

# PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik **18** (1990/1991)

Številka 6

Strani 336-339

Janez Strnad:

## UMOR S FOUCAULTOVIM NIHALOM

Ključne besede: fizika, nihanje, nihalo.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/18/1068-Strnad.pdf>

© 1991 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

## UMOR S FOUCAULTOVIM NIHALOM

"Ob pol dvanajstih se je v zvoniku stare saške cerkvice prevrnil velik kip in se razletel. Kosi razbitega marmorja so se zagostili za vrata. Osamljeno okno je bilo premajhno, da bi se skozenj zrinil odrasel človek.

Ko se je inšpektor C.D.Sloan z vso močjo oprl na vrata, so se odprla samo za špranjo. Skoznjo je videl sicer prazen prostor z zvonovi, razbitimi marmornimi kosi in - roko mrtvega moža. Kako je lahko morilec pobegnil iz stolpa? Sloan je našel samo porabljeno vžigalico, črno, ožgano nit in nihalo, ki je viselo sredi stolpa.

Sloanov predstojnik: 'Kaj pomeni to nihalo?'

Sloan je zmajal z glavo: 'Mislim, da nihalo ne bi moglo narediti tega. Kip ni stal na zveznici nihala z oknom' (slika 1).

Sloana je oblihl mrzel pot. Nato je dvignil glavo. Nihalo, ki se suče! Videl ga je v muzeju. Toda le, če je dolgo vsaj dvajset metrov. 'Dvajset metrov', je šepetal glas v Sloanovih možganih, 'in miren začetek'. Miren začetek je pomemben. Spomnil se je, kako je mož v muzeju prežgal vrvico, ki je držala nihalo pri strani, z vžigalico. Vžigalico. Navadno vžigalico, kakršno je našel.

'Naj pošljejo koga z mestne policije, ki se razume na nihala.'

'Poglejmo,' je rekel dr. Dabbe, 'Foucaultovo nihalo. Ali ne pokažemo z njim, da se Zemlja vrtil?'

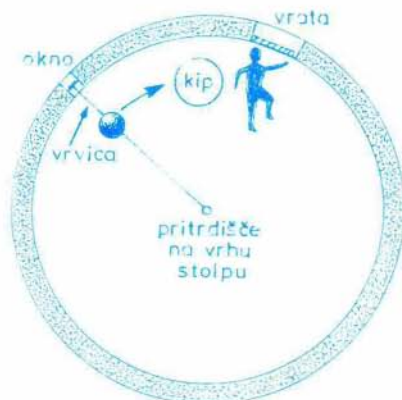
'To je to,' je rekel Sloan.

'Mislim, Sloan, da ste na pravi sledi.'

'Da, to bi pojasnilo porabljeno vžigalico. Nihalo mora zelo mirno začeti nihanje. To je vsa skrivnost. Privezati ga morate na kaj trdnega in potem vrvico prežgati.'

'Denimo, na okenski okvir.'

'Da, tako je.' "



**Slika 1.** Tloris priprav na umor. Umor naj bi se zgodil blizu Londona, kjer se zavrti ravnina nihala za  $12^\circ$  na uro, tako da bi ostalo zločincu okoli pet ur časa.

\* \* \*

To so bistveni odlomki iz detektivskega romana Catherine Aird *His Burial Too* (Tudi njegov pokop), ki ga je kot žepno knjigo izdala newyorška založba Bantam leta 1981. Umor je hud zločin in ne sodi v Presek - če ne gre za fizikalno zanimivost, ki je dobro zamišljena, a teže izvedljiva. Detektivke ni bilo treba prebrati. Odlomke smo vzeli kar iz majske številke ameriške revije *The Physics Teacher* iz članka R.H.Crana *The Foucault pendulum as a murder weapon and physicist's delight* (Foucaultovo nihalo kot morilsko orožje in fizikova radost). Tudi na naši televiziji smo pred leti videli film, v katerem je v dokaj krvavi zgodovinski zgodbi nastopalo Foucaultovo nihalo z ostrim rezilom. Najbrž ga pisci morilskih zgodb uporabijo zato, ker je gibanje nihala za večino bralcev presenetljivo in ker dopušča, da si zamislijo umor v času, za katerega lahko morilec postreže s trdnim alibijem. Na srečo v kriminalni kroniki o čem podobnem še nismo brali.

