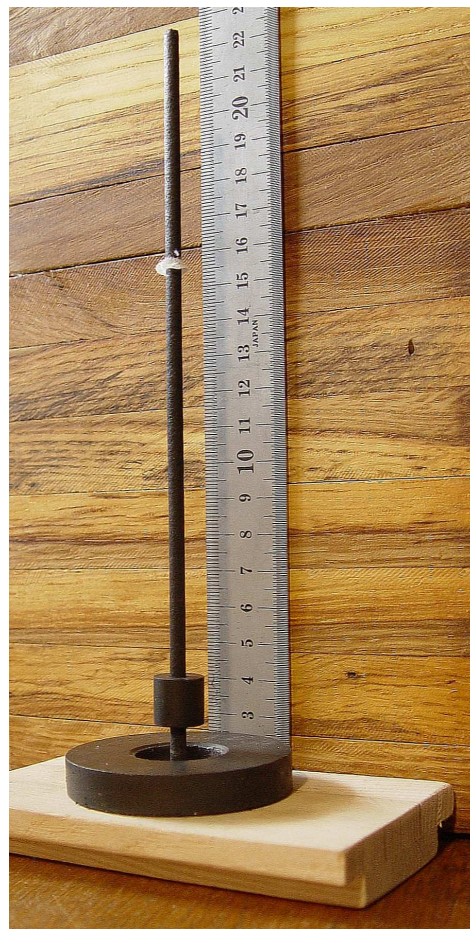
ANDREJ LIKAR

→ V prejšnjem prispevku smo opisali lebdečo vrtavko. Takrat smo navedli, da ni mogoče razpostaviti magnetov tako, da bi eden od njih mirno lebdel nad drugim. Pri vrtavki se lebdenje sicer posreči, a le zato, ker se lebdeči magnet ves čas premika in spreminja svojo vrtilno os.

Če v sestav magnetov vključimo še elektromagne, ki se jim namagnetnost hitro spreminja, pa je mogoče prisiliti izbrani magnet v lebdenje, ne da bi se le-ta vidno premikal.

Začnimo z igračo, kjer majhen magnet, nataknen na paličico, lebdi na sredi nad večjim obročastim magnetom (glej sliko 1). Pri obeh magnetih je severni pol obrnjen navzgor. Paličica obdrži magnet na geometrijski osi, lahko se premika le v navpični smeri. Ko magnet potisnemo navzdol in ga spustimo, ga magnetna odbojna sila izstreli navzgor. Kdor je pri tem dovolj spreten, se mu magnet dvigne kar visoko. Na paličico nataknen listič papirja označi višino, do katere se je povzpel magnet, kar odberemo na merilu. Če tekmujejo, zmaga seveda tisti, ki uspe potisniti listič najvišje.

Pa si podrobneje oglejmo fiziko pri tej igrači. Na sliki 2 smo prikazali magnetno polje obročastega magneta s severnim polom obrnjenim navgor. Vektorji magnetne poljske gostote \vec{B} ležijo v navpični ravnini, ki vsebuje geometrijsko os. To polje je povsem drugačno kot polje paličastega magneta, ki ga dobro poznamo. Tam se severni in južni pol dveh magnetov povsod privlačita. Na sliki 3 je prikazano polje gostote sil, ki deluje na vodoravno postavljen ploščati magnet, z južnim polom obrnjen k severnemu obročastega magneta. Če to gostoto sil pomnožimo s prostornino majhnega dela magneta, do-

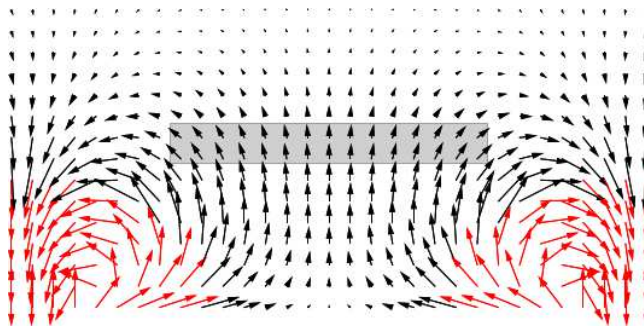


SLIKA 1.

