

Cijena istraživačke nastave fizike

Dubravka Salopek Weber

OŠ Mate Lovraka i OŠ Horvati

Sažetak. O potrebi osuvremenjivanja nastave fizike intenzivno se govori već više od jednog stoljeća. Malo koji nastavnik danas zna da su u Einsteinovoj čudesnoj 1905. godini u talijanskom gradu Meranu održane konferencije na kojima se, vjerojatno prvi put tako organizirano, govorilo o potrebi reformiranja obrazovnih sustava i svih nastavnih programa. Još je tada zaključeno da je nastava fizike bezvrijedna ako se ne temelji na promatranju i eksperimentu te da su za tu svrhu potrebne planski organizirane vježbe. To nije nikada u potpunosti realizirano. Već se više od jednog stoljeća govori o financijskim zaprekama za provođenje navedenih zaključaka i o problemima fakultetskih programa koji studente ne pripremaju za istraživačku nastavu. Više nema svrhe analizirati prednosti istraživačke nastave, ni tražiti često skuplje alternative. Ono što je nužno jest analiza spomenutih zapreka za njeno održavanje, prije svega one financijske. U radu su predloženi eksperimenti koje bi učenici u osnovnoj školi morali obvezno sami izvoditi, kao i neki demonstracijski. Najveći je dio tih eksperimenata primjenjiv i za srednju školu, učenici starijeg uzrasta mogu izvući više zaključaka iz izvedenih vlastitih ili demonstracijskih mjerenja, posebno ako su u osnovnoj školi tako radili. Osim prijedloga obveznih eksperimenata dan je i troškovnik za nabavu opreme, kao i savjeti gdje ju je povoljnije nabavljati, a kada ne treba štedjeti, jer je cilj opremu koristiti što dulje. Opremljenost hrvatskih škola je vrlo različita, ali gotovo svaka ima nešto opreme. Autorica je radila u tri osnovne škole, dvije su u Zagrebu, a jedna je u Ogulinu. U svakoj je od njih zatekla opremu za fiziku u lošem stanju, prašnjavu i nabacanu bez reda u starim ormarima, jer ju desetljećima nitko nije koristio, a jednom je bila skupo plaćena. Dobar je dio bio iskoristiv, a ono što je nedostajalo moglo se je u svakoj školi pomalo nabaviti već za nekoliko godina. U prethodnim je reformama propušteno napraviti analizu zatečenog stanja koju bi pratio troškovnik nabave opreme koja bi u svim školama omogućavala učenicima da barem povremeno sami istražuju. Možda su ovo posljednji trenutci da se iz europskih fondova pokušaju izvući sredstva namijenjena toj svrsi.

Cljučne riječi: istraživačka nastava, troškovnik

UVOD

Tijekom 20. stoljeća održano je nekoliko velikih međunarodnih skupova kojima je tema bila poboljšanje nastave, a time i nastave prirodnih predmeta. Na Meranskim konferencijama, na kojima se razmatrala problematika nastave prirodnih predmeta i matematike u njemačkim srednjim školama, je još 1905. godine zaključeno da se nastava fizike mora temeljiti na promatranju i eksperimentima, da se za poučavanje fizike moraju planirati eksperimentalne vježbe te da ju se ne smije smatrati primijenjenom matematikom [1,2]. U drugoj polovici 20. stoljeća sazivaju se brojne međunarodne konferencije čija je svrha bila rješavati pitanja u vezi prirodnih znanosti. U listopadu 1956. UNESCO je u Hamburgu sazvaio jednu takvu konferenciju čiji je glavni zaključak bio da prirodne znanosti moraju činiti barem 15 posto nastave [1]. U Göttingenu je već iduće godine održana konferencija na kojoj su dani konkretni prijedlozi u vezi održavanja nastave prirodnih predmeta, prosvjetnim je vlastima savjetovano kako treba pripremati kandidate na fakultetima koji obrazuju učitelje, a državama je dana uputa da se stvore materijalni uvjeti za provođenje nastave temeljene na promatranju i istraživanju [1]. UNESCO već 1958. godine u Parizu održava Europsku konferenciju o problemima nastave. Zaključci s te konferencije održane prije 59 godina su gotovo jednaki onima u aktualnim reformama obrazovanja. Ovo su ti zaključci [1]:

1. Nastavne programe prirodnih znanosti potrebno je pojednostaviti i uže povezati.
2. Prirodne znanosti treba učiti tijekom cijelog školovanja.
3. Obrazovan čovjek posjeduje elementarna znanja iz prirodnih znanosti i one imaju veliko odgojno značenje.
4. Treba uspostaviti ravnotežu između praktične primjene znanosti i teoretskog obrazovanja.
5. U nastavi treba voditi računa o psihološkom i fizičkom razvoju učenika kao pojedinca.

Na žalost, u proteklim desetljećima najčešće nismo uspjeli od učenika napraviti aktivnog sudionika nastave, niti su propisane i sistematizirane praktične vježbe koje bi učenik sam morao izvoditi u svrhu istraživanja propisanih nastavnih sadržaja ili koje bi se demonstrirale. Na svjetskoj je razini bilo pokušaja takvih sistematizacija, jedan je doživio 700.000 izdanja [4]. Vjerojatno su te svjetske konferencije imale nekog utjecaja na opremanje škola jer su škole sagrađene sedamdesetih godina prošlog stoljeća imale prilično dobro opremljene kabinete fizike. Na žalost, sustavna edukacija učitelja o redovitoj primjeni te opreme je izostala i često je ta oprema ostala neiskorišteno blago skriveno u prašnjavim ormarima.

U radu su po cjelinama predloženi pokusi koje bi učenik osnovne škole morao izvoditi samostalno, u paru ili timu. Cjenik potrebne opreme za učeničke eksperimente je napravljen za pet grupa, što je razumna podjela zbog sve manjih razreda. U cjeniku je i oprema za demonstracijske pokuse. Nisu spomenuti neki zanimljivi pokusi koji se izvode s improviziranom opremom. Nedostatak opreme i sredstava često u prvi plan stavi predavačku nastavu. Zato je naglasak ovog rada na pokusima koji bi se u osnovnoj školi trebali redovito izvoditi i na cijeni pribora potrebnog za njih. U tablici.1. je naveden sav pribor koji se spominje u tekstu, kao i maloprodajna cijena tog pribora.

SEDMI RAZRED

Tijela i tvari

Duljina, površina, obujam, masa, gustoća i čestični sastav tvari

Učenici s duljinom imaju iskustva, ali je u praksi rijetko mjere što dovodi do nesnalaženja s najosnovnijim mjernim jedinicama. Već na mjerenju duljine učenici moraju shvatiti da mjerenja moraju biti točna i da ih ne smiju shvatiti kao formalnost. Učenici OŠ Mate Lovraka i OŠ Horvati već na prvom satu obvezno izvode tri mjerenja na temelju kojih se provodi rasprava. Prvo trokutom izmjere duljinu udžbenika za fiziku koji je formata A4. Veliki broj učenika sedmog razreda mjerenje ne izvede točno. Često zaokruže na 30 centimetara ili pogriješe zbog premještanja trokuta. Drugo mjerenje izvode dva učenička para koji metarskom vrpcom mjere duljinu učionice, pri čemu se rijetko dobije isti rezultat. Treće je određivanje debljine lista u udžbeniku pomoću trokuta, što je jednostavno mjerenje, ali zbuni većinu učenika. Malo se njih dosjeti da trebaju mjeriti debljinu cijelog udžbenika.

Većina učenika sedmog razreda zna formule za površinu pravokutnika i kvadrata, ali ne zna pretvarati jedinice za površinu. Zato je jako bitno mjeriti i računati površinu ploha koje učenici imaju u najbližem okruženju, udžbenika, klupe ili učionice. I na tome vježbati pretvaranja mjernih jedinica. Jednako vrijedi za obujam.

