

Drgalo iz Novakov



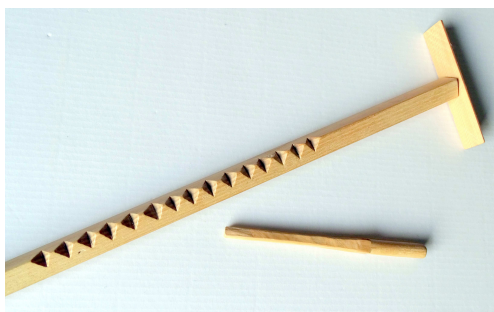
NADA RAZPET

→ Na enem od sejmov domače obrti v Cerknem smo kupili igračo, ki ji prebivalci bližnjih Novakov rečejo »drgalo«. Izdelek je modernejša oblika stare pastirske igrače. V daljšo in približno 1–2 cm debelo vejo so pastirji naredili več zaporednih zasekov, na koncu so gibljivo vpeli kratko vejico, ki je delovala kot propeler, s krajšo in tanjšo vejico pa so drgnili po zasekih tako, da se je propeler vrтел. Smer vrtenja propelerja je odvisna od načina prijema vejice za drgnjenje in lege prstov na zarezani veji. Spretni igralci so pred spremembo položaja prstov na veji zavlečeno zavpili »levo« ali »desno«, da bi tako prepričali nepoučene opazovalce, da se palica odziva na njihove ukaze, saj je takrat propeler spremenil smer vrtenja. Igračo poznajo tudi drugod po svetu. Na svetovnem spletu jo najdete pod različnimi imeni: Hui machine ali Hui Hui machine, vibraprop, Gee-haw, ouija windmill, hoodoo

stick ali VooDoo stick, pa še kakšno drugo ime bi našli.

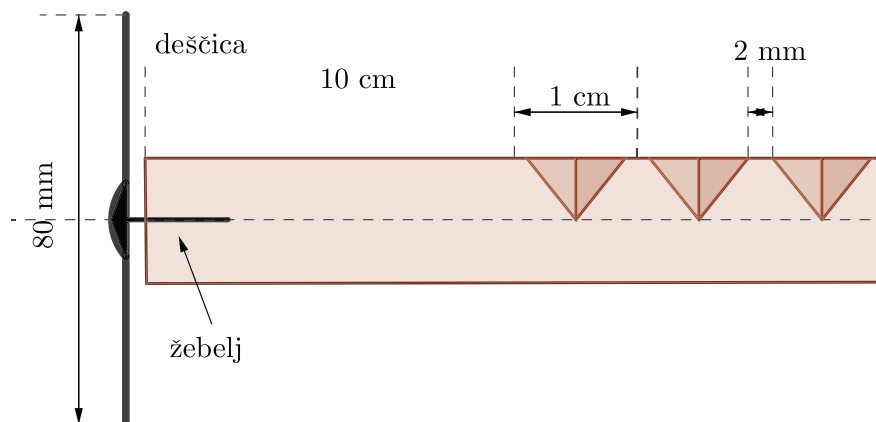
Izdelava drgala

Navedli bomo mere drgala iz Novakov. Lesena palica s kvadratnim profilom 10 mm×10 mm je dolga 35 cm. V razdalji 10 cm od enega krajišča so na enem od robov palice narejeni zaseki. V globino segajo 0,5 cm (glej sliko 2). Razmik med zaseki je okoli 2 mm. Palica ima 15 zasekov, zadnji konec je brez zasekov (slika 1). Propeler je pravokotna deščica dolga 8 cm, široka 1,5 cm in debela 1,5 mm. Nekatera drgala imajo namesto deščice krožno ploščico. Na sredini deščice je luknja, skozi jo je vtaknjen žebelj, ki je pritrjen na zarezano palico. Luknja je večja od premera žebelja. Med deščico in koncem palice je dovolj prostora, da se deščica praktično brez trenja vrti okoli osi, to je žebelj. Palička za drgnjenje ima spodnji del, s katerim drgnemo, kvadratni profil 5 mm×5 mm z zaobljenimi robovi, zgornji del pa ima krožni presek s premerom 6 mm. Palička je dolga 12 cm.



SLIKA 1.

Leseno drgalo iz Novakov in plastičen vibraprop. Vibraprop poženemo tako, da z nohtom palca drgnemo ob strani po zavojih vzdolž palice gor in dol.



