

MERJENJE RAZDALJE

Iztok Kukman

Škofijska klasična gimnazija, Ljubljana

Povzetek – Opisani sta dve preprosti eksperimentalni vaji za določanje razdalje. Vaji sta namenjeni tako motivaciji kot tudi uvajanju dijakov v praktično ravnanje z merskimi napakami.

Abstract – Two simple physical experiments for distance measurement are presented. They can serve as motivation tool for students with practical training on statistical errors management.

UVOD

Prve ure fizike v srednji šoli so običajno namenjene seznanjanju dijakov s temeljnimi načeli in postopki naravoslovja in med temi je na prvem mestu merjenje. Govorimo o tem, da ima vsaka meritev omejeno natančnost, da je ta natančnost odvisna od uporabljenih pripomočkov in od usposobljenosti uporabnika. Pri meritvah pride do naključnih napak, ki se jim ni mogoče izogniti, in do sistematičnih napak, ki so posledica napačnega merjenja. Dijake učimo, kako zapisati rezultat meritve z absolutno in z relativno napako in kako s takšnimi rezultati računati. Za dosledno obravnavo te teme so potrebne vsaj štiri šolske ure, žal pa se na mnogih šolah pri tem pretirava in dijaki se tudi dva meseca ali več ukvarjajo samo z merjenjem in merskimi napakami, kar gotovo slabo vpliva na njihovo motivacijo za delo in na zanimanje za fiziko. V nadaljevanju želim prikazati, kako je mogoče obravnavati tematico skržiti in jo narediti zanimivo za dijake.

TEORIJA

Pri obravnavi katerekoli teme na srednješolskem nivoju iščemo kompromis med doslednostjo obravnave, ki je močno omejena z matematičnim predznanjem srednješolcev na eni strani in na drugi s časom, ki ga imamo na razpolago, ter med sposobnostjo doje-manja dijakov in njihovo motivacijo za učenje. Glede na to, da se dijaki, ki jih zanima študij naravoslovja, lahko kasneje odločijo za maturo iz fizike, je bolje, da pri uvodnih urah iz poglavja merjenje žrtvujemo nekaj doslednosti na račun kratke in zanimive predstavitve.

Naključno napako pri merjenju lahko demonstriramo z merjenjem razdalje z ultrazvočnim slednikom. Slednik obrnemo navzgor in izvedemo npr. dvajset zaporednih meritev razdalje s časovnim zamikom pol ali ene sekunde tako, da lahko dijaki sproti spremljajo izid posamezne meritve. Tako dobimo:

$$h = (3,355 \pm 0,005)\text{m}$$

Absolutna napaka je vedno okrog 5 mm, ne glede na merjeno razdaljo, saj je valovna dolžina ultrazvoka, s katerim merimo, približno 8 mm. Tako s poskusom dokažemo, da se naključnost rezultata meritve skriva v merilni tehniki in ni odvisna od izvajalca meritve. Dijaki seveda želijo izvedeti, kolikšna je »prava« višina, in težko sprejmejo dejstvo, da je takšno vprašanje nesmiselno. Problem lahko osvetlimo z mikroskopskega vidika. Vzemimo, da želimo s tračnim metrom izmeriti dolžino šolske mize. Predstavljajmo si, da vidimo atome in molekule na robovih mize in metra, kako termično nihajo in se s tem tako dolžina mize kot samega merila ves čas spreminja. Ima torej smisel govoriti o natančni dolžini? Število dijakov v razredu je točno 32 in ne npr. $32,00 \pm 0,25$. Neskončna natančnost kakšne količine v fiziki je lahko le posledica definicije, kot je na primer natančna vrednost indukcijske konstante posledica definicije ampera.

Pri definiciji absolutne napake na začetnem nivoju zadostuje, da jo vpeljemo kot največje absolutno odstopanje od povprečja, saj je pri šolskih meritvah število ponavljanj majhno in se ni potrebno zatekati v statistiko. Pomembno je, da znajo dijaki absolutno napako tudi oceniti glede na uporabljeno mersko napravo. Tako pri merjenju s tračnim metrom ali geo-trikotnikom ocenimo napako z 0,5 mm, pri ročnem merjenju časa z 0,1 s, pri digitalni tehničnici, ki ima neobremenjena zapis 000,0 g, na desetinko grama in podobno.

Pri računanju z napakami je na začetnem nivoju povsem odveč govoriti o pravilih pri različnih računskih operacijah, to temo je bolje prepustiti pripravam na maturo. Dijaki se hitro naučijo preproste metode, po kateri izračunajo najprej povprečje, nato najmanjšo in največjo vrednost in iz teh vrednosti ocenijo absolutno napako rezultata. Pri vseh računih se morajo predvsem zavedati, da je zapis merskega rezultata z absolutno in relativno napako z matematičnega vidika interval in je zato tudi rezultat izračuna interval. Največ pa se dijaki naučijo pri samostojnem delu, ko sami izvedejo meritev in zapišejo rezultat na oba načina, tako z absolutno kot z relativno napako. Dodatno motivacijo za delo lahko dosežemo s tem, da dijaki meritev izvedejo med šolsko uro, po možnosti na prostem pred šolo. V nadaljevanju sta opisani dve meritvi, ki ju dijaki Škofijske klasične gimnazije pri pouku fizike izvedejo v začetku šolskega leta. Obe vaji skupaj, vključno s kratko teoretično predstavitevjo, meritvijo in izračunom vred, ne vzameta več kot eno šolsko uro.