Obujam učenici moraju mjeriti sami. Ukoliko škola nema menzure najjeftinije ih je kupovati u poljoprivrednim apotekama, cijena im je oko 10 kuna i ima ih u različitim veličinama. Dodatna je pogodnost što su plastične. Za kasnija mjerenja treba imati i nekoliko vatrostalnih mjernih čaša.

Za mjerenja mase treba imati digitalnu vagu. Princip rada polužne vage se mora pokazati, ako učionica ima takvu vagu. Učenicima je zanimljivo kad shvate da pomoću lista papira, kojem je masa oko 6 grama, mogu praviti manje utege. Ali za kasnija mjerenja važno je imati digitalnu vagu. Te su vage sada jako jeftine, mogu se naći već za 50 kuna.

Istraživanje gustoće je dobro započeti pokusom u kojem učenici u grupi, ili u paru, određuju obujam utega poznate mase. Dok oni mjere učitelj treba na ploči ili na računalu pripremiti tablicu u koju će oni upisivati količnike mase i obujma. Uspoređivanjem tih količnika učenike se treba dovesti do pojma gustoće. U ovoj vježbi učenici često prvi put, uspoređivanjem svih rezultata, uoče da neka mjerenja treba ponavljati ili isključiti iz analize. U kasnijim se predavanjima često vraćam na prethodne rezultate pa učenici, na primjer, računaju masu zraka u učionici, pri čemu koriste podatke o obujmu koje su dobili u prijašnjim mjerenjima.

Čestični sastav tvari je tema koju se može istraživački obrađivati jedino uz kvalitetnu raspravu. Jedan od najprikladnijih pokusa za uvod u tu raspravu je miješanje alkohola i vode.

Na kraju ove cjeline učenici bi trebali prvi put raditi praktični rad za ocjenu. Učenici OŠ Mate Lovraka i OŠ Horvati dobiju dva zadatka, određivanje gustoće kamena i određivanje mase, obujma i gustoće sitnog predmeta. Rade u grupama ili parovima, ali svaki učenik vodi svoje bilješke koje na kraju sata ostavlja na pregled i obvezno ih treba ocijeniti.

Međudjelovanje

Sila, elastična sila, sila teža, težina, trenje, ravnoteža i težište, poluga, tlak

Učitelj svakako mora demonstrirati djelovanje svake navedene sile. Za demonstraciju magnetske sile potrebno je imati dobar štapičasti magnet i magnetsku iglu koji se koriste i u osmom razredu, za istraživanje elastične sile treba opruga, a pribor za demonstraciju ostalih sila koje se spominju je potrošni materijal, poput balona kojima se lako demonstrira električna sila.

Opruga kojom se istražuje elastična sila treba biti veća, duljine barem dvadeset centimetara i treba biti postavljena tako da ju svi učenici mogu vidjeti. Dobro ju je učvrstiti na ploču i na samoj ploči bilježiti njena produljenja. Učenici su do tada obradili proporcionalnost u matematici i na fizici možemo početi s razvijanjem njihove grafičke pismenosti, odnosno tek se sada može očekivati da će oni iz grafikona moći donositi zaključke o odnosu dviju fizikalnih veličina. S dobrim razredom pokus s oprugom mogu izvoditi učenici u grupama, ali ako je sastav razreda zahtjevan, što je čest slučaj, bolje ga je izvesti demonstracijski.

Jednako je s pokusima kojima se istražuje trenje. Drveni kvadri postoje u svim školama, obično ih je više nego što trebamo, ali bolji se rezultati često dobiju pomoću improviziranog pribora. U opremi škole treba biti nekoliko dinamometara, jedan jači, mjernog područja do barem 20 njutna i 4 od 2 njutna jer takvi su dinamometri dio pribora za učenička natjecanja.