Skoraj lebdeči magnet, nataknen na paličico. Ko ga potisnemo navzdol in spustimo, ga magnetna odbojna sila krcne navzgor.

bimo silo na ta del. Na različne dele magneta so sile različne, na celotni magnet deluje rezultanta vseh teh sil. Do polja sil smo prišli z enačbo, ki smo jo navedli v spodaj navedenem prispevku [1]. Tam smo

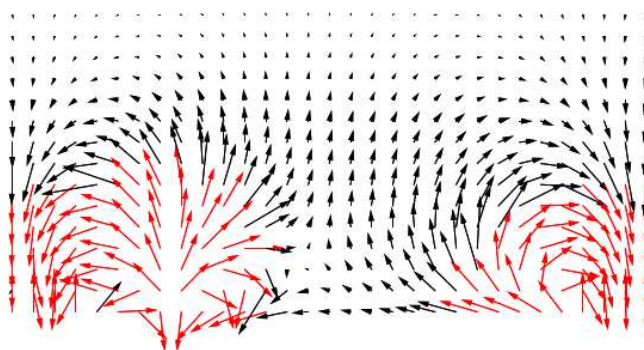
videli, da silo na magnet določa spreminjanje magnetnega polja v prostoru in orientacija magnetnih dipolov v magnetu. Vidimo, da se magnet odbijata, če sta dovolj blizu in njuni geometrijski osi sovpadata, zgornji ploščati magnet pa je manjši od luknje obročastega. Odboj je dovolj močan, da na neki višini premaga težo ploščatega magneta. Ker odbojna sila narašča, ko magnet potiskamo navzdol, je ravnovesna lega, ki jo zavzame magnet, stabilna v navpični smeri. Iz slike 3 takoj razberemo, da je vodoravna lega magneta prav tako stabilna, saj se pri majhnem zasuku magneta okrog poljubne vodoravne osi le-ta vrne v vodoravno lego. Magnet skoraj lebdi. Prav zato tako lahko drsi po paličici. Seveda – skoraj. Pri premiku v vodoravni smeri ga magnetna sila poganja stran od geometrijske osi, in to vedno bolj, čim dlje od osi je. Če v mislih premaknemo magnet vodoravno iz sredine, slika 3 pokaže, da se ravnovesje vodoravnih komponent sil poruši in te magnet vlečejo stran od sredine. Prepuščen sam sebi bi v hipu zgrmel na spodnji magnet. Paličica prepreči tak tok dogodkov.



SLIKA 3.

Polje sil na pokončno postavljen lebdeči magnet. Na sliki smo magnet nakazali s sivo-modro barvo v njegovi ravnovesni legi.

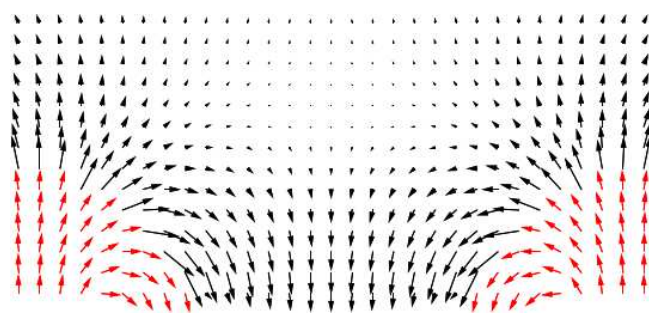
končno postavljen magnet, ko je vključen eden od elektromagnetov, je prikazano na sliki 4. Odtod lahko razberemo, da elektromagnet potiska zgornji magnet v vodoravni smeri. S primerno izbranim tokom skozi tuljavice lahko vrne magnet v izhodiščno lego. Da pridemo do primernega toka, moramo odmik meriti. To omogočijo senzorji magnetnega polja, ki so nameščeni pod magnetom. Ker se magnet lahko premakne kamorkoli po vodoravni ravnini, moramo imeti vsaj dva senzorja in štiri popravljalne elektromagnete.



SLIKA 4.

Polje sil na pokončno postavljen lebdeči magnet ob delovanju elektromagneta na levi strani

Magnetno polje lebdečega magneta je prikazano na sliki 5. Premik magneta v vodoravni smeri spremeni magnetno polje pri senzorju. Tam se pojavi

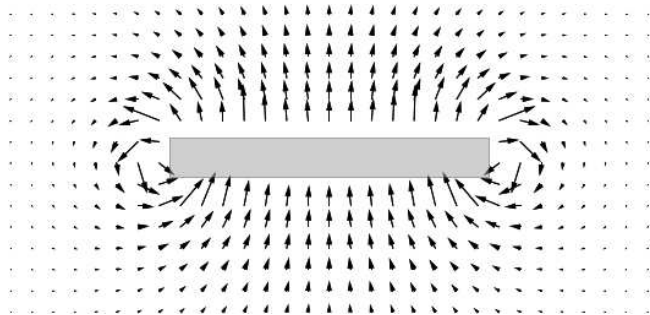


SLIKA 2.

Magnetno polje obročastega magneta v navpični ravnini, ki vsebuje simetrijsko os. Vektorji, risani z rdečo barvo, so zaradi preglednosti slike skrajšani. Tako smo risali tudi preostale slike polj.