MERJENJE RAZDALJE S KORAKI

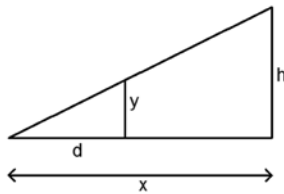
Pri obeh vajah merimo isto razdaljo x , recimo dolžino šolske stavbe. Na tak način lahko primerjamo tako izmerjeno vrednost kot tudi napako glede na način merjenja. V navodilu najprej definiramo dvo-korak kot dolžino dveh korakov. Dijaki ob na tla položenem tračnem metru z dolžino 10 m izmerijo dolžino svojih petih dvo-korakov in izkaže se, da je dolžina dvo-koraka pri normalni, srednje hitri hoji po vrednosti zelo blizu višini človeka. Pri večini dijakov je odstopanje manjše od 5 %. Dijaki nato trikrat prehodijo razdaljo x , pri čemer merijo z natančnostjo četrte dvo-koraka, in iz teh treh meritev določijo povprečno vrednost ter absolutno napako meritve. Pri zapisu rezultata se pojavljajo napake, ki

jih naslednjo uro skupaj analizico. Dijaki nato doma dokončajo vajo. Primer nekorektno zapisane meritve:

$$x = 50,8 \pm 1 \text{ m} \quad \text{prav:} \quad x = (51 \pm 1)\text{m} \quad (1)$$

MERJENJE RAZDALJE Z VIZIRANJEM

Na eno stran stranice šole x postavimo leseno palico z višino $h = (266 \pm 1)$ cm; dijak stoji na drugi strani z geo-trikotnikom v iztegnjeni roki in na merilu z viziranjem določi y tako, da y optično pokrije leseno palico. Sošolec mu pomaga izmeriti razdaljo d med njegovim očesom in geo-trikotnikom v iztegnjeni roki. V navodilih dijaki dobijo skico meritve:



Po pravilu podobnih trikotnikov dijaki nato določijo razdaljo $x = \frac{hd}{y}$. Pri meritvi ocenijo absolutno napako y na geo-trikotniku na 0,5 mm in absolutno napako d za dolžino roke 1 cm. Absolutno napako meritve nato ocenijo po metodi največjega in najmanjšega rezultata. To, da je potrebno za zgornjo mejo intervala x vzeti spodnjo mejo intervala y , povprečnemu dijaku ne povzroča težav. Rezultati se pri večini dijakov presenetljivo dobro ujemajo z rezultati meritve s štejetjem korakov. Dijak, ki je izmeril (1), je dobil pri tej meritvi

$$x = (53 \pm 2)\text{m} \quad (2)$$

ANALIZA MERITVE

Obe meritvi skupaj trajata približno 20 minut, tako da imajo dijaki dovolj časa, da še v isti uri dokončajo vajo in zapišejo razdaljo z absolutno in relativno napako. Dijaki naslednjo uro dobijo popravljena poročila vaj in nato vajo skupaj analiziramo. Mnogim se zdita rezultata (1) in (2) povsem različna in ne uvidijo takoj, da gre v resnici za zelo dobro ujemanje. Pri primerjavi obeh meritev ugotovimo, da je v večini primerov napaka pri viziranju večja kot pri štejetju korakov. Vzrok je morda v tem, da so ocenjene napake za d in y prevelike, ali pa je ponovljivost pri štejetju korakov velika in s tem napaka manjša. Zanimivo je analizirati primere velikih odstopanj med obema meritvama, saj so v tem primeru prisotne sistematske napake. Tako je na primer d izmerjena dolžina iztegnjene roke, med samim merjenjem pa dijak včasih roko skrči. Drugi primer sistematske napake je pri štejetju korakov. Sam dvo-korak je običajno dobro izmerjen, saj se mora ujemati z višino. Pri sprehodu po stranici x in štejetju korakov pa dijakinje pogosto hodijo skupaj ali ena za drugo in tako visokorasle kot nizke naštejejo enako število korakov. To se seveda pozna pri rezultatih. Najbolje je, da učitelj merjenje samo opazuje in pusti dijakom proste roke,

po meritvi pa takšne primere skupaj analizirajo in skušajo pojasniti, zakaj so nekatere vrednosti prevelike in druge premajhne.

ZAKLJUČEK

Z izvedbo obeh opisanih vaj dijaki v zelo kratkem času spoznajo osnovne postopke pri ravnanju z merskimi napakami. Naučijo se zapisati rezultat meritve z absolutno in relativno napako, naučijo se določiti absolutno napako s ponavljanjem meritev in z oceno napake glede na natančnost merila, naučijo se računati z napakami in v živo spoznajo sistematske napake. Pri merjenju so na prostem, in ne nazadnje, za samo merjenje se sprehodijo vsaj 150 metrov. Dovolj razlogov, da vaji vsako leto ponovimo.

LITERATURA:

[1] Iztok Kukman, *Laboratorijske vaje za 1. letnik*, interno gradivo.