

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 19 (1991/1992)

Številka 6

Strani 324-326

Andrej Likar:

HITROST SMUČARSKEGA SKAKALCA

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/19/1101-Likar.pdf>

© 1992 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.

HITROST SMUČARSKEGA SKAKALCA

S prijateljsem sva gledala smučarske skoke na 120 metrski skakalnici na olimpijskih igrah v Albertvillu. Razmišljala sva, kako bi se dalo enostavneje meriti dolžino skokov. Sedaj je ob skakalnici razvrščena množica ljudi, ki ocenjujejo doskok skakalca. Pri tem naredijo včasih večjo napako, ponavadi v korist domačega skakalca. Prijatelj je omenil, da bi kazalo meriti čas skoka namesto dolžine. Merili bi kar sodniki s pritiskom na gumbe, ki bi ustavili stoparice, sprožene samodejno na vrhu odskočne mize. Čase in ocene za slog skakalca bi potem obravnavali enotno. Tako bi se izognili tudi nesmiselnemu in nevarnemu lovu za rekordnim 200 metrskim skokom. Ugovaral sem, da bi se s tem skoki močno spremenili in ne bi bili več tako privlačni. Prijatelj se je ob tem spomnil neke anekdote o profesorju Plemlju, ki ni preveč maral za smučarske skoke. Menda je trdil, da tudi deska "skoči", če jo vržeš z odskočne mize. S tem je verjetno mislil, da skakalec prav malo vpliva na hitrost svojega padanja v globino. Če je hitrost res za vse skakalce enaka, sta čas skoka t in njegova dolžina s , ki jo merimo vzdolž tira, sorazmerni:

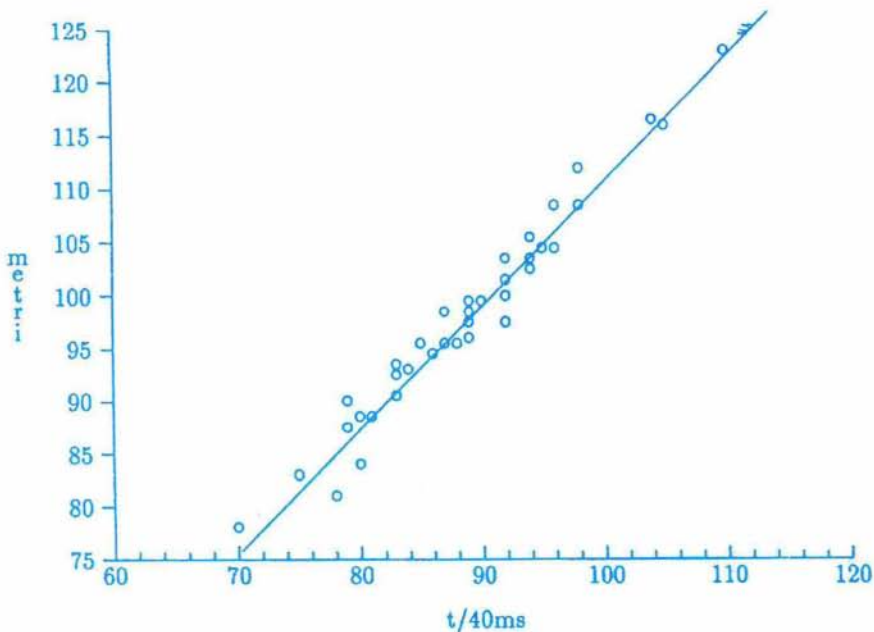
$$s = vt.$$

Hitrost leta sva za nekaj tekmovalcev grobo ocenila. Pri nekem skakalcu sva namerila čas $t = 3,5s$, skok pa je bil dolg $s = 96m$. Hitrost sva izračunala iz

enačbe:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{96 \text{ m}}{3,6 \text{ s}} = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

kar je okrog 100 km/h. Tudi pri zelo dolgih in izrazito kratkih skokih je bila hitrost med letom blizu tej vrednosti. Odločila sva se, da bova drugo serijo skokov posnela in potem natančneje merila čase skokov vseh 42 nastopajočih skakalcev. Na počasi predvajanjem posnetku je mogoče meriti čas kar natančno. Na zaslonu vidimo zaporedje mirujočih slik, vsaka slika pa je posneta v natančno 40 ms. Televizijske kamere posnamejo namreč 25 polnih slik v sekundi. To sva tudi preverila tako, da sva posnela uro, ki jo na televiziji pokažejo tik pred poročili, in opazovala gibanje sekundnega kazalca. Med zaporednima sličicama preleti skakalec nekaj več kot en meter. Pri štetju sva se lahko zmotila za dve sličici, saj trenutka odskoka in posebno doskoka



Slika.1 Povprečno hitrost skakalcev razberemo iz naklona premice, ki se najtesneje prilega točkam. Vsi skakalci so imeli znotraj napak pri merjenju enako hitrost leta, saj nobena točka ni dlje od premice v vodoravni smeri kot za 2 enoti (80 ms) na abscisi. Zanimivo je, da gre premica zelo blizu izhodišča diagrama ($s = 0$, $t = 0$); skakalci imajo torej ves čas leta po zraku približno enako hitrost.

ni mogoče oceniti bolje kot na eno sličico. Privzela sva, da so podatki o dolžinah skokov brez napake.

Izmerke sva vrisala v diagram (s, t) . Na ordinatno os sva nanese dolžino skoka, na abscisno pa število sličic med odskokom in doskokom. Vsak skok ima v diagramu svojo piko, nekaj pik pa predstavlja po dva skoka različnih tekmovalcev. Narisala sva še premico, ki se na oko pikam najbolje prilega. Njen naklon pove povprečno hitrost \bar{v} , s katero so skakalci leteli po zraku:

$$\bar{v} = \frac{126 \text{ m} - 87 \text{ m}}{1,2 \text{ s}} = 32,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 117 \text{ km/h}.$$

Iz grafa ni videti, da bi skakalci z dolgimi skoki leteli z večjo povprečno hitrostjo kot tisti, ki so skočili manj. Največji vodoravni odmik točk od premice ni večji od 2, kar se sklada z napako pri merjenju časa. Zaviralna sila zraka je torej za vse skakalce približno enaka. Boljši skakalci se znajo z odskokom in držo telesa ter smučiči le dlje časa obdržati v zraku kot njihovi tekmeči. Pri tem jim pomaga tudi veter, ki piha navzgor po skakalnici. Ali lahko pri računanju hitrosti skoka primerjamo skakalca z enako težko desko? Na desko, ki se skozi zrak giblje s hitrostjo v , deluje zračni upor, ki ga izračunamo iz enačbe:

$$F_u = \frac{1}{2} c_u \rho v^2 S.$$

Z ρ smo označili gostoto zraka, ki je $1,3 \text{ kg/m}^3$, z S ploščino obrisa deske, pravokotno na hitrost v , koeficient upora c_u pa je za desko 1,1. Upor mora biti med letom enak skakalčevi teži, saj se njegova hitrost ne spreminja prav dosti:

$$F_u = mg,$$

iz česar sledi za hitrost:

$$v = \sqrt{\frac{2mg}{c_u \rho S}}.$$

Skakalci so mladi fantje, zato ocenimo njihovo maso na 50 kg, višino pa na 175 cm. Širina bokov in prsi naj bo 0,45 m, zato ocenimo S na $0,8 \text{ m}^2$. S temi podatki je hitrost:

$$v = 33,4 \text{ ms}^{-1},$$

kar ni prav daleč od izmerjene povprečne hitrosti.