



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI
FAKULTET
DEPARTMAN ZA FIZIKU



Master rad

Ne-Njutnovske tečnosti u dodatnoj nastavi fizike

Mentor:

dr Sonja Skuban

Student:

Elvira Đurđić

Novi Sad, 2013.

Koristim priliku da izrazim veliku zahvalnost mentoru na savetima i idejama i svesrdnoj pomoći prilikom izrade ovog rada, kao i porodici, prijateljima i kolegama, koji su mi svojim razumevanjem i ljubalju pružali nesobičnu podršku.

Elvira Durđić

SADRŽAJ RADA:

1.	UVOD.....	2
2.	OSNOVNI CILJEVI I ZADACI NASTAVE FIZIKE	3
2.1.	Izbor programskih sadržaja.....	5
2.2.	Izbor metoda logičkog zaključivanja	5
2.3.	Demonstracioni ogledi	6
2.4.	Metodički principi u nastavi fizike.....	7
2.5.	Laboratorijske vežbe	10
2.6.	Dodatni rad	10
3.	DAROVITI UČENICI	14
4.	VISKOZNOST.....	17
5.	NE-NJUTNOVSKE TEČNOSTI	23
6.	PRIMENA NE-NJUTNOVSKIH TEČNOSTI U NASTAVI FIZIKE	25
7.	PRIMENA NE-NJUTNOVSKIH TEČNOSTI U SVRHU POPULARIZACIJE NAUKE	33
8.	ZAKLJUČAK	35
	LITERATURA	36
	KRATKA BIOGRAFIJA	37
	KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	38

1. UVOD

Cilj nastave fizike u školama jeste sticanje funkcionalne pismenosti (prirodno-naučne, matematičke, tehničke), sistematsko sticanje znanja o fizičkim pojavama i procesima i njihovo razumevanje na osnovu fizičkih modela i teorija, ospoznavanje učenika za primenu znanja i rešavanje problema i zadataka u novim i nepoznatim situacijama, aktivno sticanje znanja o fizičkim pojavama kroz istraživački pristup, sticanje radnih navika, odgovornosti i sposobnosti za samostalan rad i za timski rad kao i formiranje osnove za dalje obrazovanje.

Osim toga, od izuzetne važnosti je i dodatna motivacija za učenje ove fundamentalne grane nauke. To se postiže zanimljivim načinima izlaganja gradiva, interesantnim dogodovštinama iz života naučnika, kao i dodatnim sadržajima koji nisu predviđeni planom i programom nastave. Tema ne-Njutnovskih tečnosti je odabrana pre svega zbog jednostavnosti realizacije eksperimenta bilo da je nastavnik izvodi frontalno ili da ga realizuju sami učenici na časovima dodatne nastave. Upravo fenomen ove vrste tečnosti, sa kojima se učenici susreću skoro svakodnevno, doprinosi razvijanju načina mišljenja učenika, sposobnosti za uočavanje, formulisanje, analiziranje i rešavanje problema kao i razvijanju motivisanosti za učenje i zainteresovanost za sadržaje fizike.

Pre prikaza praktične primene ne-Njutnovskih tečnosti u dodatnoj nastavi fizike, u ovom radu će biti date i važne metodičke napomene vezane za rad sa darovitim učenicima kao i za rad na dodatnoj nastavi fizike.

Izučavanje karakteristika materije i njenog agregatnog stanja počinje još u nižim razredima osnovne škole, a kasnije u toku nastave fizike u osnovnoj i srednjoj školi se znanja o agregatnim stanjima dodatno proširuju. U okviru te nastave se izučavaju se čvrste supstance i fluidi.