Vrste ravnoteže se mogu demonstrirati pomoću običnog ravnala, a s njim se lako demonstrira i položaj težišta nehomogenog tijela. Efektan pokus koji zabavlja učenike je demonstracija pokušaja ustajanja sa stolice, ako leđa ostanu priljubljena uz naslon. Na ovaj se je pokus dobro vratiti nakon što se obradi poluga i krak sile jer je tada još razumljiviji. Učenicima se može zadati da za domaću zadaću odrede težište nepravilnog komada kartona, ali onda im taj rad treba pregledati i ocijeniti.

Polugu se može započeti primjerima ravnoteže s utezima različite težine, ali svakako treba dodati primjere iz svakodnevnog života. Dobro je učenicima pokazati koliko je teže otvarati vrata učionice ako se guraju blizu oslonca, a ne na suprotnom kraju. Tako mogu sami osjetiti, ili čak izmjeriti, razlike u silama kad se promijeni krak sile.

Klasični pokus s obradom tlaka je pokus sa stolićem i pijeskom, ali jednako koristan može biti razgovor o svakodnevnim situacijama kroz koji učenici sami prepoznaju vezu sile, tlaka i površine. Nakon takvog razgovora može ih se tražiti da sami zaključe o čemu tlak ovisi i kako će se računati i dobar dio njih uspije sam doći do formule za tlak.

Energija

Rad, energija, snaga

U ovoj cjelini ne bih preporučila pokuse koji bi mogli samo zbuniti učenike, već puno razgovora o primjerima iz svakodnevnog života iz kojih oni mogu shvatiti vrste, pretvorbe i prijelaze energije, rad i snagu. Pokusi poput podizanja utega malim elektromotorom koji je spojen prvo na jednu, a zatim na dvije baterije od 4,5 volta, kakav je opisan u radnoj bilježnici po kojoj sada radim jako zbunjuju učenike i bolje ih je izbjegavati. Ovo je cjelina u kojoj imam najmanje pokusa. Ali do svih formula dolazim kroz razgovor s učenicima i na ploču ih napišem tek kad dobar dio njih zaključi kako one izgledaju.

Unutarnja energija i toplina

Unutarnja energija, toplina i temperatura

Uvod u ovu cjelinu može biti ponavljanje pokusa s miješanjem alkohola i vode praćen simulacijom na računalu u kojoj je prikazan raspored čestica u različitim agregatnim stanjima, nakon čega slijedi razgovor koji će pomoću znanja iz prethodne cjeline o energiji pomoći učenicima u razumijevanju pojma unutarnje energije. Pokusi s ispitivanjem toplinske vodljivosti se mogu izvoditi demonstracijski, ali ih svakako treba povezati s primjerima iz svakodnevnog života.

Istraživanje topline počinjemo pokusom u kojem se električnim grijačem poznate snage zagrijava litra vode i prati promjena temperature. Iz grafičkog prikaza te promjene učenici lako zaključe da je ta promjena proporcionalna s dovedenom toplinom. Potreban pribor je grijač poznate snage, vatrostalna čaša od 1000 cm³, termometar i zaporni sat.

Tema *Razmjene topline* je izborna tema koju dobar dio učitelja obrađuje na redovnoj nastavi jer su zadaci s pravilom smjese česti na natjecanjima. Njeno istraživanje učenici mogu izvoditi u grupama koje miješaju različite količine tople i hladne vode i računaju i uspoređuju primljenu i izgublenu toplinu. Sve grupe prezentiraju svoje rezultate i uspoređuju ih.

Pred kraj ove cjeline učenici OŠ Mate Lovraka i OŠ Horvati u grupnom radu ili u parovima izvode pokus u kojem određuju snagu svijeće, električne ploče ili alkoholnog plamenika pri čemu moraju komentirati korisnost takvog načina zagrijavanja i načine da se ta korisnost poboljša. Alkoholni plamenici nisu nužni, kao ni električna ploča. Pokus se može izvoditi samo sa svijećama.

