

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik **23** (1995/1996)

Številka 6

Strani 226–228

Andrej Likar:

VIOLINA IN LOK

Ključne besede: fizika, torno nihalo, nihanje strun, trenje, kolofonija.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/23/1266-Likar.pdf>

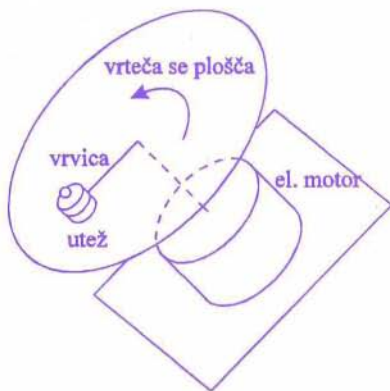
© 1996 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA – založništvo

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

VIOLINA IN LOK

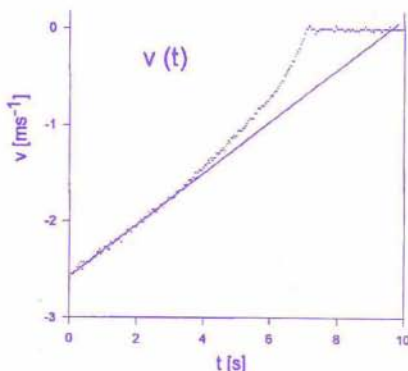
Violino najpogosteje igrajo z lokom, ki drsi po strunah. Ni lahko razumeti, zakaj pri tem strune nihajo. Izkušnja uči, da nihanje hitro izzveni, če se strune le dotaknemo. Lok pa s precejšnjo silo pritiska na struno in ji s tem celo pomaga nihati. Pojav bomo razložili na preprostejšem primeru nihala, ki ga vzbujamo s trenjem. Poskus naredimo z vrtečo se kovinsko ploščo in nihalom (slika 1). Nagnjena plošča s polmerom dveh decimetrov naj se enakomerno vrti. To najlažje dosežemo tako, da jo pritrdimo na manjši elektromotor. Nihalo naredimo iz 100 gramske uteži, ki jo vpnemo v pentljo vrvice. Dobro očiščeno ploščo natremo s kolofonijo, prav tako drsno ploskev nihala. Ko na nagnjeno ploščo, ki se vrti s primerno kotno hitrostjo, položimo nihalo, to začne nihati z vse večjo amplitudo. Vrteča plošča torej vzbuja nihalo prav tako kot lok, natrt s kolofonijo, vzbuja strune. Pomembno je, da smo ploščo natrli s kolofonijo. Če poskus ponovimo s ploščo, ki je natrta z voskom, vzbujanja ne opazimo.



Slika 1. Torno nihalo. Med vrtečo se nagnjeno ploščo in nihalom je plast kolofonije.

Pozorno opazovanje nihala daje slutiti, kaj se pri poskusu dogaja. Ko se nihalo giblje v isto smer kot podlaga, je medsebojna hitrost nihala in plošče zelo majhna. Takrat se nihalo za hip prilepi na ploščo in ta ga nekaj časa vleče s sabo. Ko pa se nihalo giblje v nasprotni smeri, je trenje med nihalom in ploščo manj izrazito. Res podrobnejša opazovanja potrjujejo, da je koeficient trenja med podlagama, ki sta namazani s kolofonijo, zelo odvisen od njune medsebojne hitrosti. Tako nihalo poganja izmenična sila, ki je takrat, ko se nihalo giblje v isto smer kot podlaga, večja kot takrat, ko se giblje v nasprotno smer. Velikost sile se spreminja torej skladno z gibanjem nihala, zato je frekvenca nihanja zelo blizu lastni frekvenci nihala. Na začetku, ko nihalo miruje, zadošča najmanjša motnja, da se nihalo začne vzbujati. Pri violini za to motnjo poskrbi kar lok.

