

# Tehniški dan *Fizika v šoli*

**Mojca Milone**

Osnovna šola Solkan

**dr. Milan Ambrožič**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

**Oliver Batagelj in Andrej Batagelj**

Atletski klub Gorica

---

## Povzetek

Zaradi želje po razvijanju akcijskih kompetenc (npr. eksperimentalnih spretnosti) pri fiziki v osnovnih šolah učitelji pogosto iščemo priložnosti za spodbujanje zavzetega in odgovornega ravnanja učencev v šolskem in domačem okolju. Zato smo izvedli tehniški dan *Fizika v šoli*, na katerem so se ciklično izvajale delavnice s tremi temami: 1) poskusi, ki povezujejo fiziko in tehniko, 2) eksperimentalno ugotavljanje težišča, 3) seminar o povezavi fizike s športnimi disciplinami, konkretno z atletiko. Ker smo izzive delavnic zastavili kot problemske naloge, so učenci z zanimanjem spremljali delo: od začetnega razumevanja problema, prepoznavanja cilja naloge, predvidevanj in izvajanja poskusov z najprimernejšimi metodami dela do sinteze ustreznih ugotovitev.

Učenci so pri praktičnih dejavnostih uporabljali že usvojena znanja fizike in naravoslovja ter nemalokrat tudi izkušnje in ročne spretnosti. Prek povratnih informacij učencev je zaznati, da na tak način poglobijo in utrdijo razumevanje fizike ter spoznajo konkretno uporabnost tega predmeta v raznih življenjskih situacijah.

**Ključne besede:** enakomerno pospešeno gibanje, zračni upor, sile v statičnih konstrukcijah, nihanje, hitrost, težišče, obremenitve in delo v športu

## Physics in School Technics Day

### Abstract

In our desire to develop action competences (e.g. experimental skills) in primary school physics class, teachers are often looking for opportunities to encourage dedicated and responsible actions among students both in the school and home environment. For this reason, we organized a technics day called *Physics in School* with workshops that were carried out cyclically and were focused on three topics: 1) experiments connecting physics and technics, 2) experimental determining of the barycentre, 3) seminar on the connection between physics and sports disciplines, more specifically, athletics. Since the challenges were delivered in the form of problem solving tasks, the students were interested in the work – from the initial understanding of the problem and identifying of the goal, predictions, experimentation using the most appropriate work methods to the synthesis of the findings.

In their practical activities, the students relied on their already acquired physics and science knowledge, and frequently also on their experiences and manual skills. Based on their feedback, it can be concluded that this type of work helps them upgrade and refresh their physics knowledge as well as learn how to use it practically in various everyday situations.

**Keywords:** uniformly accelerated motion, air resistance, forces in static constructions, oscillation, velocity, barycentre, training load and work in sport

---

## 1 Uvod

V vrtincu novih tehnologij, sodobnih didaktičnih pristopov in metod ter pričakovanj po nalaaganju obsežnega in kakovostnega znanja v glave osnovnošolcev so učitelji v osnovni šoli pogosto negotovi, kako učence pospremiti v svet fizike [1]. Zato svoje poslanstvo čutijo v osveščanju mladih o uporabnosti fizike tako za osebni kot tudi družbeni razvoj. Hkrati so sistema-

tične didaktične raziskave pokazale pozitivno korelacijo med učiteljevim strokovnim znanjem, raziskovalnimi spretnostmi in samozavestjo na eni strani ter dvigom motivacije učencev za raziskovalno delo na drugi [2]. Motivacija je kompleksen proces, ki bi ga morali učitelji fizike in drugih predmetov dobro poznati tudi s teoretskega vidika, da bi bili pri spodbujanju motivacije čim uspešnejši [3].

Že med poletnimi počitnicami smo izvajalci delavnic in dolgoletni znanci razmišljali o interdisciplinarnosti in povezavi različnih, zanimivih tem v okviru fizike. Tako se nam je porodila ideja o konkretnih delavnicah fizikalnih tematik na začetku šolskega leta v šoli, saj imamo na svojih delovnih področjih številne didaktične izkušnje. Delavnice je bilo najenostavnejše umestiti v letni šolski načrt dela kot tehniški dan. Ker avtorica Mojca Milone poleg fizike poučuje tudi predmet *Tehnika in tehnologija* v vseh višjih razredih, je bila to izvrstna priložnost za načrtno kohezijo med fiziko in tehniko, tudi zato, ker v devetem razredu tehnike ni več.

Področja iz bolj ali manj vsakdanjega življenja, ki so povezana s tehniko, igro, športom in drugimi dejavnostmi in ki bi jih lahko z dovolj preprostimi poskusi povezali s fizikalnimi vsebinami, so med drugim: statične sile v nosilcih in konstrukcijskih materialih nasploh, gibanje padala, nihanje gugalnice, vožnja in spust po klancu z rolko itd. Kompetence, ki se pri takšnem delu krepijo, so povezane neposredno z eksperimentalnim delom (ročnost, natančnost, iznajdljivost ...), s prenosom teorije v prakso pa tudi z medsebojno komunikacijo, da niti ne govorimo o globljem fizikalnem razumevanju snovi [4, 5].