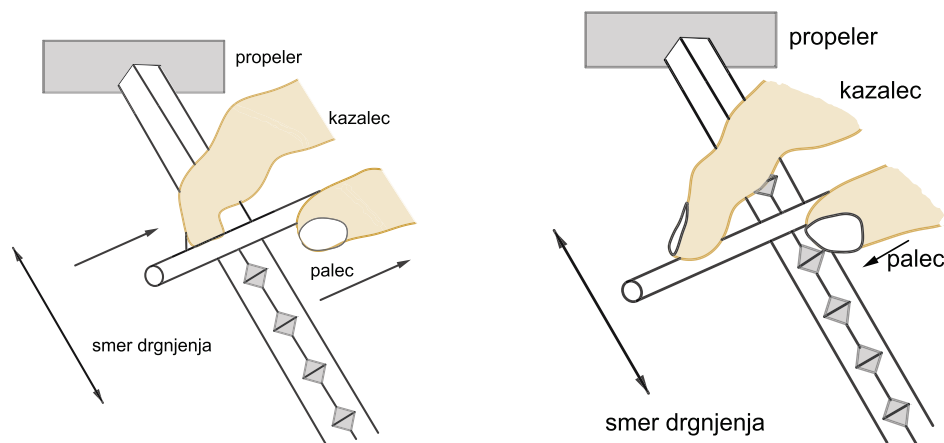
SLIKA 2.

Izdelava drgala.

Kako drgalo poženemo, da se propeler vrti? Pri tem je treba malo vaje. Palico držimo nepremično v eni roki z zarezami navzgor in s paličko drgnemo naprej in nazaj po zarezah. Med drgnjenjem naj naprej kazalec drsi po palici bočno levo od zarez, propeler se vrti v smeri urnega kazalca, potem kazalec odmaknemo in s palcem drgnemo desno bočno od zarez, propeler se vrti v nasprotni smeri urnega kazalca (slika 3).

No, pastirji gotovo niso merili tako natančno, ko so delali drgalo. Tudi mi znamo narediti to hitreje

[3]. Potrebujemo svinčnik, ki ima na enem koncu radirko. Zareze smo naredili s pilo za les, po domače z rašplo, na vsak centimeter. Izkaže se, da drgalo deluje, tudi če zareze niso na natanko enakih razdaljah in niso enako globoke. Propeler je pravokotnik iz kartona, ki smo ga skozi luknjo v njegovem središču z risalnim žebličkom pritrčili na radirko. Za drgnjenje smo uporabili leseno paličko za ražnjiče (slika 4). S paličko drgnemo po zarezah, palec ali kazalec pa drsi ob bokih zarez, tako kot kaže slika 3. Palička je pri drgnjenju postavljena vodoravno.



SLIKA 3.

S paličko drgnemo po zarezani palici gor in dol. Smer vrtenja propelerja je odvisna od lege prstov na palici. Povzeto po [1].

Drgalo lahko po zgledu vibraprota naredimo tako, da na svinčnik navijemo plastično vrv. Mi smo uporabili vrv za obešanje perila, lahko bi uporabili tudi laks. Lahko se še malo poigrate in spreminjate debelino navite vrvi ali pa gostoto navojev. Tudi propelerjev je lahko več. Na spletu se najdejo primeri z dvema pa tudi več propelerji.

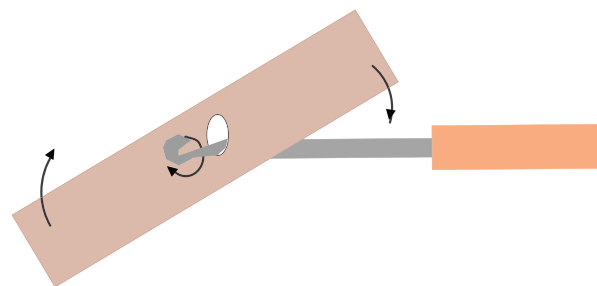
Delovanje drgala

Čaka nas še fizikalna razlaga delovanja drgala. Najbolj nas preseneti, kako to, da gibanje naprej in nazaj povzroči vrtenje propelerja. Z razlago te igrače so se bolj ali manj uspešno začeli ukvarjati že v poznih tridesetih letih prejšnjega stoletja. Razlage pa



SLIKA 4.

Drgalo, narejeno s svinčnikom z radirko. Drgnili smo ga s palčko za ražnjiče.



SLIKA 5.

Vrtenje kartona na kvački.

so bile takrat precej nepopolne.

Vrtenje propelerja

Razlago smo povzeli po [2]. Najprej pojasnimo, zakaj mora biti premer luknje na propelerju večji od premera žebelja, s katerim je pritrjen na zarezano palico. Priporočajo, da je premer luknje dvakratnik premera žebelja.

Iz kartona izrežemo pravokotnik in mu v središču naredimo luknjo. Mi smo ga nataknili na kvačko in ga zavrteli (slika 5).