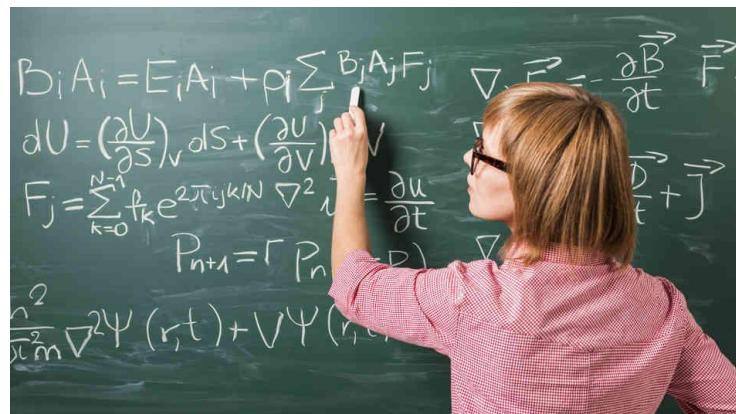
Fluidi igraju ključnu ulogu u našem svakodnevnom životu. Pijemo ih, udišemo ih, plivamo u njima. Kruže u našem telu i utiču na vremenske uslove. Avioni lete kroz njih, a brodovi plove po njima. Fluid je bilo koja supstanca koja teče- isti izraz koristimo i za tečnosti i za gasove. Upravo ih tako nazivamo zato što imaju drugačije karakteristike od čvrstih tela. Oni nemaju stalан oblik kao čvrsta tela, već se prilagođavaju posudi u kojoj se nalaze.

Kroz fluide se mogu transportovati, odnosno prenositi ili razmenjivati osnovne fizičke veličine kao što su energija, impuls (količina kretanja) ili masa. Upravo prema tome šta se prenosi ili razmenjuje, ti transportni procesi u fluidima se mogu podeliti na: prenošenje toplote (energije), viskoznost (transport količine kretanja) i difuziju (transport mase)

Iako su sva tri procesa od izuzetne važnosti kako za nauku, tako i za svakodnevni život, u ovom radu će akcenat biti stavljen na viskoznost, odnosno transport količine kretanja. Ovaj proces je ključan za objašnjenje Njutnovskih i ne-Njutnovskih tečnosti koji su tema rada.

2. OSNOVNI CILJEVI I ZADACI NASTAVE FIZIKE

Cilj nastave fizike u školama, kao i ostalih predmeta, jeste sticanje funkcionalne pismenosti učenika, kroz sistematsko sticanje znanja o fizičkim pojavama i procesima. Razumevanje tih pojava i procesa ospozobljava učenike za primenu znanja i rešavanje problema i zadataka u novim i nepoznatim situacijama. Aktivno sticanje znanja o fizičkim pojavama kroz istraživački pristup doprinosi sticanju radnih navika, odgovornosti i sposobnosti za samostalan kao i za timski rad učenika. Sve navedeno je od izuzetne važnosti za formiranje dobre osnove za dalje sticanje znanja kao i za formiranje svestrane ličnosti učenika.



Zadatak nastave fizike jeste stvaranje raznovrsnih mogućnosti da kroz različite sadržaje i oblike rada, primenom savremenih metodičkih i didaktičkih postupaka u nastavi, ciljevi i zadaci obrazovanja u celini, kao i ciljevi nastave fizike budu u punoj meri realizovani.

Ostali zadaci nastave fizike su da učenici:

- razvijaju funkcionalnu pismenost (prirodno-naučna, matematička, tehnička);
- sistematski stiču znanja o fizičkim pojavama i procesima;
- razumeju pojave, procese i odnose u prirodi na osnovu fizičkih modela i teorija;
- razvijaju način mišljenja i rasuđivanja u fizici;
- razvijaju svest o značaju eksperimenta u saznavanju, razumevanju i proveravanju fizičkih zakona;
- budu ospozobljeni za primenu fizičkih metoda merenja u svim oblastima fizike;
- steknu sposobnost za uočavanje, formulisanje, analiziranje i rešavanje problema;