Tema o težišču se je zdela zelo primerna za osvežitev in dopolnitev znanja učencev v devetem razredu, ker se po učnem načrtu težišče obravnava v osmem razredu. Navadno je pri pouku fizike premalo časa, da bi se učitelj in učenci tej temi posvetili kaj bistveno bolj, kot je nekaj preverjanj že narisanih težiščnih preprostih ploskih teles (npr. pravokotne, trikotne ali trapezne lesene plošče) z obešanjem na vrstico. Vendar so lahko takšni poskusi za učence dolgočasni, posebej če so samo demonstracijski, poleg tega pa ne razvijajo učenčevih naravoslovnih kompetenc. Veliko zanimivejši bi bili za učence kombinirani skupinski poskusi, kjer bi sami ugotavljali lege težišč preprostih teles (največ likov) na dva alternativna načina, hkrati pa bi vključili tudi primere tridimenzionalnih teles. Takšno eksperimentiranje lahko prištevamo k raziskovalnemu učenju v šoli, ki je zaradi razvoja znanosti in tehnike postalo zelo priporočljivo [6, 7].

K sodelovanju je prva avtorica pritegnila še brata Oliverja in Andreja Batagelj, nekdanja vrhunski atleta, ki sta zdaj trenerja atletike v Atletskem klubu Gorica v Novi Gorici in tehnična trenerja slovenskih odbojkarjev in košarkarjev. Pričakovati je bilo, da bo vprašanje, kako s fizikalnim znanjem do boljših športnih dosežkov, za mlade gotovo zanimiva tematika in še ena potrditev uporabnosti fizike.

Delo v vseh treh delavnicah lahko vsaj delno povežemo tudi s konstruktivističnim pristopom učenja fizike [8, 9]. Pri njem je najbolj značilno to, da učitelj vodi učence, ti pa z eksperimenti in/ali diskusijo sami pridejo do novih spoznanj.

## 2 Organizacija in vsebinski opis delavnic

Septembra 2017 smo na Osnovni šoli Solkan pri Novi Gorici v okviru tehniškega dneva *Fizika v šoli* izvedli naslednje delavnice: 1) *Fizika v tehniki* (značilni poskusi, ki povezujejo fiziko in tehniko), 2) *Poskusi s težiščem* (skupinsko eksperimentalno ugotavljanje težišča), 3) *Fizika v športu* (seminar o povezavi fizike s športnimi disciplinami, največ v zvezi z atletiko). Sodelovali so učenci dveh paralelk devetega razreda, ki so bili razdeljeni na tri skupine, skupaj 55 učencev. Teme delavnice so se navezovala na dobro znane pojme iz fizike osmega in devetega razreda. Te skupine so se na teh delavnicah ciklično izmenjevale, tako da so bili vsi učenci prisotni na vseh delavnicah, vsaka pa je trajala 75 minut. Vmes so bili ustrezno dolgi odmori za menjavo skupin po delavnicah (učilnicah) z enim daljšim odmorom za malico. Zato se termini delavnic niso ujemali z običajnim potekom šolskih ur. Kratki povzetki in fotografije tega tehniškega dne so bili objavljeni tudi na spletni strani šole [10].

### 2.1 Delavnica Fizika v tehniki

Pri pouku fizike v devetem razredu je avtorica in izvajalka delavnice Mojca Milone učencem že prej nakazala idejo o izvedbi tehniškega dne. Imeli so možnost, da se sami odločajo o

Sistematične didaktične raziskave so pokazale pozitivno korelacijo med učiteljevim strokovnim znanjem, raziskovalnimi spretnostmi in samozavestjo na eni strani ter dvigom motivacije učencev za raziskovalno delo na drugi.

vrstah poskusov, ki bi jih izvajali v tem sklopu. Zato jim je podala izzive iz okolice, ki so osnova raznim tehnološkim procesom, napravam, gibanju in konstrukcijam. S programom *Plikers* smo tako izvedli anketo, v kateri so se učenci v večini odločali med: 1) delovanjem zvočnika, 2) gibanjem tekočih stopnic, 3) gibanjem rolke po klancu v skateparku, 4) letom padala (pri Novi Gorici je namreč znana točka Skozno, s katere se spuščajo jadralni padalci, (slika 2), 5) časom segrevanja vode za kavo, 6) delovanjem električnega vezja za varnostni vklop stroja, 7) delovanjem katapulta, 8) gugalnico na igrišču, ki se guga najdlje, 9) silami, ki zdržijo težo reklamnega napisa, in 10) tehničnimi podatki stroja (pomen, meritve, poraba, moč). Učenci so večinoma izbrali štiri teme, ki so opisane v nadaljevanju. Zato je avtorica načrtovala ustrezne štiri poskuse, ki so hkrati navezani na znanja iz fizike v osmem in devetem razredu. To je bilo smiselno tudi zato, da bi učenci dojel povezave in nadgradnjo določenih tem fizike.

Avtorica je učencem najprej razdelila delovne liste, na katerih so bila le okvirna navodila za poskuse. Ker je bilo na delavnici okrog 18 učencev, so se razdelili v štiri skupine, kjer je vsaj eden od učencev koordiniral skupinsko delo. Vodjo skupine so učenci določili sami in si tudi med celotnim potekom poskusa čim bolj enakovredno porazdelili vloge glede na nagnjenja, kar je optimiziralo timsko delo.