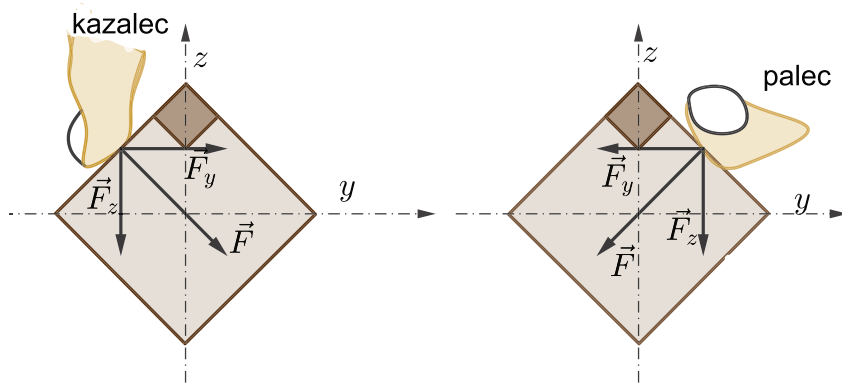
Da se bo propeler vrtel, moramo vrteti kvačko tako, da drgne po obodu luknje. V tem primeru kvačka nadomešča žebelj. Vedno pričakujemo, da se bo propeler dobro vrtel le, če je uravnotežen, vendar tu to ni potrebno. Večja luknja poskrbi, da je ena stran propelerja vedno malo težja od druge in propeler se zavrti, ko gibljemo kvačko. Zdaj vemo, zakaj mora biti propeler ohlapno pritrjen na zarezano palico. Propeler se bo vedno sam od sebe postavil tako, da bo imel najnižjo potencialno energijo. Poskrbeti moramo le za to, da ga znova spravimo višje.

Vendar pri drgalu ne vrtimo žebelja, tudi palice z zarezami ne vrtimo. Kako torej spravimo propeler do vrtenja?

Priprava na razlago delovanja drgala

Za to, da dobimo kroženje, je odločilna lega prsta na palici (slika 3), ki tudi niha. Trenutno silo prsta na bok zarezane palice razstavimo na vodoravno in





SLIKA 6.

Trenutno silo prsta na zarezano palico razstavimo na dve pravokotni komponenti. V levem primeru se vrti propeler v smeri urnega kazalca, v desnem primeru pa v nasprotni smeri urnega kazalca.

navpično komponento (slika 6). Pri kazalcu kažeta v desno in navzdol, pri palcu pa levo in navzdol.

Kaže, da sila, ki jo povzroči prst, nihanje gor–dol pretvori v kroženje. Opazujmo gibanje palice nad svetlo podlago. Ko samo s paličko, ki jo držimo vodoravno, drgnemo po zarezah, ostro vidimo bočna robova palice. Ko pa poleg drgnjenja s palico drgnemo po boku še s prstom, pa bočnih robov ne vidimo več ostro.

Dušeno nihanje vzmeti

Pri podrobnejši razlagi delovanja drgala bomo omenili dušeno nihanje vzmeti. Vpliv drsečega prsta po palici bomo opisali z vzmetjo in dušilko, kot je to shematično prikazano na sliki 7.

Na vzmet s koeficientom k , pritrjeno na strop, obesimo utež z maso m in nanjo lahek valj. Valj se pri nihanju potaplja v tekočino. Za silo dušenja privzamemo

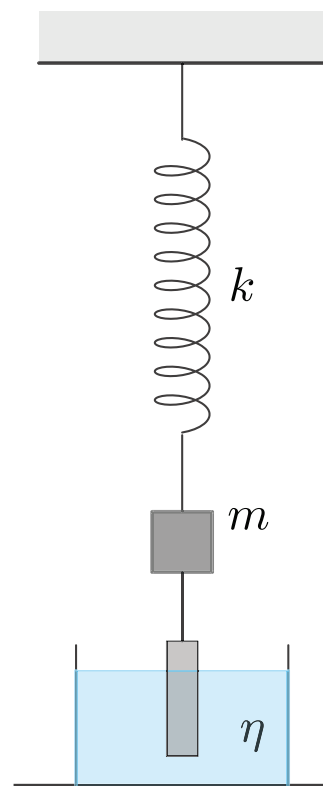
$$\blacksquare F_d = -\eta v,$$

pri čemer je η koeficient dušenja, ki je odvisen od valja in lastnosti tekočine, v pa hitrost gibanja valja in uteži. Predpostavljamo, da se telesi gibljeta počasi. Sila, ki deluje na utež, je potem:

$$\blacksquare F = -kx - \eta v.$$

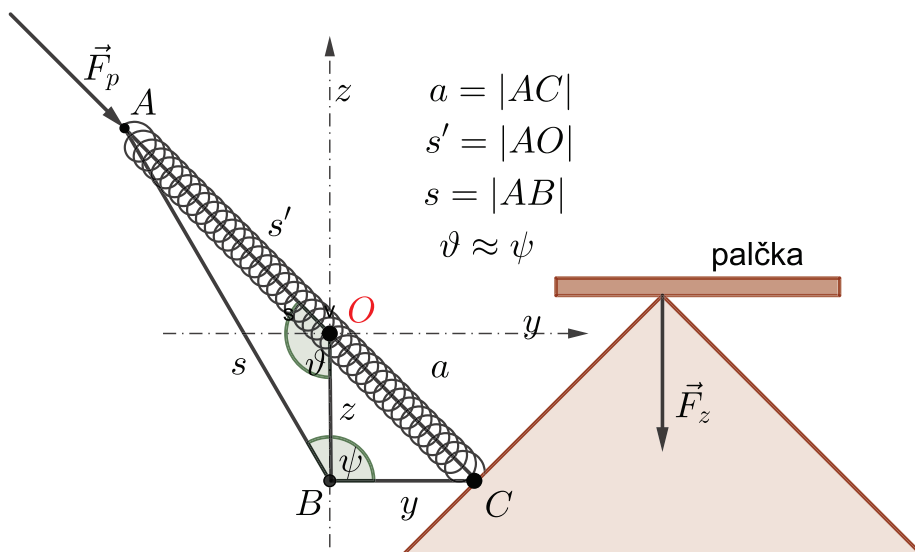
1. Fizikalna razlaga delovanja drgala

Da pride do krožnega gibanja žeblija, moramo torej s prstom potiskati palico s strani. Prst deluje kot



SLIKA 7.

Dušeno nihanje vzmeti.



SLIKA 8.

Na bočno stran zarezane palice pritrđimo vzmet.

zelo dušena vzmet, ki jo pritrđimo na palico s strani (slika 8).

Zaradi drgnjenja s paličko na zarezano palico deluje periodična sila, denimo kar harmonična:

$$F_z = F_0 \cos \omega t.$$

Zaradi te sile se vzmet, ki neraztegnjena ali neskrčena meri v dolžino a , razteza in krči, kot je prikazano na sliki 8. Raztezek vzmeti razstavimo na dve pravokotni komponenti, z in y . Za dva trikotnika $\triangle ABO$ in $\triangle ABC$ zapišemo kosinusna izreka:

$$s^2 = s'^2 + z^2 - 2s'|z| \cos \vartheta, \tag{1}$$

$$a^2 = s^2 + y^2 - 2sy \cos \psi. \tag{2}$$

V enačbo (2) vstavimo za s (1) in zanemarimo člene z^2 in y^2 ter upoštevamo, da je $\vartheta \approx \psi$ in dobimo:

$$a^2 = s'^2 - 2s'|z| \cos \vartheta - 2sy \cos \psi, \tag{3}$$

$$a^2 = s'^2 \sqrt{1 - \left(\frac{2|z|}{s'} + \frac{2sy}{s'^2} \right) \cos \vartheta}. \tag{4}$$

Izraz pod korenem razvijemo v vrsto po naslednjem zgledu:

$$\sqrt{1 - x} = 1 - \frac{x}{2} - \dots$$

In dobimo:

$$a = s' \left(1 - \left(\frac{|z|}{s'} + \frac{sy}{s'^2} \right) \cos \vartheta \right),$$

$$a - s' = -(|z| + y) \left(-\frac{\sqrt{2}}{2} \right).$$

Iz obeh enačb smo izrazili skrček vzmeti, to je $a - s'$. Sila prsta F_p na palico je

$$F_p = -k(a - s') \approx -k \frac{\sqrt{2}}{2} (|z| + y).$$

Do zadnjega izraza smo prišli s približkoma $\frac{s}{s'} \approx 1$ ter privzeli, da je $\cos \vartheta = -\frac{\sqrt{2}}{2}$.

Sila prsta torej deluje s svojo vodoravno komponento y in s tem zaniha palico tudi v tej smeri, čeprav z drgnjenjem po zarezah nihamo palico le v navpični smeri. Komponenta sile prsta v vodoravni smeri je torej

$$F_{py} = F_p \cos 45^\circ = -\frac{1}{2} k (|z| + y),$$

in prav tako v smeri z navzgor:

$$F_{pz} = -F_p \sin 45^\circ = \frac{1}{2} k (|z| + y),$$