O Foucaultovem nihalu je Presek pisal pred kratkim. Ponovimo, da se na severni polobli ravnina nihanja zasuče v eni uri za  $15^\circ \sin \varphi$  v smeri urnega kazalca, če je  $\varphi$  zemljepisna širina. Detektivska zgodba je zanimiva sama, ponuja pa tudi priložnost, da še kaj dodamo. Opozoriti kaže predvsem na to, da ni lahko narediti Foucaultovega nihala, ki bi se dlje časa gibalo tako, kakor pričakujemo.

Na to je mogoče sklepati tudi po prvih Foucaultovih poskusih leta 1851. Foucault je imel izkušnje z nihanjem tanke palice, ki se je počasi vrtela, vpeta v stružnici. Kakor se pogosto primeri, je podobno razmišljal tudi francoski matematik in fizik Siméon Denis Poisson že leta 1837. Izračunal je, da se na Zemlji zaradi vrtenja odklonijo na severni polobli izstrelki proti desni. Pomislil je tudi na nitno nihalo, a je bil prepričan, da je odklon premajhen, da bi ga bilo mogoče opaziti. Foucault je vedel za Poissonovo razmišljanje, a je uvidel, da se pri nihalu odkloni v desno seštevajo. O tem je zapisal: "Zdi se mi, da lahko nihalo primerjamo z izstrelkom, ki se odkloni proti desni in ki bi se odklonil v isto smer, ko bi se vračal. Nihalo ima prednost, ker se odkloni seštevajo in dopušča, da preidemo iz območja teorije na območje opazovanja."

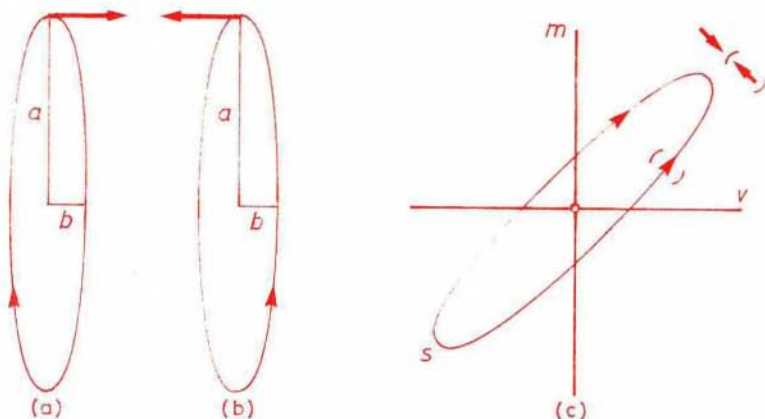
Topničarji so se med tem navadili upoštevati na severni polobli odklon izstrelkov proti desni. Na južni polobli se izstrelki odklonijo na drugo stran, proti levi. Tudi tega se zavedajo, odkar so bili angleški topničarji nemilo presenečeni, ko jim je v bitki pri Falklandskih otokih v prvi svetovni vojni izstrelke neslo proti levi.

Ne vemo, ali je bila za Foucaulta odločilna izkušnja z nihajočo palico, Poissonovo razglabljanje, posvetovanje z mentorjem Aragojem ali vabilo, naj

pripravi zanimiv poskus za pariško svetovno razstavo. Vsekakor je začel poskuse v kleti z 2 metra dolgim nihalom z maso 5 kilogramov. Nihalo je spravil v nihanje tako, da ga je odklonil iz ravnovesne lege, privezal z vrvico, počakal, da je popolnoma obmirovalo, in nato vrvico prežgal. Čez pol ure je opazil, da se je ravnina nihanja zasukala. V Parizu z zemljepisno širino okoli  $53^\circ$  se ravnina zasuče za  $12^\circ$  na uro ali za  $6^\circ$  na pol ure.

Pri poznejših poskusih je Foucault opazoval nihalo le minuto. Pri amplitudi dvometrskega nihala  $10^\circ$  se je v tolikšnem času premaknila skrajna lega za milimeter v tangentialni smeri. Motilo je to, da se je zaradi upora zmanjšala amplituda in se je skrajna lega spremenila tudi v radialni smeri. Zato je Foucault poiskal možnost za delo z daljšimi nihali, najprej v pariški zvezdarni z 11 metrov dolgim nihalom in naposled v Pantheonu s 65 metrov dolgim nihalom.