Pred poskusi je avtorica podala skupne osnovne informacije. Na delovnih listih so sledili cilju naloge v obliki povedi *Znal/-a boš ...* Pri vsakem poskusu je bilo treba zastaviti predvidevanje – hipotezo, ki so jo potem s poskusom ovrgli ali potrdili. Vsaki zastavljeni nalogi so učenci lahko pripisali enačbo ali odvisnost glede na predhodno ali aktualno znanje fizike v osmem in devetem razredu. Učenci so bili opozorjeni, da bo morda priporočljivo poskus večkrat ponoviti in tako preveriti pravilnost rezultatov. Učence so na štirih delovnih mestih čakali pripomočki, potrebni za poskuse. Merilne naprave in razne dodatke so lahko vzeli sami s servirne mize glede na vrsto poskusa. Učence je avtorica vseskozi spodbujala k samostojni izvedbi poskusov. Če pa so le naleteli na prevelike težave, so prosili za pomoč.

### Poskus 1: Nihanje gugalnice

**Cilj naloge** je bil ugotoviti, kako sta nihajni čas in hitrost (pri prehodu skozi ravnovesno lego) odvisna od dolžine vrvice, potem pa glede na pridobljene izkušnje vpeljati še pojem frekvence.

Za motiv so učenci z učiteljico predhodno opazovali gugalnice na igriščih. Ugotovili so, da se razlikujejo po dolžini vrvi, ki nosi gugalno desko ali nosilec. Pri poskusu v učilnici so delali z nitnimi nihali: s tremi različno dolgimi vrvicami, a vedno z enako maso uteži. Pomagali so si tudi s stojalom z nameščenim kotnikom. Zanje je bila ta delavnica dober uvod v tematiko kroženja, ki se obravnava pozneje kot primer krivega gibanja.

Sicer so učenci o nihanju že nekaj vedeli zaradi obravnave pri naravoslovju, vendar je bilo v tem kontekstu težišče naloge bolj v zgoraj omenjenem cilju. Učenci so merili in primerjali čas nihanja za isto nihalo, a za tri različne dolžine vrvice. Vsi so pravilno predpostavili, da se čas nihanja spreminja glede na dolžino nitke nihala. Učence je avtorica posebej opozorila, naj pri vseh treh poskusih začnejo z enakim kotom odmika vrvice od navpičnice. Pri majhnih kotih (nekako do  $10^\circ$ ) je nihajni čas sicer praktično neodvisen od amplitude. Vendar smo se vseeno želeli izogniti variaciji dodatne spremenljivke (amplitude nihanja), ki bi otežila razmišljanje in sistematično obravnavo. Skoraj 89 % učencev je predpostavilo, da bo nihalo na najdaljši vrvi nihalo z najdaljšim nihajnim časom. Skoraj vsi učenci so tudi predpostavili, da je nihajni čas odvisen tudi od amplitude (to je od kota, za katerega odmaknemo telo od navpičnice, preden zaniha). Dva učenca sta med ugotovitve pripisala, da ima večjo hitrost nihanja pri prehodu skozi ravnovesno lego utež, ki je pritrjena na najdaljši vrvi.

Pri vpeljavi nove fizikalne količine je učiteljica na delovnih listih učencem pomagala z napisano definicijo: frekvenca je fizikalna količina, ki pove, kolikokrat zaniha telo v nekem času. Ni pa bila vnaprej napisana tudi ustrezna enačba:  $v = N/t$ . Le 30 odstotkov učencev je napisalo ta izraz, kar se sklada z bralno pismenostjo in zapisom ugotovitev pri opazovanju (način merjenja nihajnega časa in frekvence) s fizikalnim obrazcem. Omeniti velja, da bi bil za učence verjetno precej bolj intuitiven izraz za ustreznih nihajni čas:  $t_0 = t/N = 1/n$ .

Izzive iz okolice so osnova raznim tehnološkim procesom, napravam, gibanju in konstrukcijam.

Frekvenca je fizikalna količina, ki pove, kolikokrat zaniha telo v nekem času.

Na vprašanje, kaj povzroča zamiranje nihanja s časom, so le redki napisali, da sta vzrok za ta pojav sila zračnega upora in sila trenja v vrtilšču. Najpogostejši odgovor je bil samo »upor«. Na delovnem listu je bilo treba tudi dopolniti skico, saj je bilo narisano le stojalo nihala. V večini primerov so učenci narisali nihalo v začetni legi. Kljub namigom učiteljice učenci skice niso opremili z drugo skrajno lego in označenim kotom odmika. Ena učenka je skico dopolnila še s silama: težo in silo vrvice ( $F_g$  in  $F_v$ ).

### Poskus 2: Spust rolke ali kroglice po klancu

**Cilji naloge** so bili priprava primernih pogojev za opazovanje gibanja telesa na klancu, večkratna ponovitev poskusa ter merjenje časa  $t$  in poti  $s$ . Dodaten cilj naloge je bil tudi risanje grafa  $s(t)$ .

