

Pouk fizike v naravi

dr. Milan Ambrožič

Osnovna šola Solkan

Mojca Milone

Osnovna šola Solkan

Izvleček

Podani so primeri skupinskih poskusov za pouk fizike v naravi na temo dela in energijskih pretvorb. Poleg poskusov z nekaj praktičnimi napotki opišemo nekaj izkušenj s takšnim poukom junija 2022 v Borovem gozdičku v Novi Gorici. Udeležili so se ga učenci devetega razreda OŠ Solkan, ki so takšno delo dobro sprejeli. V okviru občinskega participativnega proračuna Mestne občine Nova Gorica je bil namreč leta 2020 prijavljen in pozneje po glasovanju občanov prek spleta sprejet projekt o učilnici v Borovem gozdičku za osnovne šole, ki poleg fizike predvideva tudi druge šolske predmete.

Ključne besede: učilnica v naravi, eksperimentalno delo, participativni občinski proračun.

Outdoor Physics

Abstract

The article provides examples of group experiments and their practical implications for outdoor physics lessons on work and energy transformations. In addition, it draws on the experience of such a lesson conducted in June 2022 in Borov gozdiček City Park in Nova Gorica, which was well-received by the students of Grade 9 of the Solkan Primary School. A project proposal for a primary school classroom in Borov gozdiček, which includes physics as well as other school subjects, was submitted in 2020 as part of the participatory budget of the Municipality of Nova Gorica and was later adopted following an online vote of citizens.

Keywords: outdoor classroom, experimental work, participatory budgeting.

1 Uvod

Uspešno pedagoško delo od učiteljev zahteva teoretično znanje, pedagoške in didaktične izkušnje ter predvsem poznavanje zakonitosti motivacije [1–3]. Veliko dodatnih izkušenj, kako med drugim motivirati osnovnošolce pa tudi dijake, študente in predšolske otroke, s poudarkom na razvoju ustreznih kompetenc, je bilo nabranih tudi med triletnim nacionalnim projektom *Razvoj naravoslovnih kompetenc* [4, 5]. Za uspešne učne in poučevalne strategije so se izkazali prijemi z neposrednim raziskovalnim delom učencev in konstruktivističnimi pristopi [6–9]. Repnik je pokazal, kako je mogoče aktualne fizikalne vsebine uspešno vnašati v tradicionalni osnovnošolski pouk [10]. Nekoliko nenavadnejši poskusi in skupinsko delo so se prav tako izkazali kot zelo konstruktivni [11–13].

Za današnje mlajše generacije je značilna množična uporaba sodobnih tehničnih pripomočkov, predvsem

informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT). To se spodbuja tudi pri pouku v osnovni šoli, kar je seveda dobrodošlo, po drugi strani pa pomeni tudi določene nevarnosti. Otrok, ki že od malih nog odrašča ob pametnem telefonu, računalniku, elektronskih aplikacijah in videoigrah, lahko izgubi veliko pristnega stika z naravo pa tudi giblje se premalo. Dalje, učenje množice aplikacij še ne pomeni krepitve najvišjih umskih zmožnosti. Če je nekomu vse »prineseno na krožniku«, nastane nevarnost, da ne bo razvil niti kritičnega mišljenja niti analitičnih sposobnosti in vztrajnosti pri globinski obravnavi raznih nalog in problemov. Ni treba poznati strokovne didaktične literature, da je opazen očiten padec pismenosti pri mlajših generacijah. Medtem ko so včasih opozarjali, da se v šoli preveč poudarja konvergentni način razmišljanja na škodo divergentnega, je morda danes problem prav nasproten.

Šolsko delo v spremenjenem okolju, npr. zunaj učilnice, lahko daje učencem dodatno motivacijo. S proble-

mom organiziranja zunanje učilnice (terenskega dela) so se ukvarjali tudi Repnik in drugi [14]. Pri učenju v naravi je tako v sodobnem času mogoče kombinirati tehnologijo, npr. IKT, z naravnimi in preprostimi pripomočki, posebej pri poskusih. Borov gozdiček v Novi Gorici je primerno okolje za nekatere poskuse in opazovanja pri naravoslovnih predmetih, za prakticiranje raznih matematičnih problemov (npr. trigonometrije na osnovi podobnih trikotnikov) itd. Glavna težava je edino v tem, da učenci potrebujejo nekaj časa, da pridejo iz šole do te lokacije in nazaj, zato je najbolj smiselno takšen pouk organizirati takrat, ko lahko učitelj združi več šolskih ur skupaj, ali pa na naravoslovni ali tehniški dan.

Naslov tekočega projekta je *Borov gozdiček – učilnica na prostem* [15]. Pripravila in prijavila sva ga avtorja tega članka konec leta 2020 v okviru občinskega participativnega proračuna (program Odločamo skupaj – Mestna občina Nova Gorica). Namenjen je mladim (osnovnošolcem in morda predšolskim otrokom) za izkustveno učenje naravoslovnih in drugih predmetov. Prijavljene konkurenčne predloge projektov so ocenjevali občani prek spleta in med njimi je bil dobro ocenjen in sprejet za financiranje tudi najin predlog. Prvi poskus takšne učilnice v Borovem gozdičku smo za predmet Fizika izvedli junija 2021 z učenci osmega razreda OŠ Solkan [16]. Učenci dveh paralelk osmega razreda so v dveh različnih dneh merili hidrostatski tlak v bajerju z manometri, ročno izdelanimi iz plastičnih slamic s pregibom. Pri delu z razredom 8. b drugi dan je bil prisoten tudi avtor Ambrožič, ki je prevzel manjšo skupino, merili pa so nihalne čase nitnih in vzmetnih nihal. V poročilu so učenci zapisali, da so bili motivirani in da si želijo, da bi takšna učilnica čim bolj zaživela.

