

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 2 (1974/1975)

Številka 3

Strani 102-106

Janez Strnad:

FIZIKA NA SMUČEH

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/2/2-3-Strnad.pdf>

© 1974 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2009 DMFA - založništvo

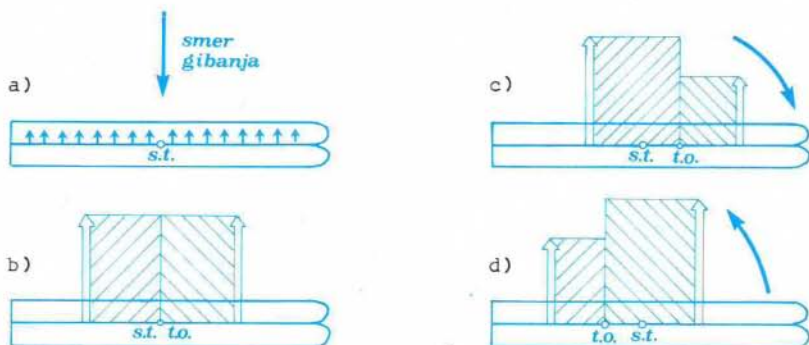
Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.



FIZIKA NA SMUČEH

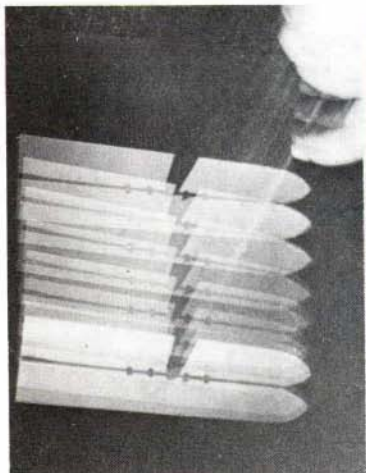
2. del

Pri drugem načinu zavijanja - *navornem zavijanju* - je bistven zunanji navor snega na smuči. Kot povzročitelj od nič različna vsota zunanjih sil pospešek telesa, povzročitelj od nič različna vsota zunanjih navorov kotni pospešek telesa in zasuk. Smučarja s smučmi obravnavajmo približno kot togo telo! Zunanji navor nastane pri *bočnem drsenju*. Sneg deluje na smuči po vsej



Sl.8 Navorno zavijanje med bočnim drsenjem. Sila trenja je enakomerno porazdeljena po drsni ploskvi smuči, če ni izrazitega robljenja (a). Navora sile trenja na sprednji in zadnji del smuči glede na težiščno os (t.o.): sta uravnovešena in ni sukanja, če se težiščna os pokriva s srednjo točko (s.t.) (b); prevlada navor na zadnji del in smuči se zasučejo od brega, če je t.o. pred s.t. (predklon) (c); prevlada navor na sprednji del in smuči se zasučejo k bregu, če je t.o. za s.t. (zaklon) (d)

drsní ploskvi - síla snega je *ploskovno porazdeljena*. Če je pravokotna komponenta síle snega enakomerno porazdeljena po vsej drsní ploskvi, je enakomerno porazdeljena po vsej drsní ploskvi tudi síla trenja, ki je s prvo sorazmerna. To velja, dokler se vsa drsna ploskev dotika snega - dokler smučar izrazito ne *robi*.



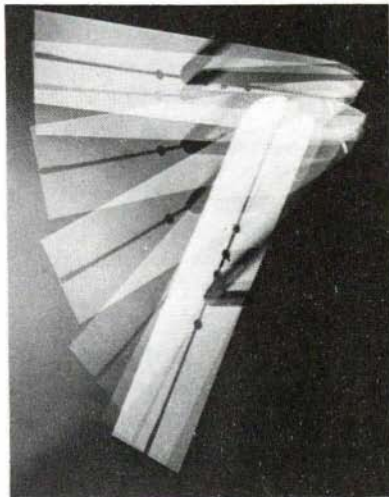
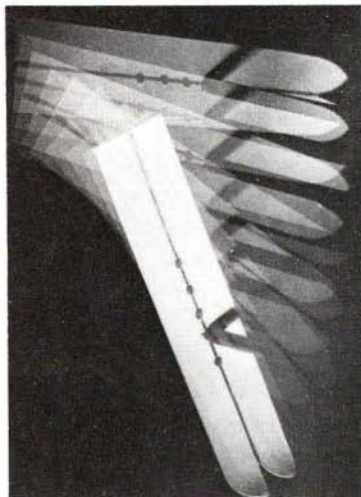
Sl.9 Navorno zavíjanje med bočnim drsenjem brez robljenja. Model smúči postavimo na ravno podlago, v vdolbino na smúčeh vdenemo navpično palico, ki igra vlogo težiščne osi. Smúči pomikamo počasi od vrha slike proti dnu, tako da z roko tíščimo palico v smeri, vzporedni s podlago. Síla trenja je enakomerno porazdeljena po drsní ploskvi smúči in deluje na slikah v smeri od dna slike proti vrhu. Slike b, c in d ustrezajo slikam 8b, 8c in 8d.