Učenci so imeli na razpolago daljšo stezo, ki so jo podprli v klanec, mini rolko, stekleno in kovinsko frnikolo, kredo ter merilne pripomočke (slika 1). Vsebine te delavnice so učencem znane kot tekoča snov pri urah fizike v devetem razredu. Poskus so lahko opazovali kot demonstracijo pri uvodu v snov enakomerno pospešenega gibanja. Bili so opozorjeni, da so steze tako dolge, da se lahko v sredini upognejo, zato jih je treba primerno podložiti. Presenetil je komentar učenke, da se ji je zdel demonstracijski poskus zelo preprost, sedaj pa sama ugotavlja, da je težava že celo v tem, koliko podstaviti pod klanec, da bo rolka ali kroglica primerno tekla. Ker je mini rolka zelo lahka in je zaradi nekoliko ukrivljene osi občasno zavijala s poti, so se učenci večinoma odločali za spust steklene frnikole. Učenci so se dobro organizirali med seboj in si razdelili vloge pri merjenju časa, risanju oznak razdalje, merjenju razdalj, pisanju rezultatov itd.

Ta poskus se je učencem zdel tako zelo zabaven, da jih je bilo treba opozoriti na omejeni čas. Lahko se zgodi, da poskus kaj kmalu postane igra. Približno 70 % učencev je v tabelo odvisnosti razdalj od časa vpisalo primerne vrednosti. Le 30 % učencev je rezultate še primerno interpretiralo z grafom  $s(t)$  s pričakovano funkcijsko odvisnostjo  $s = at^2/2$ .

Hitrejši učenci so se odločali za različne enačbe, ki jih lahko uporabijo na osnovi pridobljenih podatkov:

- izračun končnih hitrosti:  $v_k = s/t$  (30 %);
- izračun povprečne hitrosti (za čas opazovanja 4 s):  
 $v_p = v_k/2$  (18 %);
- izračun pospeška v časovnih intervalih:  $a = \Delta v/\Delta t$  (8 %).

### Poskus 3: Spust padala (kot interpretacija skokov na Skoznem)

**Cilj** te delavnice je bil ugotoviti, kako velikost padala vpliva na padanje padalca, npr. pri spustu z bližnje lokacije Skozno (slika 2).



Slika 1: Poskus s kotaljenjem kroglice po klancu.



Slika 2: Spust jadralnega padalca na Skoznem pri Novi Gorici. Pridobljeno z: [https://www.google.si/search?q=jadralno+padalo+skozno&rlz=1C2NHXL\\_sII716IT716&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiAtquE4qLXAhWsHJoKHfH-0Dy8Q\\_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=hufIzDY03JqIFM](https://www.google.si/search?q=jadralno+padalo+skozno&rlz=1C2NHXL_sII716IT716&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiAtquE4qLXAhWsHJoKHfH-0Dy8Q_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=hufIzDY03JqIFM).



Omeniti velja, da je dinamika jadralnega padala sicer drugačna kot pri navadnem padalu, saj ima tudi veliko vodoravno komponento hitrosti. Vendar pa je bistvo spuščanja obeh padal enako, če seveda ne upoštevamo morebitnega termičnega vzgona, npr. vzgonskega vetra ob hribu navzgor, ki ga spretni jadralni padalci večje izkoriščajo.

Za padalo smo uporabili platno zložljivega dežnika, nitke, večji vijak (masa 8 g). Večje padalo je merilo okrog 230 cm<sup>2</sup>, manjše pa 110 cm<sup>2</sup>. Učenci so imeli še možnost dodajanja bremena padalca, saj so lahko na vrvice obesili še en vijak.

V učilnici tehnike smo za spust padal uporabili skladiščni prostor, do katerega vodijo spiralne stopnice (slika 3). Učenci so morali na iznajdljiv način izmeriti višino, s katere spuščajo padalce. Večinoma so se odločili za tračni meter, ena skupina pa je spustila obteženo vrstico, ki so jo kasneje izmerili. Učenci so si pred izvedbo poskusa razdelili vloge. Učiteljica jih je opozorila, naj padalo razprejo že pred spustom. Že v hipotezah so v večini zapisali, da pričakujejo daljši čas padanja tistega padala, ki ima večje jadro (pri jadralnih padalcih).

Meritve so to potrdile, saj so vse skupine namerile daljši čas padanja za padalca, ki je imel večje padalce. Učenci so tudi v večini predpostavili, da se bo čas leta skrajšal, če obesijo dva vijaka in s tem povečajo breme padalca. Učencem je učiteljica pripravila tudi igro s spremenljivkami  $m$  (masa),  $t$  (čas) in  $S$  (površina padala). V kvadratke so lahko vpisali količine glede na odvisnost, prikazano na sliki 4.

Velik delež učencev je prav ugotovil kvalitativno povezavo med ploščino testnega padala ( $S$ ) in časom padanja ( $t$ ). S količinami, ki so v obratnem sorazmerju, so učenci imeli težave.