Razloga za to, da je prešel od daljšega časa opazovanja h krajšemu, ni navedel, a domnevamo, da so ga na to napeljale težava. Natančno opazovanje nitnega nihala namreč moti *gibanje po elipsi*. Če nihalo zaženemo tako, da se giblje po sploščeni elipsi, ne po loku, se velika polos elipse vrti v isti



**Slika 2.** Če se nihalo giblje po zelo sploščeni elipsi (v projekciji na vodoravno ravnino), se velika polos elipse  $a$  suče v smeri gibanja nihala po elipsi. Sukanje se prišteje k sukanju ravnine nihanja zaradi vrtenja Zemlje (a) ali se od njega odšteje (b). Kotna hitrost velike polos elipse je pri tem  $3\pi ab/4l^2 t_0$ , če je  $b$  mala polos,  $l$  dolžina nihala in  $t_0$  njegov nihajni čas. Pri dvometrskem nihalu z nihajnim časom 2,8 sekunde se pri amplitudi 10 stopinj ali 35 centimetrov velika polos elipse zasuče za 12 stopinj na uro, če meri mala polos 0,8 milimetrov. Pri neidealnem nihalu je nihajni čas odvisen od tega, kako izberemo ravnino nihanja (c). Nihalo niha po loku v ravnini z največjim (v) ali najmanjšim (m) nihajnim časom, v vmesnih legah (s) pa se začne gibati po elipsi. Za poskuse lahko nihalo namenoma nekoliko pokvarimo, tako da v majhni razdalji pod pritrdiščem na vrvico privežemo vodoravno rahlo vijačno vzmet. V ravnini vijačne vzmeti je nihajni čas najmanjši, pravokotno nanjo pa največji.



**Slika 3.** Veliko Foucaultovo nihalo v Nemškem muzeju Münchnu. Zato, da je mogoče prepričljivo opaziti, kako se vrtilna ravnina nihanja, postavijo nihalo na pot figure, ki jih postopno podira. Figure so podirte navznoter, po čemer sklepamo, da se celo to nihalo giblje po zelo sploščeni elipsi v smeri urnega kazalca, v isti smeri, kot se vrtilna ravnina nihanja.

smeri, kot opisuje nihalo elipso (slika 2). To vrtenje nima nič opraviti z vrtenjem Zemlje. Brž ko bi merila mala polos elipse pri dvometrskem nihalu 0,8 milimetra, bi se velika polos vrtela dvakrat hitreje, kot bi pričakovali, ali pa se sploh ne bi vrtela, pač glede na to, ali bi se gibalo nihalo po elipsi v smeri urnega kazalca ali v nasprotni smeri. Do gibanja po elipsi pride lahko tudi v primeru, da nihalo zelo skrbno spravimo v nihanje, tako da se spočetka giblje natanko po loku. K temu prispevajo razne pomanjkljivosti pritrdišča in vrvica, na primer to, da se pritrdišče malo poda pri prehodu skozi ravnovesno lego, ali se tedaj vrvica zaradi prožnosti malo raztegne ali to, da preseki vrvica ali žice ni popolnoma krožni, ampak za malenkost sploščeni. V teh primerih se pokaže, da je nihajni čas nihala nekoliko odvisen od tega, kako izberemo ravnino nihanja. Če jo izberemo tako, da niha nihalo z najmanjšim ali največjim nihajnim časom - obe ravnini sta druga na drugo pravokotni, ne pride do gibanja po elipsi. Zato je dobro pri poskusih s Foucaultovim nihalom najprej izmeriti nihajni čas nihala v različnih ravninah nihanja. Za kratkotrajne poskuse so uporabna tudi malo slabša nihala, če jih opazujemo, dokler nihajo v ravnini najmanjšega ali največjega nihajnega časa.

Po vsem tem razumemo, da velika in dobra Foucaultova nihala dobijo s skrbno izdelavo pritrdišča in premišljeno izbiro žice in da je pri tem treba pogosto še precej poskušati (slika 3). Ali bi imel morilec za kaj takega dovolj časa, če bi že znal dovolj fizike? Vprašanja, kako bi postavil zelo težak kip v nestabilno lego, iz katere bi ga spravil razmeroma rahel trk z nihalom, si sploh nismo postavili.