Naredili smo poskus, pri katerem smo izmerili koeficient trenja tako, da smo zaustavljali vrteče se masivno kolo. Kolo smo povezali z merilnikom obodne hitrosti, ki smo ga povezali z osciloskopom. Tako smo lahko opazovali pojemanje obodne hitrosti s časom, ko smo s koščkom kolofonije pritiskali s konstanto silo na obod kolesa (slika 2). Pri konstantnem koeficientu trenja bi bilo pojemanje kotne hitrosti enakomerno, vsako sekundo bi se obodna hitrost kolesa zmanjšala za enako vrednost. Na grafu, kjer bi risali obodno hitrost v odvisnosti od časa, bi opazili premico.



Slika 2. Obodna hitrost kot funkcija časa pri zaviralnem poskusu. Pri konstantni zaviralni sili bi izmerki ležali na vršani premici.

Newtonov zakon, prirejen za vrtenje tega telesa okrog stalne osi, se glasi:

$$M = J\alpha,$$

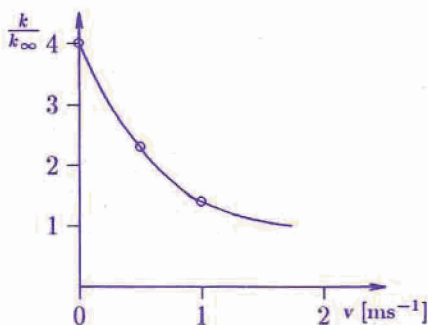
kjer je M navor sile, ki deluje na telo, J vztrajnostni moment telesa okrog dane osi in α *kotni pospešek* telesa. Pri zaustavljanju s trenjem na obodu je navor kar sorazmeren s silo trenja, kotni pospešek pa sorazmeren obodnemu pospešku telesa. Sila trenja in obodni pospešek sta si torej sorazmerni. Če poskrbimo, da je sila, s katero pritiskamo na obod kolesa ves čas enaka, je tudi koeficient trenja sorazmeren s pospeškom. Pri našem poskusu nas zanima le razmerje med koeficientoma trenja pri dani hitrosti in pri velikih hitrostih, zato ni potrebno vedeti sorazmernostnega faktorja med koeficientom trenja in obodnim pospeškom.

Pri poskusu pa smo opazili, da se je obodna hitrost kolesa spreminjala enakomerno le, če je bila večja od 2 ms^{-1} . Iz tega sklepamo, da je koeficient trenja na tem območju neodvisen od hitrosti; označimo ga s k_{∞} . Pod enim metrom v sekundi pa se hitrost manjša tem izdatneje, čim

manjša je. Slika 3 kaže razmerje $k(v)/k_\infty$, ki smo ga dobili na podlagi izmerkov s slike 2. Vidimo, da je koeficient trenja pri hitrostih blizu nič kar štirikrat večji od tistega pri velikih hitrostih. Za oceno smo izmerili koeficient trenja pri majhni hitrosti in dobili $k(0) \approx 0,5$, kar pomeni, da je $k_\infty \approx 0,1$.

Sedaj razumemo, zakaj se amplituda pri tornem nihalu večja. Ko se nihalo giblje v smeri plošče, je sila trenja večja kot takrat, ko se giblje v nasprotni smeri. To spominja na poganjanje gugalnice, ki jo potiskamo le v eni smeri, ko se vrača, pa ne. Ko doseže amplituda določeno velikost, se nihalo za hip celo prilepi na ploščo. Od

takrat naprej se amplituda ne spreminja več. Ko hitrost plošče nekoliko povečamo, se poveča tudi končna amplituda nihala. Pri igranju violine je prav tako – večja hitrost loka pomeni tudi večjo amplitudo nihanja strune in s tem glasnejši zvok. Obravnava gibanja violinske strune, ki jo vzbujamo z lokom, je zelo zapletena. Torno nihalo pa nam le odgovori na osnovno vprašanje, ki smo si ga zastavili na začetku.



Slika 3. Razmerje med koeficientom trenja pri hitrosti v in tistim pri velikih hitrostih, ki smo ga izluščili iz izmerkov na sliki 2.

Andrej Likar