Analizirajmo hitrost in čas padanja padala s preprostim matematično-fizikalnim modelom. Za silo zračnega upora  $F_u$  velja enačba:

$$F_u = (C_u/2)\rho S_\xi v^2 \quad (1)$$

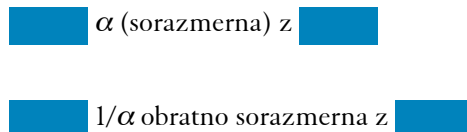
Pri tem je  $C_u$  koeficient upora, odvisen od oblike telesa, ne pa od njegove velikosti. Simbol  $\rho$  v enačbi (1) pomeni gostoto zraka,  $S_\xi$  je v splošnem čelni prerez telesa pravokotno na smer gibanja,  $v$  pa je hitrost telesa. Ko spustimo padalo, se začne zaradi težnosti gibati pospešeno, a se potem zaradi naraščajoče hitrosti povečuje tudi sila zračnega upora nanj. Hitrost se približuje neki končni vrednosti. Zaradi svoje oblike ima padalo velik koeficient upora, zato je čas pospeševanja razmeroma kratek in lahko računamo, kot da se ves čas giblje s to končno hitrostjo. Izračunamo jo tako, da izenačimo silo upora s silo teže:

$$(C_u/2)\rho S_\xi v^2 = mg \quad (2)$$

Za lažje sklepanje predpostavimo, da se oblika padala ne spremeni, če vzamemo padalo z večjo začetno ploščino  $S$ . Res pa je, da obliko (ukrivljenost) padala določa tudi dolžina vrvic. Vzemimo torej, da je koeficient  $C_u$  vedno enak. Dalje predpostavimo, da je masa  $m$  določena samo z maso visečega bremena, pri tem pa maso padala zanemarimo. Enačba (2) nam pove,



Slika 3: Poskus s padalom v šoli.



Slika 4: Sorazmernost ali obratna sorazmernost količin pri poskusu s padalom.

da je hitrost padanja obratno sorazmerna s korenem prereza  $S_c$ . Čas padanja pri enaki poti naj bi bil torej sorazmeren s korenem iz prereza  $S_c$ . Predpostavimo še, da je prerez  $S_c$  sorazmeren z začetno ploščino lika, iz katerega smo padalo izrezali; nista pa ti dve količini enaki, ker se padalo ukrivi. Torej nazadnje sklepamo, da je čas padanja padala sorazmeren s korenem iz ploščine lika  $S$ , iz katerega smo ga naredili. Vendar takšnega sklepanja od osnovnošolcev ne moremo pričakovati, zato je domneva o sorazmernosti med časom padanja in površino padala kvalitativno povsem zadovoljiva.

#### Poskus 4: Sile zaradi teže reklamnega napisa

Ta poskus je bil osnovan na opazovanju nosilcev, ki podpirajo reklamni oglas v okolici šole. S tem namenom je avtorica v učilnici tehnike zgradila konstrukcijo, ki je pomanjšan model nosilcev reklamnega napisa za picerijo.

Izziv je bil v tem, da so učenci ugotovili, s kolikšno silo bi lahko nadomestili podpornik, da se konstrukcija ne bi porušila. Glede na to, da je statika sil snov osmega razreda, ki ga marsikdo »obesi na kljuko«, je bila po pričakovanjih ta naloga rešena najslabše.

Učenci so vrsto bremena določili sami, zato so bili rezultati od skupine do skupine različni. Vsi učenci so telo stehali. Velika večina je težo v primernem merilu tudi narisala. Iskanje sile, ki nadomesti podpornik konstrukcije, pa ni bila tako enostavno. Največ učencev se je naloge lotilo z grafičnim razstavljanjem sil. To pa učencem izven okvira osnovnih pisnih nalog pri pouku očitno povzroča težave. Avtorica je ugotovila, da večina učencev še vedno ne razume, da se sile porazdelijo po komponentah v konstrukciji.

Dve učenki sta silo droga nadomestili praktično in iznajdljivo, in to kar s silomerom. Znašli sta se tako, da sta drog umaknili in s silomerom nadomestili silo potiska droga. Isti učenki sta tudi z vzporednim pravilom preračunali komponente v nosilih.

## 2.2 Delavnica Poskusi s težiščem

Osnovna zamisel teh poskusov v primerjavi s klasičnimi šolskimi poskusi je bila, da težiščnic (in z njimi lege težišča) ne bi iskali ali preverjali samo z obežanjem teles na vrvico na stojalu, temveč tudi s potiskanjem čez rob mize. Ko je telo ravno na tem, da se prevesi in pade čez rob mize, je namreč ustrezna težiščnica poravnana z robom. Skupina učencev je bila pri tej delavnici razdeljena v delovne skupine po tri ali štiri učence za skupinske poskuse. Vse skupine so imele na mizah vnaprej pripravljene enake pripomočke za poskuse: stojala, po dvoje škarij, ravnil in šestil, dovolj kartona ali trdega papirja za izrezovanje dvodimenzionalnih (2D) likov ali plaščev tridimenzionalnih (3D) teles, nekaj sponk za papir (iz katerega so lahko izdelali kljukice za obežanje predmetov na vrvico), par uteži, nekaj plastelina itd. (slika 5).