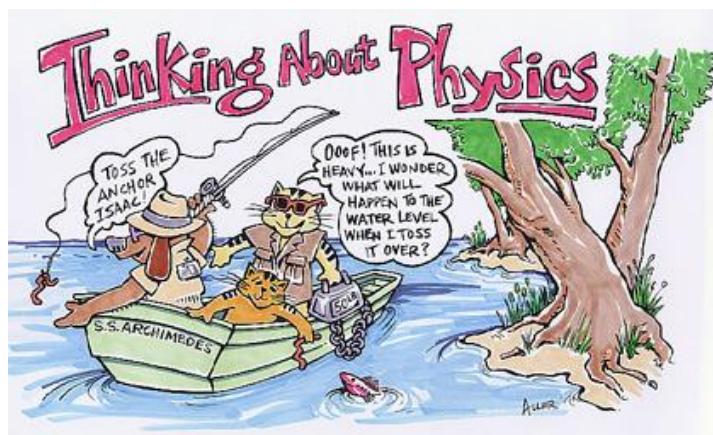
- razvijaju kompetencije za izvođenje jednostavnih istraživanja;
- razvijaju logičko i apstraktno mišljenje i kritički stav u mišljenju;
- shvate značaj fizike za tehniku i prirodne nauke;
- razvijaju sposobnosti za primenu znanja iz fizike;
- stiču znanja o prirodnim resursima, njihovoj ograničenosti i održivom korišćenju;
- razvijaju pravilan odnos prema zaštiti, obnovi i unapređenju životne sredine;
- razvijaju motivisanost za učenje i zainteresovanost za sadržaje fizike;
- razvijaju radne navike, odgovornost i sposobnost za primenu stečenih znanja.

Nastavni program fizike u srednjoj školi nadovezuje se strukturno i sadržajno na nastavni program fizike u osnovnoj školi.

Učenici gimnazije treba da nauče osnovne pojmove i zakone fizike na osnovu kojih će razumeti pojave u prirodi i imati celovitu sliku o značaju i mestu fizike u obrazovanju i životu uopšte. Oni treba da steknu dobru osnovu za dalje školovanje, prvenstveno na prirodno-naučnim i tehničkim fakultetima, ali i na svim ostalim na kojima fizika kao fundamentalna nauka ima primenu u struci (medicina, stomatologija, biologija...).

Treba imati u vidu da su u gimnazijskim programima poslednjih nekoliko godina redefinisani ciljevi i zadaci kako bi programi bili prilagođeni savremenim naučnim i tehnološkim zahtevima, kao i savremenim metodičkim i didaktičkim postupcima, a nastavni proces u skladu sa principima, ciljevima i opštim ishodima obrazovanja.

Imajući u vidu da nisu svi učenici podjednako zainteresovani i obdareni za fiziku, plan i program nastave fizike je obogaćen demonstracioni ogledima, kako bi nastava fizike bila što zanimljivija i očiglednija. [7]



2.1. Izbor programskih sadržaja

Iz fizike kao naučne discipline u plan i program nastave, odabrani su oni sadržaji koje na određenom nivou mogu da usvoje svi učenici gimnazije. To su u prva tri razreda sadržaji iz klasične fizike, dok kompletan program četvrtog razreda obuhvata sadržaje savremene fizike. Pri tome je uzeto u obzir da klasična fizika proučava pojave koje su dostupne čulima pa se lakše mogu razumeti i prihvati, dok izučavanje sadržaja savremene fizike zahteva viši stepen apstraktnog mišljenja i korišćenje složenog matematičkog aparata koji učenici mogu da koriste tek u četvrtom razredu gimnazije. [7]

2.2. Izbor metoda logičkog zaključivanja

Program predviđa korišćenje raznih metoda logičkog zaključivanja koji su inače prisutni u fizici kao naučnoj disciplini (induktivni, deduktivni, zaključivanje po analogiji itd). Nastavnik pri tome sam treba da odabere najpogodniji pristup u obradi svake konkretnе teme u skladu sa potrebama i mogućnostima učenika, kao i nastavnim sredstvima kojima raspolaže. [7]



Na sadržajima programa može se u potpunosti ilustrovati suština metodologije istraživačkog pristupa u fizici i drugim prirodnim naukama: posmatranje pojave, uočavanje bitnih svojstava sistema na kojima se pojava odvija, zanemarivanje manje značajnih svojstava i parametara sistema, merenje u cilju pronalaženja međuzavisnosti odabranih veličina, planiranje novih eksperimenata radi preciznijeg utvrđivanja traženih odnosa, formulisanje fizičkih zakona. U nekim slučajevima metodički je celishodno uvođenje deduktivne metode u nastavu (npr. pokazati kako iz zakona održanja slede neki manje opšti fizički zakoni i sl.). [13]

2.3. Demonstracioni ogledi

Demonstracioni ogledi čine sastavni deo redovne nastave fizike, ali su sve manje zastupljeni. Prisutna je nedovoljna opremljenost škola nastavnim sredstvima, u nekim nije zastupljena ni kabinetska nastava, ali ima i onih u kojima se nastavna sredstva ne koriste.