Foto Marjan Smrke

Sl. 8b

Sl. 8c

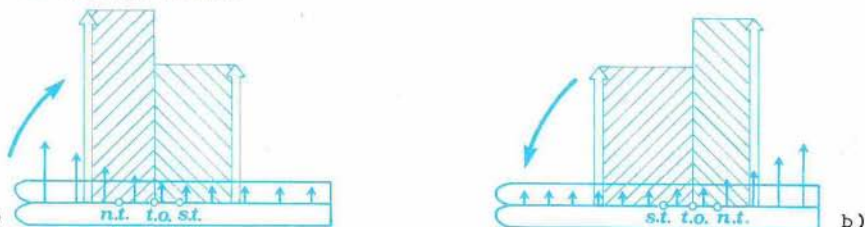
Sl. 8d



Sila trenja pri bočnem drsenju ne povzroči od nič različne vsote zunanjih navorov glede na težiščno os, če se težiščna os pokriva s *srednjo točko* smuči. Tedaj je navor na sprednjo polovico smuči glede na to os nasprotno enak navoru na zadnjo polovico. Razmere se spremenijo, če se smučar nagne naprej ali nazaj in premakne s tem težiščno os pred srednjo točko ali za njo. V predklonu je težiščna os pred srednjo točko in prevlada navor glede na težiščno os na zadnji, daljši del smuči nad navorom na sprednji, krajši del smuči. Zaradi vsote obeh navorov se zasučeta smuči okoli težiščne osi od brega. Omenjeni vsoti zunanjih navorov se upira zunanji navor sile trenja ob sukanju, o katerem smo govorili že prej (sl.4) in ki ga je treba dobro razlikovati od navora pri bočnem drsenju. Nasprotno je v zaklonu težiščna os za srednjo točko in prevlada navor glede na težiščno os na sprednji, daljši del smuči nad navorom na zadnji, krajši del. Zaradi vsote obeh navorov se zasučeta smuči k bregu. Seveda pri pravi vožnji s smučmi med bočnim drsenjem nima hitrost nikoli smeri vpadnice. A v tem primeru pač upoštevamo komponento hitrosti v smeri pravokotno na robnike. Drsenje ni čisto bočno, se pravi, da smuči ne drsijo ravno v smeri, ki je pravokotna na robnike. V tem primeru pač upoštevamo le komponento sile trenja pravokotno na robnike, komponenta sile trenja v smeri robnikov le poveča vzdolžno silo trenja (n.pr. silo 2a na sl.1a).

Bolj nepregledne so razmere pri *izrazitem robljenju*. Tedaj sila trenja pri bočnem drsenju ni več enakomerno porazdeljena po vsej drsni ploskvi smuči, če je smučar nagnjen naprej ali nazaj. (Robljenje pa ne sme biti tako močno, da bi z njim smučar preprečil bočno drsenje.) Pri takem izrazitem robljenju in predklonu se poveča sila trenja na sprednji del smuči. Za vsoto zunanjega navora ni več odločilna razdalja od težiščne osi do srednje točke, ampak razdalja od težiščne osi do *nevtralne točke*. Če bi se težiščna os pokrivala z nevtralno točko, bi bila vsota zunanjih navorov enaka nič. Pri izrazitem robljenju in predklonu leži nevtralna točka pred srednjo točko. Ob robljenju lahko dosežemo z ustreznim predklonom, da se smuči zaradi vsote zunanjih navorov zasučejo k bregu. V tem primeru mora biti pač težiščna os med srednjo točko in nevtralno točko. Pri izrazitem robljenju in zaklonu pa se poveča sila trenja na

zadnji del smuči in se premakne nevtralna točka za srednjo točko. Ob izrazitem robljenju lahko dosežemo z ustreznim zaklonom, da se smuči zaradi vsote zunanjih navorov zasučejo od brega. Tudi v tem primeru mora biti težiščna os med nevtralno točko in srednjo točko.



Sl.10 Navorno zavijanje med bočnim drsenjem ob izrazitem robljenju. Pri predklonu se poveča gostota sile trenja na sprednji del smuči, tako da prevlada navor na ta del in se smuči zasučejo k bregu (a). Pri zaklonu se poveča gostota sile trenja na zadnji del smuči, tako da prevlada navor na ta del in se smuči zasučejo od brega (b). t.o. težiščna os, s.t. srednja točka in n.t. nevtralna točka.