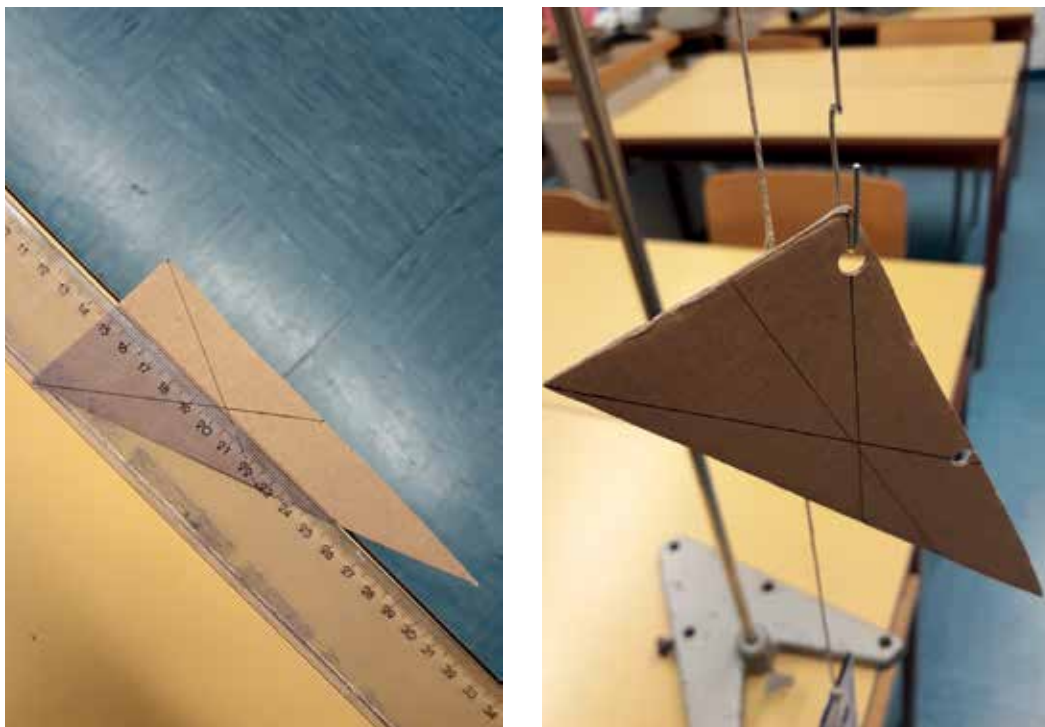
Poleg tega so bili v učilnici na voljo za vse skupine skupaj lepilni trak, klobčič vrvice, iz katerega so si skupine izrezovale primerno dolge kose za obežanje predmetov, pa še luknjač za papir, da so učenci lahko obešali izrezane like na vrvico.

Po kratkih navodilih avtorja Milana Ambrožiča, ki je vodil delavnico, so učenci najprej poiškali in narisali težiščnice različnih teles s potiskanjem čez rob mize, ker je to lažje izvedljivo, nato pa so »navpičnost« teh težiščnic preverili z obežanjem na vrvico. Težišče navadnega plastičnega ravnila, ki ga lahko aproksimiramo kot 2D-objekt – pravokotnik, so za začetno vajo preverili s potiskanjem ravnila čez rob mize v več smereh, npr. prečno, vzdolžno in po diagonalah ali v še kakšni drugi smeri. S tem so preverili natančnost takšnega poskusa, saj je znano, da je težišče pravokotnika na presečišču diagonal. Glede vzdolžne smeri pa je ugodno, da ima ravnilo že milimetrsko merilo.



Slika 5: Delo po skupinah pri poskusih s težiščem.

Potem so učenci po vrsti izrezovali naslednje 2D-objekte iz papirja: pravokotnik, trikotnik, krog in kolobar s poljubnimi dimenzijami. Navadno sta se po dva učenca hkrati v skupini ukvarjala z izrezovanjem dveh različnih likov, da je šlo delo hitreje. Z vsemi objekti so izvedli oba načina ugotavljanja in preverjanja težišča – s potiskanjem čez rob mize in obešanjem na vrstico (slika 6). Nekateri so bili pri tem natančnejši, nekateri pa manj. Posebno pozornost so po namigu vodje delavnice učenci namenili trikotniku, ker naj bi sami ugotovili, da se fizikalne težiščnice ujemajo s težiščnicami, definiranimi v geometriji. Zato so bili ti poskusi tudi lepa priložnost za povezovanje fizike z matematiko. Učenci niso bili presenečeni nad dejstvom, da je lahko težišče telesa tudi v »luknji« ali zunaj njega, npr. pri kolobarju. Potem



**Slika 6:** Oba poskusa s trikotnikom iz kartona.

pa so učenci iz papirja izrezali še plašč kocke in tetraedra in potem z lepilnim trakom zlepili robove v 3D-objekt. Pri plašču tetraedra so bili večinoma potrebni namigi vodje delavnice. S tema objektoma so lahko učenci samo kvalitativno ugotavljali lego težišča. Pri kocki jim ni bilo težko uganiti, da je težišče ravno v njenem središču.