Poslednjih godina bilo je mnogo seminara i stručnih skupova na kojima su kroz različite radionice prikazani jednostavni a efektni ogledi. Mnogo zanimljivih i inovativnih ideja za eksperimente za čije izvođenje nije potrebno puno savremene opreme, kao ni materijalnih sredstava, nastavnici mogu pronaći kako na internetu, tako i na najrazličitijim festivalima nauke koji su danas sve rasprostranjeniji širom Srbije.

Uvođenje jednostavnih eksperimenata za demonstriranje fizičkih pojava ima za cilj "vraćanje" ogleda u nastavu fizike, razvijanje radoznalosti i interesa za fiziku i istraživački pristup prirodnim naukama.

Jednostavne eksperimente mogu da izvode i sami učenici (samostalno ili po grupama) na času ili da ih osmisle, urade, analiziraju i obrade kod kuće, koristeći mnoge predmete i materijale iz svakodnevnog života. [7]

Naravno, nastavnici koji imaju mogućnosti treba da u nastavi koriste i složenije eksperimente.

U nastavi svakako treba koristiti i računare (simulacije eksperimenata i pojava, laboratorijske vežbe i obrada rezultata merenja, modeliranje, samostalni projekti učenika u obliku seminarskih radova i sl.).



2.4. Metodički principi u nastavi fizike

Metodičko ostvarivanje sadržaja programa u nastavi fizike zahteva da celokupni nastavni proces bude prožet trima osnovnim fizičkim idejama: strukturom supstancije (na molekulskom, atomskom i subatomskom nivou), zakonima održanja (pre svega energije) i fizičkim poljima kao nosiocima uzajamnog delovanja fizičkih objekata. Dalji zahtev je da se fizičke pojave i procesi tumače u nastavi paralelnim sprovođenjem, gde god je to moguće, makroprilaza i mikroprilaza u obradi sadržaja. [7]



Fiziku je nužno predstaviti učenicima kao živu, nedovršenu nauku, koja se neprekidno intenzivno razvija i menja, a ne kao skup završenih podataka, nepromenljivih zakona, teorija i modela. Zato je nužno istaći probleme koje fizika rešava u sadašnjem vremenu.

Danas je fizika eksplikativna, teorijska i fundamentalna nauka i njenim izučavanjem, zajedno sa ostalim prirodnim naukama, stiču se osnove naučnog pogleda na svet. Ideja fundamentalnosti fizike u prirodnim naukama mora da dominira u nastavi fizike.

Širenju vidika učenika doprineće objašnjenje pojmoveva i kategorija, kao što su fizičke veličine, fizički zakoni, odnos eksperimenta i teorije, veza fizike s ostalim naukama, s primenjenim naukama i s tehnikom. Značajno je ukazati na vezu fizike i filozofije. Potrebno je navesti i etičke probleme koji se javljaju kao posledica razvijanja nauke i tehnike.

Ovako formulisan koncept nastave fizike zahteva pojačano eksperimentalno zasnivanje nastavnog procesa (demonstracioni ogledi i laboratorijske vežbe, odnosno praktični rad učenika).

Usvojeni koncept nastave fizike zahteva stvaranje raznovrsnih mogućnosti da kroz različite sadržaje i oblike rada, primenom savremenih metodičkih i didaktičkih postupaka u nastavnom procesu (projektna, problemska, aktivna nastava i kooperativno učenje) ciljevi i zadaci obrazovanja kao i ciljevi nastave fizike budu u punoj meri realizovani. [13]

Sticanje tehničke kulture kroz nastavu fizike sastoji se u razvijanju veština tehničkih primena znanja, u rešavanju tehničkih zadataka i u prikazivanju određenih primena fizike u svakodnevnom životu.