Zato si prizadevamo, da bi jo začeli čim več uporabljati vsaj učenci iz osnovnih šol v Novi Gorici in okolici. Junija 2022 smo z učenci devetega razreda OŠ Solkan v Borovem gozdičku ponovno izvedli pouk fizike, tokrat na temo dela in energije. Pouk je bil eksperimentalen, dodatno teoretično in računsko obdelavo nalog pa so opravili učenci sami doma. Podoben pouk smo ponovili istega meseca na prostem v Veniščah pri Renčah, ko so se učenci OŠ Renče udeležili tridnevnega tabora preživetja v naravi, ki ga je organizirala lokalna civilna zaščita. Sicer so bile v predlogu projekta za Borov gozdiček navedene tudi zamisli za delo pri drugih šolskih predmetih: biologiji, kemiji, matematiki itd. Namen takšnega dela, predvsem poskusov, je tudi delna improvizacija s pripomočki v naravi in s tem razvijanje iznajdljivosti učencev. Vseeno pa je treba nekatere neobhodne pripomočke za poskuse prinesiti iz šole. Več dela in gibanja na svežem zraku ob lepem vremenu pa je navsezadnje tudi zdravo in sproščujoče. V okviru tega projekta je bilo avgusta po učilnici na prostem, opisani v tem članku, že postavljene nekaj umetniško oblikovane dodatne nepremične opreme, npr. nastavek

za lahko prenosno tablo, mizi, debla za sedenje in drugo, vse iz akacijevega lesa, nabavljenih pa je bilo tudi precej dodatnih učil, ki so shranjena v občinski stavbi tik ob gozdičku. Pripravili smo tudi spletno učilnico in informacijsko spletno stran tega projekta na domači strani OŠ Solkan.

Nekaj konkretnih predlogov za delo sva avtorja podala pri prijavi projekta za naslednje predmete: fizika, biologija, kemija, matematika, tehnika in geografija. Pri fiziki so bili predlogi naslednji: opazovanje in meritve bajerja (npr. globine), energijska obravnava pri bližnjem rolkarskem igrišču, opazovanje fizikalnih dogodkov pri igrah, predvsem nihanja gugalnic, uporaba nihal iz šole, naloge z gibanjem itd. Nekaj od teh fizikalnih tem ali tem, ki so z njimi v zvezi, je uporabljenih tudi za poskuse, opisane v tem članku, npr. nihanje in energijske pretvorbe. Iz šole smo prinesli najpotrebnejšo dodatno opremo.

V tem prispevku bodo našli koristne napotke predvsem učitelji fizike, in sicer tako iz osnovnih kot srednjih šol. Za učence devetega razreda OŠ je snov sicer ponekod težavna in ni v učnem načrtu. Vendar pa je lahko to zanje tudi izziv, posebej če jih učitelji prej pripravijo z ustreznim učnim gradivom. Metoda dela v gozdičku, ki je opisana v članku, je skupinski poskus. Dodatne račune naredijo po svojih zmožnostih učenci doma.

2 Opis poskusov

V tem razdelku opišemo potek poskusov in nekaj teorije ter računov, povezanih z njimi. Ustrezna navodila so bila napisana že prej in tu je besedilo navodil nekoliko skrajšano. Bralec lahko najde navodila in videoposnetke predhodnih testnih poskusov, opravljenih v šoli, na spletnih straneh [17, 18]. Naloge so bile pripravljene tako, da nekoliko presegajo okvir učnega načrta, zato postanejo za učence in tudi učitelja še večji izziv. Poskuse bomo v nadaljnjem besedilu raje imenovali naloge, ker je bilo poleg njih potrebno še dodatno delo: razlaga in pojasnila ter nekaj skupne razprave, potem pa individualno dokončanje nalog doma. Prvo nalogo smo začeli izvajati skupaj, bolj kot demonstracijski, frontalni poskus, potekal pa je sam zase med ukvarjanjem skupin z drugimi nalogami. Tako smo se odločili, ker je pri segrevanju vode s sončnimi žarki potreben daljši čas, da se opazi razlika med začetno in končno temperaturo.

Naloge 1, 3 in 5 sva si zamislila avtorja sama, idejo za nalogi 2 in 4 pa je avtor Ambrožič povzel po podobnih poskusih pri praktikumu za študente: za drugo nalogo na Pedagoški fakulteti Univerze v Ljubljani, za četrto pa na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Mariboru. Predvsem četrta naloga je bila prirejena za delo z osnovnošolci. Pri vsakem poskusu je podanih nekaj dodatnih napotkov za učitelje.

Naloga 1: Segrevanje vode s sončno svetlobo

Potrebščine: plitva posoda, menzura z oznakami za prostornino tekočine, infrardeči termometer, palčka za mešanje, milimetrsko ravnilo.