Ob tem smo komentirali, da v splošnem ni vseeno, kako je porazdeljena masa pri 3D-telesu, navedli pa smo štiri značilne porazdelitve za oglasta telesa, kot sta kocka in piramida: 1) po ogliščih, 2) po robovih, 3) po ploskvah (v primeru izrezanih plaščev) in 4) po celotni prostornini. Zato sta dva spretnejša učenca za demonstracijo izdelala tudi tetraeder iz enakih palčk, zlepljenih na koncih s plastelinom; nismo pa z njim delali poskusov, ker je bila konstrukcija preveč krhka.

Ker je delavnica trajala 75 minut za eno skupino učencev, je bilo tudi dovolj časa za petminutni pred-test na začetku in petminutni po-test na koncu. Z njima smo preverili osnovno razumevanje te snovi. Vendar predlagamo, da se oba testa pišeta časovno ločeno od delavnice, če je to mogoče. S tem je merjenje učinka poskusov na razumevanje težišča realnejše. Več podrobnosti o poskusih s težiščem je v članku [11].

### 2.3 Delavnica Fizika v športu

Izvajalca delavnice Andrej in Oliver Batagelj sta jo predstavila z imenom »Šport, atletika in fizikalni zakoni«, saj sta dala poudarek na atletiko – »kraljico športa«. Omenila sta, da se lahko z atletiko, ki vsebuje več kot 20 disciplin, razporejenih v sklope (teki, hitra hoja, skoki in meti), rekreativno ukvarja vsakdo, ne glede na materialno stanje.

Drugače je s kakovostno in vrhunsko atletiko. Zelo težko se je prebiti že v sam državni vrh, posebej v članski kategoriji. Brez predanega, strokovno zasnovanega treninga in izrazitega talenta ne gre. Konkurenca je najbrž največja med vsemi športnimi panogami, na milijone atletov z vsega sveta nastopa na različnih tekmovalnih nivojih, vsi dosežki so zabeleženi in medsebojno primerljivi. Glede na objektivnost rezultatov tekmovalcev (pri atletiki ni subjektivnega ocenjevanja sloga kot npr. pri gimnastiki) sta atletiko primerjala z naravoslovno znanostjo.

Učenci so si najprej ogledali video posnetke športnikov s tekem evropskih prvenstev v različnih atletskih disciplinah, ki sta jih komentirala. Andrej in Oliver Batagelj sta tudi podkovaná gimnazijca, ki jim je bila fizika vedno v veselje in pomoč pri izvajanju disciplin in posredovanju izkušenj. Oliver je razlagal o razmerah, ki vplivajo na moč, odziv in tehniko atletskih disciplin. Govoril je o odvisnosti količin, kot so hitrost in sile odskoka, ter o najpogostejših napakah v atletskih disciplinah. Andrej je opisoval lastne izkušnje pri troskoku, teku čez ovire in skoku v višino. Celotno srečanje so posvetili razgovoru med učenci in vključevanju znanja fizike v predstavnost razlage. Pogovarjali so se tudi o porabi kalorij in načinu prehranjevanja vrhunskih športnikov. Učenci so imeli na razpolago tudi osebno tehtnico, s katero so lahko ugotavljali delo, ki ga opravijo, ko se povzpnejo na stol. Nalogo so nagradili tako, da so ugotavljali delo, ki ga opravimo, če to vajo ponovimo za hojo do desetega nadstropja. Zanimalo jih je, v kateri fazi dela mlad človek začuti utrujenost.

### Povezava s fiziko

Že samo meritve rezultatov atletov se navezujejo na fiziko in matematiko, da niti ne govorimo o njihovih biomehanskih analizah (EMG = elektromiografija, tenziometrijske plošče pri odskoku itd.). Avtorja sta v glavnem delu predstavila tek na sto metrov, skok v daljino, met krogle in preostale mete – atletske pa tudi met na koš.

### Tek na sto metrov

Tek ima dve fazi: odzivno fazo (eno stopalo je v stiku s podlago) in fazo leta. Pri teku se hitrost tekmovalca spreminja ves čas, zato sta predavatelja učencem predstavila pojem povprečne in največje hitrosti med tekom. Na primer, povprečna hitrost Usaina Bolta je bila pri rekordnem teku na 100 m malo več kot 10,4 m/s (37,4 km/h), največja pa 12,4 m/s (44,6 km/h). Hitrost teka  $v$  je produkt dolžine koraka (skoka)  $l$  in frekvence korakov (števila korakov na časovno enoto),  $v = l \times n$ . Pri rekordnem teku je Bolt napravil 41 korakov na razdalji 100 m, kar pomeni, da je v povprečju napravil 4,3 koraka na sekundo. Najdaljši korak je meril 2,72 m.

### Skok v daljino

Po odskoku (odzivu skakalca od tal) ga lahko obravnavamo kot poševni met, prav tako kot met žoge na koš. Vektor hitrosti pri odskoku lahko razstavimo na vodoravno in navpično komponento, obe pa sta pomembni za doseženo daljino. Navpična komponenta hitrosti namreč določa čas, ko je skakalec nad tlemi, medtem ko je dolžina skoka produkt tega časa z vodoravno komponento hitrosti. Z obema komponentama lahko z risanjem ustreznega pravokotnega trikotnika ugotovimo kot pri odskoku. Daljina (domet) v odvisnosti od začetnega kota in celotne začetne hitrosti se navadno računa pri srednješolski fiziki in znano je, da je optimalni kot  $45^\circ$  stopinj. Pri teh računih zanemarimo zračni upor. Vendar pa pri skakalcu v daljino to ni nujno optimalni kot, ker pridejo v poštev tudi njegovi fiziološki parametri. Pri vseh skokih (pa tudi pri tekih, ki so sestavljeni iz skokov) je odločilen gravitacijski pospešek: na Luni bi skakalec skočil dlje kot na Zemlji.