Posle izučavanja odgovarajućih tematskih celina, nužno je ukazati na zaštitu čovekove sredine, koja je zagađena i ugrožena određenim fizičko-tehničkim procesima i promenama.

Pri obradi fizičkih osnova energetike potrebno je usmeriti učenike na štednju svih vrsta energije, a posebno električne energije. [7]

Ciljevi i zadaci nastave fizike ostvaruju se kroz sledeće osnovne oblike rada sa učenicima:

1. izlaganje sadržaja teme uz odgovarajuće demonstracione ogledе;
2. rešavanje kvalitativnih i kvantitativnih zadataka;
3. laboratorijske vežbe;
4. korišćenje i drugih načina rada koji doprinose boljem razumevanju sadržaja teme (domaći zadaci, seminarski radovi, projekti...);
5. sistematsko praćenje rada svakog pojedinačnog učenika.

Veoma je važno da nastavnik pri izvođenju prva tri oblika nastave naglašava njihovu objedinjenost. U protivnom, učenik će steći utisak da postoje tri različite fizike: jedna se sluša na predavanjima, druga se radi kroz računske zadatke, a treća se koristi u laboratoriji. [11]

Da bi se ciljevi i zadaci nastave fizike ostvarili u celini, neophodno je da učenici aktivno učestvuju u svim oblicima nastavnog procesa. Imajući u vidu da svaki od navedenih oblika nastave ima svoje specifičnosti u procesu ostvarivanja, to su i metodska uputstva prilagođena ovim specifičnostima

Kako su uz svaku tematsku celinu planirani demonstracioni ogledi, učenici će spontano pratiti tok posmatrane pojave, ili neposredno učestvovati u realizaciji ogleda, a na nastavniku je da navede učenika da svojim rečima, na osnovu sopstvenog rasuđivanja, opiše pojavu koju posmatra ili demonstrira. Posle toga nastavnik, koristeći precizni jezik fizike, definiše nove pojmove (veličine) i rečima formulise zakon pojave. Kada se prođe kroz sve etape u izlaganju sadržaja teme (ogled, učenikov opis pojave, definisanje pojmove i formulisanje zakona), prelazi se na prezentovanje zakona u matematičkoj formi. [13] Ovakvim načinom izlaganja sadržaja teme nastavnik pomaže učeniku da potpunije razume fizičke pojave, trajnije zapamti usvojeno gradivo i u drugi plan potpisne formalizovanje usvojenog znanja.

Kada je moguće, treba koristiti problemsku nastavu. Nastavnik postavlja problem učenicima i prepušta da oni samostalno, u parovima ili u timu dođu do rešenja, po potrebi usmerava učenike,

podsećajući ih pitanjima na nešto što su naučili i sada treba da primene, upućuje ih na izvođenje eksperimenta koji može dovesti do rešenja problema i slično. [12]

Na primer, na ovaj način se može obraditi tema Klasični zakon slaganja brzina:

- nastavnik zadaje učenicima problem: Zašto kapi kiše ostavljaju vertikalni mokri trag na staklu autobusa kada on miruje, a kosi trag kada se autobus kreće? Od čega i kako zavisi nagib kosog traga?
- nastavnik upućuje učenike da potraže i prepoznaju u udžbeniku tekst uz pomoć kojeg bi mogli da dođu do rešenja (to im neće biti posebno teško budući da imaju predznanje iz osnovne škole o slaganju brzina) i shvate zakon slaganja brzina u vektorskem obliku;
- nastavnik traži da učenici zaključe kako se, na osnovu naučenog zakona, određuje relativna brzina; potom učenici treba da primene taj zakon u konkretnom problemu i objasne zašto je trag kos i kako njegov nagib zavisi od brzina kapi i autobusa u odnosu na zemlju;
- zatim se problem može širiti novim pitanjem: Kako bi se mogla izmeriti (tj. proceniti) brzina kišne kapi u odnosu na zemlju (učenici sami treba da predlažu načine merenja);
- pa još jednim: Kap kiše u odnosu na autobus ima horizontalnu i vertikalnu komponentu i zato pada po kosoj pravoj liniji; zašto onda kamen, kad se baci u horizontalnom pravcu sa mosta, leti do vode po krivoj liniji (a i on, kao kap, ima horizontalnu i vertikalnu komponentu brzine) – ovim problemom ubacuje se u priču i ubrzanje kao veličina koja je učenicima poznata iz osnovne škole, pa se može koristiti, a već na sledećem času će se ona definisati i po gimnazijskom programu pa ovo može biti dobar uvod u tu priču...