Potek poskusa: V posodo nalijemo vodo iz gozdička, jo dobro premešamo in izmerimo temperaturo. Prostornino vode izračunamo iz oblike in dimenzij posode, lahko pa jo odčitamo kar z menzuro, s katero zajamemo vodo in jo potem zlijemo v posodo. Boljše je, če je posoda iz materiala z majhno toplotno prevodnostjo, npr. iz stekla. Stene posode ne smejo motiti svetlobnega toka, zato je primernejša plitva posoda, da sije sonce neposredno na površje vode. Potem lahko učenci delajo druge poskuse. Občasno naj malo premešajo vodo. Po dovolj dolgem času, npr. po pol ure, naj se spet izmeri temperatura vode. Da postane razlika med končno in začetno temperaturo vode dovolj velika, je primerno zajeti vodo s senčnega mesta in potem posodico postaviti na sončno mesto.

Račun: Če zanemarimo toplotne izgube v okolico, je voda s sončnimi žarki prejela toploto:

$$Q = mc_v \Delta T. \quad (1)$$

Količine v enačbi pomenijo: Q = toplota, m = masa vode, c_v = specifična toplota vode, ΔT = razlika temperature vode po obsevanju s svetlobo in pred njim. Maso vode izračunamo iz njene gostote in prostornine. Glede na čas segrevanja t naj se izračuna toplotna moč žarkov:

$$P = \frac{Q}{t}. \quad (2)$$

Nazadnje naj učenci izračunajo še efektivno gostoto svetlobnega toka:

$$j = \frac{P}{S}. \quad (3)$$

Pri tem je S ploščina gladine vode, ki se izračuna iz premera okrogle posodice. To vrednost za gostoto svetlobnega toka lahko učenci primerjajo za gostoto svetlobnega toka s Sonca ob jasnih dnevih, podatek pa naj najdejo na spletu. Primerjamo samo red velikosti. Pozneje s skupno razpravo najdemo razloge, zakaj navadno dobimo manjšo vrednost za j , kot je podatek na spletu. Razlogi so npr. izguba toplote v okolico, poševni vpad sončnih žarkov in delni odboj svetlobe od vodne gladine. Poskus se lahko naveže na sončne zbiralnike za toplo vodo na strehah.

Dodatni napotek: Poskus je najprimernejši dopoldne ob sončnem vremenu in v toplih dneh, npr. na začetku junija ali v septembru.

Naloga 2: Obračanje tulca s kovinskimi kroglicami

Potrebščine: širok in dolg kartonski tulec s pokrovoma na obeh straneh (npr. dolžine okrog metra), kakih 20 ali

30 enakih kovinskih kroglic (npr. iz jekla ali svinca), infrardeči termometer, milimetrski merilni trak.

Potek poskusa: Pri tem poskusu preverjamo pretvorbo potencialne energije v notranjo. Če imamo primeren termometer, neposredno izmerimo temperaturo kroglic pred poskusom. Nato vložimo kroglice v tulec na enem koncu in tulec zapremo na obeh straneh. Z rokami hitro obračamo tulec za 180° , tako da kroglice kar naprej padajo z zgornjega konca na spodnji. Obrat naredimo nekajdesetkrat, npr. 30-krat. Zato naj ima tulec primerno dolžino, da ga ni težko obračati. Pri obračanju naj sredi tulca čim bolj miruje. Takoj po koncu obračanja naj se temperatura kroglic izmeri še enkrat.

Račun: Potencialna energija kroglic se pretvori v notranjo:

$$Nmgh = mc_k \Delta T. \quad (4)$$

Količine so: N = število zasukov tulca, m = skupna masa kroglic, g = težni pospešek, h = dolžina tulca, c_k = specifična toplota kroglic, ΔT = razlika temperature kroglic po koncu in začetku sukanja. Masa vseh kroglic se v enačbi (4) krajša, tako da je ni treba izmeriti. Iz enačbe (4) lahko izračunamo pričakovano spremembo temperature:

$$\Delta T = \frac{Ngh}{c_k}. \quad (5)$$

Če je merjenje temperature kroglic na začetku in koncu uspešno, se lahko izmerjeni rezultat primerja z izračunanim. V tabelah je treba najti specifično toploto uporabljene kovine za kroglice. Pričakovati je neujemanje izračunane in izmerjene temperaturne razlike, ker je težko narediti natančno meritev. Vendar je tu pomembnejša kvalitativna primerjava. Takšen poskus se izvaja npr. tudi pri eksperimentalnih vajah na fakultetah, npr. na Pedagoški fakulteti v Ljubljani.

Energijske pretvorbe s kroglicami se lahko analizirajo še podrobneje. Pravilen odgovor je npr. takšen. Tulec s silo pri obračanju pritiska na kroglice in opravi nanje delo, tako da se jim hitro poveča potencialna energija. Delo rok se namreč prenese na delo tulca, saj roke nimajo neposrednega stika s kroglicami. Med padanjem se potencialna energija kroglic pretvarja v kinetično. Ko kroglice padejo na dno, sila tulca (ali pa najnižjih kroglic na tiste, ki padejo nanje) opravlja na kroglice med njihovim hitrim ustavljanjem negativno delo, saj je sila nasprotna zelo kratkim premikom kroglic. Zato kroglice izgubijo kinetično energijo, natančneje: ta se pretvori v notranjo in kroglice se segrejejo.