Vendar pa zračni upor zagotovo vpliva na doseženo daljino pri skoku, posebno ob vetru. Kot pove enačba (1), zračni upor narašča s kvadratom relativne hitrosti med skakalcem in statičnim zrakom ali pa med skakalcem in vetrom. Pomembna je tudi temperatura zraka, saj višja temperatura po znani plinski enačbi za idealni plin pomeni manjšo gostoto zraka, s tem pa po enačbi (1) tudi manjšo silo upora. Vlažnost zraka pa močneje vpliva na telesno počutje športnika. Zato so tekači na kratke proge in skakalci v daljino uspešnejši v toplem vremenu z vetrom v smeri teka ali skoka.



## Dviganje uteži

Razmeroma enostaven je račun dela in vsaj povprečne moči tekmovalca pri dviganju uteži. Za konkreten zgled vzemimo uteži z maso  $m = 100 \text{ kg}$ , ki jih tekmovalec dvigne  $h = 2 \text{ m}$  visoko pri tehnikah sunek in poteg. Značilni čas dvigovanja je okrog  $t = 1 \text{ s}$ . Delo izračunamo kot produkt sile in poti ali kot spremembo potencialne energije uteži:

$$A = mgh = 100 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 2 \text{ m} = 1962 \text{ J}$$

Delimo delo s časom in dobimo povprečno moč:

$$P = A/t = 1962 \text{ J/1 s} = 1962 \text{ W}$$

V resnici delajo mišice tekmovalca z večjo močjo, ker tekmovalec dviguje tudi svoje lastno težišče. Zračni upor lahko pri tej disciplini povsem zanemarimo. Ni težko uganiti, da moč tekmovalca med dviganjem uteži ni konstantna, zato je največja moč večja od izračunane povprečne moči.

Nazadnje omenimo še odlično učno gradivo o fiziki pri skoku v višino, predvsem glede gibanja težišča skakalca pri dveh različnih slogih [12], ki ga lahko učitelj uporabi za popestritev pouka.

## 3 Sklep

Avtorji in vodje delavnic smo imeli vtis, da je opisani tehniški dan dobro uspel. Potrdil je znane didaktične ugotovitve, da samostojno delo učencev in zanimive vsebine pritegnejo zanimanje učencev, hkrati pa popestrijo fiziko kot šolski predmet.

### Viri

- [1] Newman, W. J., Abell, S. K., Hubbard, P. D., McDonald, J., Otaala, J., in Martini, M. (2004). Dilemmas of teaching inquiry in elementary science methods. *Journal of Science Teacher Education*, 15 (4), 257-279.
- [2] Jarvis, T., Pell, A., in Hingley, P. (2011). Variations in Primary Teachers' Responses and Development during Three Major Science In-Service Programmes. *CEPS Journal*, 1 (1), 67-92.
- [3] Robič, D. (2017). *Motivacija učencev v procesu vnašanja sodobnih znanstvenih dognanj v pouk fizike osnovne šole. Magistrsko delo*. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za fiziko, Maribor.
- [4] Svetlik, I. (2006). *O kompetencah, Vzgoja in izobraževanje*. 1/2006. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- [5] Grubelnik, V. (ur.) (2010). *Opredelitev naravoslovnih kompetenc* (znanstvena monografija projekta RNK). Maribor: Fakulteta za naravoslovje in matematiko.
- [6] Minner, D. D., Levy, A. J., in Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – what is it and what does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47 (4), 474-496.
- [7] Jones, L. L., MacArthur, J. R., & Akaygün, S. (2011). Using Technology to Engage Preservice Elementary Teachers in Learning about Scientific Inquiry. *CEPS Journal*, 1 (1), 113-131.
- [8] Marentič Požarnik, B. (2004). *Konstruktivizem v šoli in izobraževanje učiteljev*. Center za pedagoško izobraževanje Filozofske fakultete, Ljubljana.
- [9] Kline, J. (2010). *Konstruktivistični pristop pri poučevanju fizikalnih vsebin – tlak in vzgon*. Diplomsko delo. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za fiziko, Maribor.
- [10] Osnovna šola Solkan (2017). *Fizika je zakon*. Dostopno na: <http://sola-solkan.splet.arnes.si/2017/09/29/fizika-je-zakon/>. (Dostop oktober 2018)
- [11] Repnik, R., Ambrožič, M. (2018). Practical School Experiments with the Centre of Mass of Bodies. *CEPS Journal*, 8(1), 97-116.
- [12] Mexico 1968 High Jump Final. Dostopno na: <https://www.youtube.com/watch?v=RaGUW1d0w8g>. (Dostop oktober 2018)