Breznavorno in navorno zavijanje sta dve skrajnosti, ki smo ju obravnavali ločeno le zaradi preglednosti. Pravo zavijanje je mešanica obeh. (Oba načina zavijanja bi le stežka obravnavali hkrati, saj trdimo pri drugem, da je smučar eno samo telo, pri prvem pa ta približek ni uporaben. Uvidimo, da je približek, v katerem obravnavamo smučarja kot eno samo telo, sploh precej slab.) Navadno je začetek zavoja bolj breznavoren in zaključek bolj navoren. Med zaključkom zavoja izkoristimo za navor pri bočnem drsenju še povečanje pravokotne komponente sile snega zaradi pospešenega gibanja zgornjega dela telesa navzgor. Delež prve in druge sestavine je odvisen še od precejšnjega števila okoliščin. Navedimo samo nekatere! Krajši zavoji so bolj breznavorni, daljši bolj navorni. Zavijanje s krajšimi smučmi je bolj breznavorno, zavijanje z daljšimi bolj navorno. Zavijanje z zelo kratkimi smučmi je skoraj čisto breznavorno.** (Mimogrede omenimo, da velja to tudi za drsalke.)

** Tu mislimo na zelo kratke smuči na začetku učenja smučanja po načinu postopnega podaljševanja smuči (GLM - graduated length method). Očitno naj bi se učenec pri tem najprej naučil breznavornega zavijanja.

Kaže tudi, da se posamezne smučarske šole razlikujejo tudi po tem, kolikšen poudarek dajejo prvi ali drugi sestavini.

Na koncu omenimo še nekatere izmed podrobnosti, ki se jih doslej nismo dotaknili. Zaradi *smučarskega predklona* ne gre težišča na os skozi srednjo točko. Ko nadomestimo ploskovno porazdeljeno pravokotno komponento sile snega s silo, ki prijemlje v točki, moramo postaviti prijemališče pred srednjo točko. Razdalja prijemališča od srednje točke je tem večja, čim večji je nagib klanca. Tako je že v naravni legi smučarja sprednji del smučli nekoliko močnejše obremenjen kot zadnji. Iz tega sledi, da se niti pri bočnem drsenju brez robljenja ne bi smeli ravnati po srednji točki, ampak bi morali že tedaj vpeljati nevtralno točko, ki bi bila premaknjena nekoliko pred srednjo točko.

Gibanje smučarjevega težišča med zavijanjem seveda ni enakomerno. V smeri gibanja zavira vsaj dodatna sila ob bočnem drsenju na koncu zavojev, pospešuje pa vzdolžna komponenta teže. V prečni smeri je gibanje pospešeno zaradi radialne sile ob spremembi smeri. Smučar mora v zavoju robiti in se nagniti navznoter, da ne omahne navzven. Poleg tega nastanejo zaradi nagibanja kolen in bokov v prečni ravnini pospeški, ki imajo komponente tudi v smeri pravokotno na klanec.

Pomembno je gibanje ramenskega pasu, rok in palic. To gibanje bi mogli delno upoštevati, če bi si mislili smučarja sestavljenega iz treh ali štirih togih delov. Vbod palice je pomemben, ker sproži zavijanje. Zgornji del telesa dobi ob tem nasprotni sunek zunanjega navora. Vbod palice utegne pomagati tudi pri razbremenitvi.

Zaradi *krmarice*, to je zgornje smučke, ki je pomaknjena nekoliko naprej, deluje med bočnim drsenjem že pri vzravnanji legi in enakomerni obremenitvi šibek zunanji navor, ki suče smučli proti bregu. Obremenjena je namreč spodnja smučka in težiščna os se približno pokriva s srednjo točko te smučke, tako da prevlada navor na konico zgornje smučke.

Smučka je na sredi ožja kot na krajiščih. Robnik, ki se prilega glatkemu klancu, je zaradi tega zakrivljen in vodi smučko, tako da zavija k bregu.

Verjetno smo poleg naštetih spregledali še druge podrobnosti. Upamo lahko le, da nismo spustili nič bistvenega in da prispevajo podrobnosti, ki jih nismo vključili v naše zelo površno obravnavanje, samo manj pomembne popravke. Pri podrobnejšem obravnavanju ne bi shajali z majhnim številom osnovnih enačb mehanike in s skromnim znanjem smučanja. Predvsem bi morali dobiti s skrbnim opazovanjem smučarjev med vožnjo precej več podatkov. Tako obravnavanje pa je že zunaj okvira fizike in sodi v *biomehaniko*.

Literatura

H. Brandenberger, A. Läuchli, *Skimechanik*, Ra-Verlag, Rapperswil 1964; J. I. Shonle, D. L. Nordick, *The Physics of Ski Turns*, The Physics Teacher 10 (1972) 491

Prerejeno po prispevku na smučarskem seminarju v Martuljku, januarja 1974. Smučarskim strokovnjakom se zahvaljujem za koristne nasvete.

Janez Strnad