Neke od tema u svakom razredu mogu se obraditi samostalnim radom učenika kroz radionice. Takav način rada je učenicima najinteresantniji, više su motivisani, pa lakše usvajaju znanje. Uz to se razvija i njihovo interesovanje i smisao za istraživački rad, kao i sposobnost timskog rada i saradnje. Ovakav pristup obradi nastavne teme zahteva dobru pripremu nastavnika: odabratи temu, pripremiti odgovarajuća nastavna sredstva i opremu, podeliti učenike u grupe tako da svaki pojedinac u grupi može dati odgovarajući doprinos, dati neophodna minimalna uputstva. [7]

Na primer, za nastavnu temu Odbijanje i prelamanje svetlosti učenici se mogu podeliti u grupe od kojih bi jedna obradila zakone odbijanja i prelamanja, druga totalnu refleksiju sa primerima primene, treća prividnu dubinu tela sa primerima, četvrta dugu, peta prelamanje kroz prizmu i primene (sve grupe, osim prve, u uputstvima treba da dobiju formulu za zakon prelamanja); u radu učenici mogu da koriste udžbenik, internet, demonstracioni ogled...

Neke teme treba da pripreme i prezentuju sami učenici, pojedinačno ili u parovima. To se može raditi u svakom razredu, naročito u trećem i četvrtom gde postoji niz pogodnih tema a učenici su samostalniji i spremni za takav oblik rada. [11]

2.5. Laboratorijske vežbe

Laboratorijske vežbe čine sastavni deo redovne nastave i organizuju se tako što se pri izradi vežbi odeljenje deli na dva dela a učenici rade vežbe u grupama od 2-3 učenika. Za svaku vežbu učenici unapred treba da dobiju odgovarajuća uputstva.

Čas eksperimentalnih vežbi sastoji se iz uvodnog dela, merenja i zapisivanja rezultata merenja i obrade dobijenih podataka.

U uvodnom delu časa nastavnik proverava da li su učenici spremni za vežbu, upoznaje ih sa merim instrumentima i ostalim delovima aparature za vežbu, ukazuje na mere predostrožnosti kojih se moraju pridržavati radi sopstvene sigurnosti, pri rukovanju aparatima, električnim izvorima, raznim uređajima i slično. Dok učenici vrše merenja, nastavnik aktivno prati njihov rad, diskretno ih nadgleda i, kad zatreba, objašnjava i pomaže. Pri obradi rezultata merenja učenici se pridržavaju pravila za tabelarni prikaz podataka, crtanje grafika, izračunavanje zaokrugljenih vrednosti i grešaka merenja, sa čim nastavnik treba da ih upozna unapred ili da ih da uz pisana uputstva za vežbe. [7]



2.6. Dodatni rad

Dodatni rad namenjen je darovitim učenicima i treba da zadovolji njihova interesovanja za fiziku. Najčešće se takvi časovi organizuju jednom nedeljno. U okviru dodatne nastave mogu se produbljivati i proširivati sadržaji iz redovne nastave, raditi novi sadržaji, teži zadaci, složeniji eksperimenti od onih u redovnoj nastavi, itd. Učenici se slobodno opredeljuju pri izboru sadržaja programa. Zato je nužno sačiniti individualne programe rada sa učenicima na osnovu njihovih prethodnih znanja, interesovanja i sposobnosti. Korisno je da nastavnik pozove istaknute stručnjake da u okviru dodatne nastave održe popularna predavanja kao i da omogući učenicima posete institucijama. U okviru slobodnih aktivnosti učenika, mogu se organizovati razne sekcije mlađih fizičara, koji bi imali slične ciljeve kao i dodatna nastava sa razlikom u tome što bi se na taj način uticalo i na socijalizaciju i druženje učenika svih razreda škole. [13]