OSMI RAZRED

Električna struja

Strujni krug, električni vodiči i izolatori, spajanje trošila, učinci električne struje, električni naboji i njihovo međudjelovanje, nositelji struje, mjerenje električne struje, električni napon, elektromagnetska indukcija, rad i snaga električne struje, električni otpor i Ohmov zakon, zaštita od električnog udara

Ova je cjelina učenicima koji vole praktične radove jedna od omiljenih. Čak i oni sa slabijim znanjem vole spajati strujne krugove što im nastavnik može nekoliko puta omogućiti. Ispitivanje vodljivosti je najčešće njihov prvi mali istraživački rad za koji treba pripremiti materijale koji će pobuditi njihov interes. Učenicima je zanimljivo utvrditi da grafitni dio olovke vodi struju, a onaj u drvenoj bojici ne. Zanimljivo im je i ispitivanje vodljivosti metalnih dijelova klupa i stolica koji ne vode struju kad su premazani bojom. Pokuse s vodom je bolje

izvoditi demonstracijski. Pokus sa slanom vodom je poželjno izvesti još dva puta, prvi put kad se demonstrira kemijski učinak električne struje, a drugi put kad govorimo o ionima kao nositeljima struje u tekućinama i tek se u tom trećem izvođenju može dobro analizirati.

Istraživanje električnog naboja treba početi demonstracijskim pokusima kakve je opisao Tales. Elektroskop je nužan dio opreme i kod obrade električnog naboja i kad uvedemo pojam slobodnih elektrona. Pomicanje kazaljke kad je blizu kugle naelektriziran štap pokazuje učenicima da u metalima ima pomičnog naboja na koji utječe električno polje drugog tijela.

U temi Mjerenje električne struje učenici prvi put koriste instrumente. Sve škole u kojima sam radila su imale određeni broj analognih instrumenata, ali u praktičnom je radu jednostavnije koristiti digitalne instrumente. Svoje sam kupila u tržnim centrima jer su tamo najjeftiniji, a pokazali su se dobrima. Ne savjetujem najjeftinije, kakvi koštaju 30-40 kuna. Oni dvostruko skuplji imaju zaštitne osigurače i puno su pouzdaniji. Učenicima prije mjerenja struje i napona treba nacrtati sheme strujnih krugova koje će spajati, pokazati što trebaju mjeriti i kako će spojiti instrumente. Dovoljno je imati dvije žaruljice na kojima se mjeri napon i struja kroz njih kad su spojene serijski i paralelno, ali ako se ima dovoljno pribora bolje je raditi s tri. Svojim učenicima dajem različite žaruljice da ne bi donosili pogrešne zaključke da se napon izvora ili glavna struja dijele na jednake dijelove.

Elektromagnetsku indukciju se može demonstrirati pomoću spomenutih univerzalnih mjernih instrumenata na koje se spoji zavojnica unutar koje se postavi magnet.

Već je spomenut pokus s elektromotorom koji podiže uteg spojen prvo na jednu, a onda na dvije baterije. Ovaj je pokus prikladniji kod obrade rada i snage u strujnom krugu nego u sedmom razredu.

Temu *Električni otpor* učenici OŠ Mate Lovraka i OŠ Horvati započinju istraživačkim pokusima za ocjenu. Njihov je zadatak izmjeriti napon i struju kroz zavojnicu i žaruljicu za najmanje tri vrijednosti napona. Iz izgleda U-I grafova sami moraju donijeti zaključke o vezi između tih veličina. U pokusu sa zavojnicom od njih očekujem da uoče da je struja proporcionalna s naponom, a za žaruljicu trebaju zaključiti da struja raste s naponom, ali ne proporcionalno. Rezultati pokusa se analiziraju na idućem satu. Iz eksperimenta sa zavojnicom učenici lako zaključue da je struja proporcionalna s naponom i obratno proporcionalna s otporom trošila. Uspoređujući rezultate po grupama koje rade sa zavojnicama od različitih metala i različite duljine i debljine može im se približiti i ovisnost otpora o dimenzijama vodiča i vrsti tvari. Povećanje otpora kod žaruljica ih navodi na zaključak da otpor raste s temperaturom. Ovaj se pokus može izvoditi i u osnovnim i u srednjim školama.