Namesto paličice lahko uporabimo elektromagnete, ki povrnejo magnet v izhodiščno lego. Pri majhnem vodoravnem premiku zadošča že majhen tok skozi tuljavice elektromagnetov, pri večjem odkliku pa mora biti tok večji. Tok skozi tuljavice moramo z elektronskim vezjem prilagajati, in to glede na odmik magneta od geometrijske osi. Polje sil na po-

→ komponenta B_x magnetne poljske gostote \vec{B} v vodoravni smeri. Na osnovi te komponente elektronsko vezje krmili tok skozi tuljavice. Vezje je tako hitro, da se magnet neopazno izmika iz ravnovesne lege. Pri eni od kupljivih naprav tok iz vezja prihaja v tuljavice v enako visokih sunkih z različno širino, ki je sorazmerna z odmikom magneta.

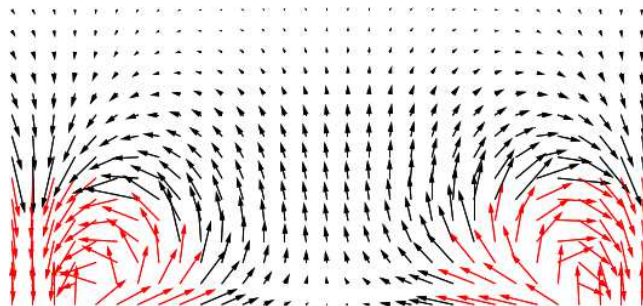


SLIKA 5.

Magnetno polje vodoravno postavljenega lebdečega magneta

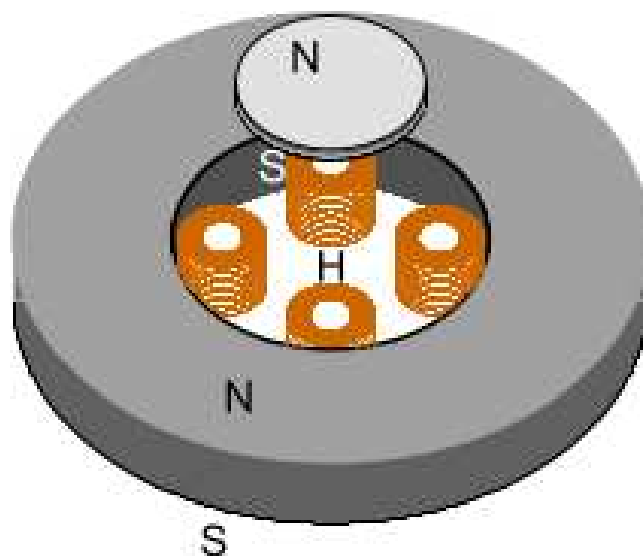
Omeniti moramo še eno podrobnost. Magnet se lahko le nagne in nagib prav tako povzroči spremembo vodoravne komponente magnetne poljske gostote na mestu senzorja. Elektromagnet posreduje tudi v tem primeru, čeprav se magnet ni oddaljil od ravnovesne lege. K sreči se pri nagibu pojavi tudi magnetna sila (glej sliko 6), in če jo elektromagnet natančno uravnesi, se magnet ne premakne. Posredovanje elektromagneta, ki je povezano s signalom iz senzorja, je s tem povsem določeno. Pravimo, da je povratna zanka s tem pogojem umerjena. Taka umeritev hkrati zadošča tudi pri premiku v vodoravni smeri.

Skico naprave najdemo na sliki 7. Ker lebdeči magnet držijo na svojem mestu štirije elektromagneti, nima središčne izvrtine, kot jo ima magnet pri naši igrački. Zgraditi opisano napravo pa ni lahko, saj moramo poznati nekaj elektronike in si priskrbeti ustrezne magnete ter elektronske komponente. A v fizikalnem krožku pod mentorstvom zagnanega učitelja in s pomočjo študenta elektronike tak projekt morda le ni pretežak. Komur je, lahko na trgu kupi že izdelano napravo za približno 50 evrov. Preostane le, da jo zapre v ustrezno škatlo, da prepreči trde trke zelo močnih, a krhkih magnetov.



SLIKA 6.

Polje sil na nagnjeni magnet



SLIKA 7.

Skica naprave – lebdečega magneta. Znotraj obročastega magneta (sivo) so štiri korekcijski elektromagneti (oranžno). S H je označeno mesto senzorjev magnetnega polja (Hallove senzorji). Zgornji magnet lebdi kake 3 cm nad zgornjo ploskvijo obročastega magneta

Literatura

- [1] A. Likar, *Lebdeča vrtavka*, Presek 48 2020/2021, 2, 12-15.

× × ×