Dodatni napotki: Temperaturna sprememba kroglic ni velika, npr. 3 K pri značilnem poskusu. Avtorja sva pripravila poskuse s kartonskimi tulci, ki so bili zaprti na obeh koncih z dvema prilegajočima se plastičnima lončkoma. Treba je paziti, da učenci izmerijo začetno temperaturo šele potem, ko stresejo kroglice v enega od lončkov. Dotik z rokami namreč dodatno segreje kroglice. Pri merjenju končne temperature se izognemo dotiku

kroglic z rokami, saj so v enem od lončkov. Infrardeči termometer je sicer v splošnem občutljiv na razne dodatne pogoje, npr. na emisivnost snovi v IR-območju. Ker pa delamo z istimi kroglicami pri obeh merjenjih temperatur, to ni težava. Poleg tega je bolj praktičen od navadnega termometra, ker ga ni treba potiskati med kroglice.

Naloga 3: Energijske pretvorbe pri nitnem nihalu

Potrebščine: vrvica, utež, milimetrsko ravnilo, trikotno merilo, kotomer, merilnik časa.

Potek poskusa: Cilj poskusa je primerjati povprečno in največjo hitrost uteži pri nihanju na vrvici. Utež naj se zasuka iz navpične mirovne lege za nek kot. Kotomera tu še ne potrebujemo. Za poznejši račun naj se pri tem izmerijo ustrezne dolžine: dolžina vrvice l , vodoravni odklon x_0 od navpičnice ter z uporabo trikotnega merila še navpični premik h navzgor glede na najnižjo lego uteži (slika 1). Dovolj bi sicer bilo izmeriti samo h poleg dolžine vrvice, vendar se x_0 izmeri za dodatno preverbo (glej račun spodaj). Nihalo se spusti, da zaniha, in pri tem se izmeri nihajni čas t_0 z meritvijo skupnega časa npr. 10 celih nihajev in delitvijo s številom 10.

Račun: Potencialna in kinetična energija uteži se pretvarjata ena v drugo. Potencialna energija naj bo nič, ko je lega uteži najnižja. Potencialna energija je največja v skrajni legi (točka C na sliki), kinetična energija pa je največja pri prehodu uteži skozi najnižjo lego, saj se je pri tem vsa potencialna energija pretvorila v kinetično. Na utež med nihanjem delujeta dve sili: sila teže $\vec{F}_g$ in sila vrvice $\vec{F}_v$. Sila vrvice ne opravlja nobenega dela, ker je ves čas pravokotna na premike uteži. Delo opravlja samo sila teže, vendar se to delo ne šteje posebej, ker imamo v enačbah potencialno energijo. Zato se ohranja vsota potencialne in kinetične energije uteži, če zanemarimo zračni upor in trenje v pritrdišču vrvice ter maso vrvic. Tako lahko tudi pri nihanju izračunamo hitrost uteži iz spremembe njene višine kot pri navpičnem prostem padu, čeprav je nihanje bolj zapleteno gibanje. Ustrezna enačba je:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_0^2. \quad (6)$$

Količine so: m = masa uteži, g = težni pospešek, h = višinska razlika uteži v skrajni legi glede na najnižjo lego, ko je vrvica navpična, v_0 = največja hitrost uteži, ko gre skozi najnižjo lego. Iz enačbe (6) lahko izračunamo največjo hitrost podobno kot pri prostem padu:

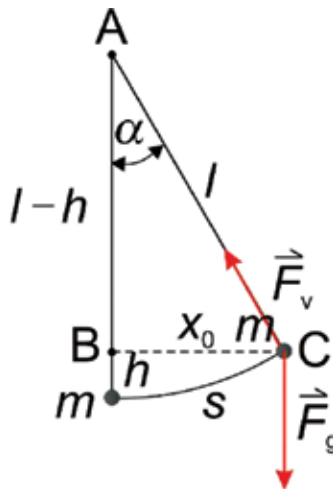
$$v_0 = \sqrt{2gh}. \quad (7)$$

Če je začetni odklik vrvic razmeroma majhen, je vodoravni premik uteži x_0 lahko precej večji od navpičnega premika h . Zato je mogoče vodoravni premik izmeriti zanesljiveje. Vendar je mogoče h tudi izračunati iz podatkov za l in x_0 po Pitagorovem izreku za trikotnik

ABC. Hipotenuza je $l = AC$, kateti pa sta $l - h = AB$ in $x_0 = BC$. Velja:

$$h = l - \sqrt{l^2 - x_0^2}. \quad (8)$$

S tem je mogoče oceniti natančnost meritve.



Slika 1: Geometrija pri nalogi 3.

Naslednji korak je izračun povprečne hitrosti v_p med gibanjem uteži. Za to potrebujemo podatka za nihajni čas in dolžino loka s , ki ga opiše utež med eno skrajno lego in najnižjo lego. Da izračunamo s , izmerimo najprej kot α v krogu, ki ustreza temu loku. S slike 1 in izmerjenih podatkov naj se v pomanjšanem merilu prenese trikotnik na papir, tako da je novi trikotnik ABC podoben prvotnemu trikotniku pri poskusu. Temu kotu in loku ustreza četrtnina nihajnega časa. Dolžina loka je:

$$s = \frac{\alpha}{360^\circ} \cdot 2\pi l. \quad (9)$$

Povprečna hitrost je:

$$v_p = \frac{s}{t} = \frac{\frac{\alpha}{360^\circ} \cdot 2\pi l}{\frac{t_0}{4}} = \frac{\alpha}{45^\circ} \cdot \pi \cdot \frac{l}{t_0}. \quad (10)$$

Zahtevnejši račun pokaže naslednje razmerje med obema vrednostma hitrosti, če odkloni vrvic od navpične lege niso veliki:

$$\frac{v_p}{v_0} = \frac{2}{\pi}. \quad (11)$$

Učenci naj doma preverijo, kako blizu tega količnika so prišli s svojimi poskusi sami.