Gibanje i sila

brzina, akceleracija, jednoliko ubrzano gibanje, sila i gibanje

U ovoj cjelini pokusi koji se izvode ne traže posebnu opremu. Primjeri jednolikih gibanja i gibanja s akceleracijom se mogu demonstrirati pomoću improvizirane opreme. U ovoj je temi jako bitno raditi na razvijanju grafičke pismenosti pa je u popis pribora dodan i pribor za crtanje koji se koristi i u cjelini Optika.

Valovi

Titranje, valovi, zvuk

Titranje se može demonstrirati pomoću utega na opruzi kakva se koristi kod istraživanja elastične sile ili utega na niti. Za demonstraciju valova je dobro imati veliku demonstracijsku oprugu pomoću kojih učenici lakše shvate vrste valova te odbijanje valova na prepri. Još je bolje imati dvije opruge različite tvrdoće jer je na njima lako demonstrirati promjenu brzine vala pri prijelazu u drugo sredstvo. Glazbena vilica je nužan pribor za temu *Zvuk*.

Svjetlost

Rasprostiranje, odbijanje i lom svjetlosti, zrcala, leće, razlaganje svjetlosti na boje

Zakone odbijanja i loma svjetlosti treba obvezno demonstrirati. Karakteristične zrake svjetlosti pojedinih zrcala i leća je dobro prvo demonstrirati na ploči pomoću zrcala i leća koje se magnetima drže na ploči i izvora svjetlosti koji daju zraku svjetlosti, a zatim ih objasniti geometrijski i fizikalno. Ako učenicima ne pokažemo stvarnu sliku na nekom zastoru većina će njih zadržati miskoncepciju da je stvarna slika ona koju daje ravno zrcalo. Nakon objašnjenja i demonstracije učenicima se može zadati da sami crtaju konstrukcije u kojima treba odrediti narav, veličinu i položaj slike predmeta koje im se mogu i ocijeniti. Prošle smo godine od jednog izdavača školskih udžbenika dobili izvore svjetlosti koji daju zrake različite boje. Oni su prikladni za ovakve pokuse i povoljni cijenom.

Efektan pokus u kojem je prikazano razlaganje svjetlosti na boje nam je prošle godine pokazao kolega Hrvoje Mesić. Pomoću staklene kadice s vodom i grafoskopa, a oni postoje u svim školama pa grafoskop nije naveden u priboru, se dobije oštar spektar duljine nekoliko metara.

ZAKLJUČAK

U tablici 1. je naveden popis pribora koji omogućuje izvođenje svih navedenih pokusa. Ukupna cijena opreme je oko deset tisuća kuna. Za većinu pribora je navedena maloprodajna cijena koja bi bila manja kad bi se opremanju škola pristupilo organizirano i javnom nabavom. U Hrvatskoj su 1302 osnovne škole. Kad nijedna od njih ne bi imala ništa od navedenog pribora njihovo bi opremanje po maloprodajnim cijenama stajalo oko 13 milijuna kuna. Kad bi se oprema za školu kupovala kod dobavljača školske opreme koji prodaju komplete za učenike namijenjene radu u pet grupa i demonstracijsku opremu za nastavnika trošak bi bio nekoliko puta veći, ali još uvijek ne bi prelazio nekoliko desetaka milijuna kuna za sve škole i to uz pretpostavku da nijedna škola nema ništa od opreme, što sigurno nije slučaj. Od dviju zagrebačkih osnovnih škola u kojima radim jedna ima svu potrebu opremu, a druga većinu.