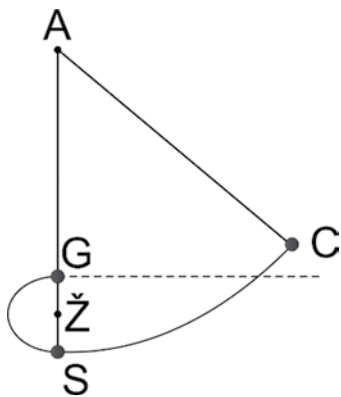
Dodatni napotki: Posebej za ta poskus, katerega matematična interpretacija je zahtevnejša, je priporočljivo, da učitelj prej pripravi učno gradivo za učence, vendar le z najbolj ključnimi enačbami od zgoraj navedenih. Če učitelj oceni, da je račun povprečne hitrosti manj potreben, naj se omeji na maksimalno hitrost v_0 . Enačbi (7) in (8) za učence devetega razreda nista prezahtevni, saj že poznajo korenjenje in Pitagorov izrek.

Naloga 4: Energija pri »prelomu« nihanja nitnega nihala

Potrebščine: vrvica, utež, palica z žebliema (eden za pritrditev vrvice, drugi za prelom nihanja) milimetrsko ravnilo, trikotno merilo.

Potek poskusa: Poskus je kvalitativen, brez računanja. Utež z vrvico se odkloni od ravnovesne lege (slika 2). Nihalo se spusti z lege C, da zaniha. V navpični legi vrvica zadene ob spodnji žebelj (oznaka Ž na sliki), tako da se nihanje prelomi. V tem trenutku je utež v spodnji legi S. Spodnji, krajši del vrvice z utežjo se giblje naprej. Če je začetni odklon nihala dovolj velik, se spodnji del vrvice z utežjo zavrti za cel krog okrog žeblja in se zavrti še večkrat, tako da se vrvica navije okrog žeblja. Cilj poskusa je poiskati ravno tolikšen začetni odklon, da utež doseže zgornjo točko G na sliki in se potem vrti naprej. Učenci naj skušajo na osnovi sklepanja o energiji in opazovanja poskusa sami vsaj okvirno ugotoviti pogoj za to, da se spodnji del vrvice zavrti.

Natančnejši odgovor je nekaj težji. V mejnem primeru, ko utež preide točko G, mora imeti neko najmanjšo hitrost v , da ostane vrvica napeta in se utež vrti naprej okrog točke Ž. Označimo razdaljo med G in Ž ali med Ž in S z r (radij kroženja; to je hkrati dolžina dela vrvice pod žebliem ali oviro, če vrvica z utežjo prosto visi). Višina začetne točke C nad vodoravnico skozi točko G pa naj bo h . V mejnem primeru mora v točki G veljati enakost centripetalne sile in sile teže: $\frac{mv^2}{r} = mg$. Iz te enačbe in iz pogoja, da je začetna potencialna energija uteži v legi C enaka vsoti potencialne in kinetične energije v točki G, lahko izračunamo $h = \frac{1}{2}r$. Minimalna višina začetne točke C mora biti vsaj za polovično razdaljo ŽG ali ŽS nad višino točke G, da se vrvica z utežjo v celoti zavrti okrog žeblja Ž.



Slika 2: Prelom nihanja.

Dodatni napotki: Namesto zabijanja žeblijev v deblo lahko dva učenca trdno tiščita dve primerno debeli palč-

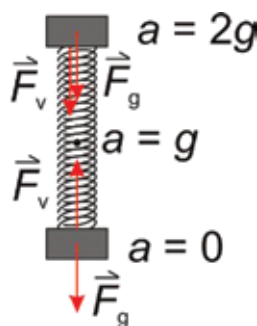
ki ob deblo. Tako sva izvedla poskus z učenci avtorja. Treba je le paziti, da sta palčki čim bolj vodoravni, vzporedni in točno ena pod drugo. Učenca pa se morata postaviti tako, da ne ovirata nihanja. Tretji drži in spusti nihalo, četrti pa označuje lege začetne točke C. Učencem je treba pustiti nekaj iniciative pri tem, da pokažejo iznajdljivost.

Naloga 5: Prosti pad z vzmetjo povezanih uteži

Potrebščine: dve enaki uteži, vijačna vzmet, pametni telefon z možnostjo snemanja v počasnem posnetku.

Potek poskusa: Poskus je kvalitativen. Enaki uteži v navpični legi povežemo z vzmetjo. Zgornjo utež učenec drži in počaka, da se vzmet s spodnjo utežjo umiri (slika 3). Zgornjo utež izpusti, da začne ves sistem uteži in vzmeti prosto padati. Še pred začetkom poskusa naj učenca sami poskusijo ugani, kako se bosta uteži gibali tik po izpustitvi iz rok. Eden od učencev naj naredi na pametnem telefonu film gibanja sistema. Potem si ga skupina skupaj ogleda. Zanimiv je predvsem začetek gibanja sistema. Čeprav s prostim očesom ni videti česa posebnega, ker je gibanje prehitro, pa nam posnetek pokaže nekaj zanimivega. V prvih trenutkih spodnja utež miruje, čeprav ves sistem prosto pada, zgornja utež pa se giblje z dvojnimi težnim pospeškom. Da se to lepše primerja, morda še en učenec drži eno samo utež tik ob zgornji uteži (na enaki višini), oba učenca pa uteži izpustita hkrati.

Rezultat poskusa je mogoče lepo razložiti s silami. Dokler sistem miruje, na vzmet deluje spodnja utež s silo teže $F_g = mg$. Sila se prenese po vzmeti, saj je ta raztegnjena, zato vzmet z enako silo deluje na zgornjo utež. Na zgornjo utež deluje še lastna teža. Zato zgornja utež čuti dvojno težo. Dokler učenec drži zgornjo utež, sila roke uravnoveša dvojno težo. Ko pa jo izpusti, v trenutku deluje na zgornjo utež dvojna teža, zato se začne gibati s pospeškom $2g$. Nasprotno pri spodnji uteži še napeta vzmet uravnoveša njeno težo, zato je njen trenutni pospešek enak nič.



Slika 3: Sistem dveh enakih uteži z vzmetjo in sila nanju tik po tem, ko učenec izpusti sistem. Pika sredi vzmeti označuje masno središče sistema uteži, ki se giblje s težnim pospeškom.

Težišče sistema, ki je na razpolovišču vzmeti, pa pada s težnim pospeškom. To lahko razložimo še na naslednji način. Na pospešek težišča sistema več teles (v našem primeru dveh uteži, saj maso vzmeti zanemarimo) vplivajo samo zunanje sile. Vzmet deluje z notranjima silama na obe uteži, ki sta nasprotno enaki, zato na gibanje težišča ne vplivata. Sklep je potem, da na skupno maso obeh uteži $2m$ deluje skupna sila teže $2F_g$, zato se sistem kot celota res giblje s pospeškom g , obe uteži pa nihata glede na skupno težišče zaradi vzmeti. Z vidika energije povzamemo, da se potencialna energija celotnega sistema pretvarja v kinetično, če gledamo samo gibanje težišča. Pri gibanju posameznih uteži glede na težišče pa se med seboj pretvarjajo potencialna, kinetična in prožnostna energija. Zadnja razlaga je primernejša za srednješolsko raven, vsekakor pa je celoten poskus zanimiv tudi za dijake. Gibanja obeh uteži ni težko posneti na pametnem telefonu, predvajanje upočasnjenega filma pa lepo pokaže, da spodnja utež na začetku res miruje.

Dodatni napotki: Za ta poskus je boljše, da učitelj poda razlago in morda razdeli učni list skupaj s sliko 3 učencem šele po opravljenem poskusu. Namen poskusa je namreč tudi presenečenje, to pa vedno stimulatивно vpliva na pomnjenje. Kvečjemu najbolj nadarjeni učenci bodo vnaprej uganili, kaj se bo pri poskusu zgodilo. Posneti film naj se pokaže vsem učencem: takoj po poskusu kar s telefona, pozneje pa morda v šoli prek računalnika in projektorja.

3 Potek učilnice in izkušnje

Borov gozdček (TD)

Učilnice v Borovem gozdčku se je 1. 6. 2022 v okviru tehniškega dneva (TD) udeležilo 45 učencev razredov

9. a in 9. b Osnovne šole Solkan, z njimi pa sta poleg obeh avtorjev članka (Mojca Milone poučuje na tej šoli fiziko in tehniko) delali še učiteljica za matematiko in fiziko ter učiteljica za matematiko in tehniko, tudi s te šole. Prisotna je bila še učiteljica za biologijo in računalništvo, ki je skrbela za fotografiranje dogodka. Delo je skupaj trajalo točno dve uri, izvedli pa smo prve štiri poskuse (brez poskusa z vzmetjo in utežema), ponekod z nekaterimi majhnimi spremembami zaradi prilagajanja naravnim okoliščinam. Omeniti velja npr., da smo uporabili dva termometra z infrardečo kamero in sta se izkazala za praktična pri prvih dveh poskusih. Pri nekaterih poskusih pa so učenci uporabili tudi pametne telefone, npr. za posnetek vrtenja uteži pri nihanju s prelomom. Skupine učencev so se pri poskusih izmenjevale (rotacija), vsak od štirih vodij poskusov pa je bil zadolžen za en poskus na primernem mestu. Zaradi rotacije je bil za vsak poskus predviden enak čas: pol ure. Znotraj vsake skupine učencev, ki je sodelovala pri danem poskusu, so se učenci spet razdelili na manjše skupine, tako da je vsaka po kratkih učiteljevih napotkih in navodilih na lističih delala samostojno. Koliko učencev je bilo v eni takšni podskupini, je bilo odvisno predvsem od razpoložljivih eksperimentalnih pripomočkov. Pri prvih dveh kalorimetričnih poskusih sta bila po dva učenca v skupini, pri obeh poskusih z nihanjem pa od tri do pet. Prvi, kvalitativni vtis vodij poskusov je bil, da so učenci delali zavzeto in z zanimanjem, bilo pa je dovolj časa, tako da so se lahko vmes tudi nekoliko pozabavali. Na splošno so izjavili, da bi moralo biti takšnih učnih ur na prostem več. V svojih ocenah so opozorili tudi na to, kar še manjka predvsem s tehnične plati, npr. več klopi v gozdčku za lažje delo. Da je bilo vse bolj pestro, je organizatorica TD, avtorica Mojca Milone, pripravila nekaj dodatnih stvari, npr. kratek opis poskusov na lističih, ki so bili za



Slika 4: Fotografije izvedbe prvih štirih poskusov v Borovem gozdčku.