Prijedlog nacionalnog kurikulum nastavnog predmeta Fizika [3] je od mnogih nastavnika, uključujući autoricu, doživio dosta kritika, ali u njemu ima dobrih dijelova, poput ovoga: “U nastavi Fizike veliku ulogu imaju i eksperimenti, i demonstracijski koje obično izvodi učitelj, i učenički. Učenje se najlakše ostvaruje ako se polazi od konkretnog prema apstraktnom, stoga je važno da eksperiment, koji predstavlja konkretno iskustvo fizičke pojave koja se proučava, bude ishodište i okosnica nastave. Povremeno je moguće primjenjivati i snimljene pokuse ili računalne simulacije, ali prednost uvijek treba dati stvarnim pokusima koje što češće trebaju izvoditi upravo učenici. Pokusi trebaju biti uklopljeni u nastavni proces kao sredstvo upoznavanja i istraživanja fizičkih pojava.” Ovo smo sve tijekom svake reforme već više puta čuli i do sada nije u potpunosti ostvareno. Većina učenika ni nakon šest godina učenja fizike nije sama nikada napravila istraživački pokus ili je to bilo rijetko. Nikada nije provedena prava analiza opremljenosti škola niti se od nastavnika inzistiralo da nastava bude takva kakvom su je opisivali i dosadašnji kurikulumi. Stanje je puno gore u srednjoj školi jer opširni programi kroz koje se mora juriti nastavniku ne dopuštaju „gubitak vremena“ na izvođenje pokusa.

Sve škole nisu jednako opremljene niti su svi ravnatelji jednako uspješni u menadžerskim poslovima koji školama osiguravaju dodatna sredstva za opremu. Nakon temeljite analize postojeće opreme po školama potrebno je napraviti troškovnik opremanja svih škola barem navedenim minimumom. Danas je svima jasna važnost STEM područja i nastave prirodnih predmeta pa bi se sredstva za ovu opremu, potkrijepljena provedenom analizom, mogla nabaviti iz EU fondova. Čak i kad to ne bi uspjelo 13 milijuna kuna ne bi bila pretjerana svota ni za državni proračun.

Prilog:

TABLICA 1. Tablica najnužnijeg pribora za kabinet fizike u osnovnoj školi

	Količina	Cijena (kn)
Metarska vrpca	2	50
Menzure (plastične)	10	150
Mjerne čaše (250 cm ³)	5	150
Mjerna čaša (1000 cm ³)	1	50
Digitalna vaga	1	100
Polužna vaga-metalna	1	300
Komplet utega s kukicom	10	300
Komplet utega	1	500
Dinamometri	5	650
Magnet-štapčasti	1	300
Magnetska igla	1	150
Termometri	5	500
Električni grijач-spirala	1	300
Električna ploča-rešo	1	300
Alkoholni plamenici	2	300
Metalna kugla s prstenom	1	200
Elektroskop	1	500
Grla za žaruljicu	10	1000
Spojne žice	30	600
Krokodilke	10	100
Univerzalni mjerni instrumenti	10	800
Zavojnice	5	400
Velika opruga	1	500
Glazbena vilica	1	200
Sferna zrcala s magnetima	2	200
Leće s magnetima	2	200
Staklena pravokutna posuda	1	100
Grlo za žarulju-veliko	1	100
Izvor koji daje paralelnu zraku svjetlosti	3	300
Trokuti i šestar-komplet	1	500
Zaporni sat	3	200
UKUPNO		10.000

LITERATURA

1. A. Rutar, *Uloga brzih testova u nastavnom procesu*, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb 2007.
URL: http://www.phy.pmf.unizg.hr/~dandroic/nastava/diplome/drad_ana_rutar.pdf (30.3.2017.)
2. Zofia Golab-Meyer, *Physics literacy of society-the unknown interest of Marian Smoluchowski*
URL: http://www.smoluchowski.uj.edu.pl/documents/110885257/135154241/S_lit.pdf/0178999f-076a-4b87-a2f7-369b6d86b6e7 (30.3.2017.)
3. Nacionalni kurikulum nastavnog predmeta Fizika-prijedlog
URL: <http://www.kurikulum.hr/wp-content/uploads/2016/03/Fizika.pdf> (30.3.2017.)
4. New UNESCO source book for science teaching
URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0000/000056/005641E.pdf> (30.3.2017.)