Avtorica fotografij: Andreja Velušček, OŠ Solkan.

vsak poskus drugačne barve. Nekaj fotografij poteka te učilnice je prikazanih na sliki 4. Čeprav petega poskusa tokrat nismo izvedli, pa ga je mogoče kot zanimivost na hitro demonstracijsko prikazati na koncu, za popestritev delavnice.

Že iz štirih fotografij je razvidnih nekaj dodatnih podrobnosti in posebnosti. Pri prvem poskusu smo za merjenje prostornine vode uporabili menzuro, kar je najbolj praktično. Z njo so učenci zajeli vodo iz bajerja in jo nalili v plastično posodico, kjer se je segrevala. Temperaturna razlika je bila le nekaj kelvinov zaradi majhne površine sončnim žarkom izpostavljene gladine. Zato priporočamo širšo in plitvejšo posodico. Za merjenje temperature bi seveda lahko uporabili tudi navaden termometer. Pri drugem poskusu s tulci in kroglicami smo učencem naročili, naj skušajo držati sredino tulca med obračanjem čim bolj pri miru. Vendar tudi če jim to ni točno uspevalo, kvalitativnih sprememb pri izidu poskusa ni pričakovati. Kot je že omenjeno v prejšnjem razdelku, je temperaturna razlika nekaj kelvinov, natančnost pa po pričakovanju ni bila velika. Že zato je priporočljivo, da za primerjavo naredi poskus več učencev. Ta poskus se jim je zdel najbolj zabaven, morda zaradi nekoliko »rekreacije«. Pri poskusu z merjenjem nihajnega časa so učenci našli razne nosilce, npr. vejico, kot je videti na sliki. Pri četrtem poskusu (četrti fotografija) se vidi uporaba palčk: ene za pritrdišče nihala in druge za oviro. Debla niso vsa navpična, zato je treba toliko bolj paziti na poravnano palčk. Zgornja je na sliki trenutno nagnjena, vendar so jo učenci poravnali. Za kvalitativne ugotovitve je dovolj ravnilo. Nekateri učenci pa so se znašli in lego palčk ter nihala pred spustom fotografirali. S slike je mogoče potem ugotoviti začetni naklonski kot vrvice. Učenci so intuitivno ugibali, da je ključni podatek prav ta kot. Zato jih je bilo treba opozoriti, naj izmerijo tudi dolžino vrvice in razmik med palčkama.

Venišče (Tabor)

Učilnice v Veniščah v okviru tabora preživetja v naravi so se udeležili nekateri učenci Osnovne šole Renče. Po oceni je pri fizikalnih poskusih sodelovalo med 40 in 50 učencev, to pa je bila prostovoljna dejavnost med odmorom. Tabor je sicer trajal od petka do nedelje, fizikalna popestritev pa je bila v soboto, 11. 6., zvečer. Pri poskusih je bilo poleg obeh avtorjev članka tudi nekaj učiteljev OŠ Renče, med njimi učitelja fizike in matematike. Ker je bilo na voljo manj časa, kako uro, smo izvedli tri drugačne dejavnosti: (1) obravnavo iz lepenke že narejenih Platonovih teles, (2) zgoraj opisano nalogo z obračanjem tulcev s kroglicami, (3) ugotavljanje lege težišča iz lepenke izrezanih poljubnih likov. Učenci so po skupinah sodelovali v vseh treh dejavnostih.

Nekaj dodatne razlage zahtevajo tu le Platonova telesa. Teh je pet: tetraeder, kocka, oktaeder, dodekaeder in ikozaeder. Naloga učencev je bila, da vsaka skupina za svoje telo prešteje robove (število R), ploskve (P) in

oglišča (O) ter preveri enačbo $R = P + O - x$, kjer je $x = 2$, kar so morali ugotoviti sami. Vse skupine so prišle do pravilnega rezultata. Da se posebej pri dodekaedru in ikozaedru ne bi zmotili pri štetju, so preštete robove, ploskve in oglišča označevali s pisali. To je bila navezava na pomembnost simetrije v naravi in znanosti, npr. na tetraedrsko simetrijo pri molekuli CH_4 , pokazali pa smo jim tudi model molekule C_{60} , ki jih je takoj spomnil na nogometno žogo.

Povratna informacija s tega tabora je bila pozitivna: tako učenci kot učitelji so bili s fizikalno delavnico zadovoljni, prijetno presenečenje pa so jim pomenila tudi Platonova telesa. Tudi učiteljem se je zdelo štetje pri teh telesih zabavno in so se pridružili učencem. Avtorja domnevava, da je to tudi zaradi zapletene strukture predvsem dodekaedra in ikozaedra, ker ima prvi 12, drugi pa 20 ploskev. Avtor Ambrožič, ki je pripravil plašče teh teles, ugotavlja, da je potrebne dovolj natančnosti in potrpežljivosti, da se ploskve v prostoru lepo ujamejo. Da ni prevelikega zvijanja in morda mečkanja, je lepenka boljša od navadnega papirja, robovi pa se povežejo z lepilnim trakom.

4 Sklep

V okviru občinskega participativnega proračuna smo vzpostavili učilnico na prostem (v Borovem gozdičku v Novi Gorici). Prve izkušnje so obetavne, saj je bil odziv učencev nanjo pozitiven. Doslej sva avtorja izvedla le dve takšni delavnici oziroma tri, če štejemo tista dneva v letu 2021 dvakrat. Avgusta 2022, po teh delavnicah, je bila učilnica na prostem tudi dokončno opremljena: z nepremično opremo (nosilec za prenosno tablo, dve mizi, nizka podlaga za postavljanje poskusne opreme itd.) in veliko dodatnimi učili. Ta so shranjena v občinski stavbi, da jih ni treba prinašati iz šol. Med njimi so kompasi, daljnogledi, povečevalna stekla, komplet za preučevanje prsti, Ph-meter, tablice z imeni dreves, ki rastejo v Borovem gozdičku, lesene podlage, ki si jih lahko učenci naslonijo na kolena za pisanje namesto mize, itd. Avtorja sva sicer pri prijavi projekta podala samo nekaj konkretnih predlogov za teme pri različnih predmetih, da besedilo ne bi bilo predolgo. Vendar pa so med plodnimi dogovarjanji z nekaterimi občinskimi uslužbenci in predvsem z več učitelji OŠ Solkan sproti nastajale nove zamisli. Tako je vsaj za naravoslovne predmete z novimi učili postal nabor tem zelo pester. Na primer, veliko je možnosti za delo z učenci tudi v nižjih razredih, ne le v zadnjem triletju. Avtorja predlagava učiteljem fizike npr. naslednje poskuse v naravi poleg zgoraj opisanih: (1) merjenje nihajnih časov nitnega in vzmetnega nihala za različne parametre nihala, (2) kotaljenje kroglice po žlebu z majhnim nagibom in ugotavljanje pospeška, (3) navpični met majhne žoge in merjenje časa njenega gibanja, (4) račun centripetalne sile, če en učenec na napeti vrvi hitro kroži okrog drugega, (5) spuščanje dveh različno težkih kamnov iz rok in ugotavljanje sočasnosti padca na tla itd. Možnosti je zelo veliko, za različne stopnje,

odvisno tudi od domišljije učiteljev. Začela se je graditi tudi spletna stran za to učilnico: za informacije v zvezi z organizacijo, rezervacijo terminov, za razna gradiva in opis izkušenj ter drugo. S tem člankom pa hočeva avtorja opozoriti tudi ravnatelje šol po Sloveniji, da je mogoče z organiziranim sodelovanjem in z nekaj navdušenja kaj podobnega mogoče izpeljati tudi v njihovem okolju.

Seveda ima takšna učilnica na prostem tudi slabosti. Predvsem je odvisna od vremena. Na primer, za konec septembra smo načrtovali uradno odprtje z novinarji, pa je bila zaradi dežja preložena. Drugič, zanjo je zaradi prihoda in odhoda iz šole potrebnega več časa in tudi spremstvo učiteljev.

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] *Razvoj naravoslovnih kompetenc*. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor. Dostopno na: <http://kompetence.uni-mb.si/>
- [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., & 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] Repnik, R. (2012). *Uspešnost tradicionalnih učnih metod pri vnašanju sodobnih znanstvenih dognanj v osnovnošolski pouk fizike. Doktorska disertacija*. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za fiziko, Maribor.
- [11] Osnovna šola Solkan (2017). *Fizika je zakon*. Dostopno na: <http://sola-solkan.splet.arnes.si/2017/09/29/fizika-je-zakon/>
- [12] Repnik, R., Ambrožič, M. (2018). Practical School Experiments with the Centre of Mass of Bodies. *CEPS Journal*, 8 (1), 97–116.
- [13] Milone, M., Ambrožič, M., Batagelj, O., Batagelj, A. (2018). Tehnični dan Fizika v šoli. *Fizika v šoli*, 23 (2), 16–24.
- [14] Repnik, R., Osrajnik, D., Klemenčič, E. (2020). Terensko delo pri pouku fizike. *Fizika v šoli*, 25 (1/2), 8–15.
- [15] Borov gozdiček – učilnica na prostem. Predlog projekta v okviru programa Odločamo skupaj (Mestna občina Nova Gorica). Dostopno na: [Odločamo skupaj - Mestna občina Nova Gorica \(nova-gorica.si\)](http://odlocamo-skupaj-nogorica.si/)
- [16] Borov gozdiček – učilnica na prostem. Prispevki matične šole. Dostopno na: [Borov gozdiček – učilnica na prostem \(sola-solkan.si\)](http://borovgozdicek-nogorica.si/)
- [17] Delovni listi (Učilnica Borov gozdiček). Dostopno na: <https://ucilnicaborovgozdicek.splet.arnes.si/delovni-listi/>
- [18] Fizikalni poskusi, BG, učilnica na prostem. Dostopno na: <https://ucilnicaborovgozdicek.splet.arnes.si/658-2/>