Vannastavni rad nastavnik fizike treba da shvati kao komponentu svog ukupnog vaspitno-obrazovnog rada sa učenicima. Takav rad mora imati određeni cilj, zadatke i sistem realizacije. Zbog toga se on mora planirati u okviru nastavnikovih obaveza, ostvarivati sa izvesnom ljubavlju i potrebnom stručnošću. Nastavnik fizike bi morao uvek imati u vidu značaj vannastavnih aktivnosti i truditi se da okupi učenike koji imaju smisla i volje da se bave fizikom.

Dodatni rad treba da doprinese potpunijem razvoju učenikove ličnosti a naročito njegovom stavu prema saznavanju, da doprinese razvoju njegovog mišljenja, posebno kritičkog i stvaralačkog. U dodatnoj nastavi je zastupljen samostalni rad učenika koji podrazumeva takav rad (učenje), koji se vrši bez neposrednog učešća nastavnika, ali pod njegovim uputstvima, kontrolom i rukovodstvom. [12]

Samostalni rad prepostavlja aktivnu misaonu delatnost usmerenu na sticanje teorijskih i praktičnih saznanja, uključujući i analizu rezultata tog rada. Da bi samostalni rad podsticao samoinicijativu i razvijanje saznanjnih sposobnosti, neophodno je odabratи takve zadatke koji ne mogu da se rešavaju po strogo utvrđenim receptima, šemama, već da njihovo rešenje prepostavlja određenu originalnost i samostalnost. Dodatna nastava je namenjena učenicima koji pokazuju izrazite sklonosti i interesovanje za fiziku i koji sa lakoćom savlađuju nastavno gradivo.

Svrha dodatne nastave je da se proširivanjem i produbljivanjem znanja stečenih u redovnoj nastavi omogući učenicima potpuniji razvoj prema individualnim sposobnostima i sklonostima. Sadržaji, metode i postupci rada u dodatnoj nastavi pretežno se biraju prema željama i interesovanjima učenika i ne vezuju se neposredno za nastavni program. Ova nastava se organizuje sa manjim grupama. Dan i vreme održavanja dodatne nastave treba da su stalni. Ukoliko postoji veće interesovanje, može se formirati i nekoliko grupa. Treba voditi računa o sklonostima i mogućnostima svakog učenika, kao i o tome da se dodatna nastava održava kontinualno tokom cele školske godine, sa elastičnjom smenom rada i odmora nego u redovnoj nastavi. Time je olakšana individualizacija i kreativnost u učenju fizike; učenici se prema potrebi mogu i duže zadržavati kod izvođenja ogleda, rešavanja zadataka ili problema koji zahtevaju usredsređen napor. [11]

Dodatna nastava izvodi se po posebnom programu kojim se nastoje zadovoljiti individualna interesovanja i sklonosti svakog pojedinca. Stoga pri izradi programa nastavnik treba da uvažava želje učenika i da ih usklađuje sa opštim zadacima nastave fizike. U izboru sadržaja mogu da učestvuju i sami učenici. Po pravilu, u programe dodatne nastave ne unose se sadržaji koji po obliku i dubini odgovaraju gradivu obrađenom na redovnoj nastavi već se na njega nadovezuju, proširuju ga i obogaćuju.

Rad nastavnika se ne sastoji u tome da u okviru dodatnog rada predaje ono što nije stigao u toku redovnog rada i redovnog programa. Uloga mu je samo da „vodi“ učenika, da ga podstiče i

pomaže mu u samostalnom radu. Nastavnik u dodatnom radu pomaže u slučaju da se učenik obrati nekim pitanjem ili zahtevom za savet ili pomoći kada ne može sam rešiti neki problem, bilo da je u pitanju neki eksperiment ili računski zadatak. [7]

Dva osnovna oblika rada u dodatnoj nastavi su: *individualni i grupni*. Nastavnik samo u početku rada grupe, a ponekad i kasnije u radu, na zahtev učenika, zadržava ulogu predavača. Učeniku treba dozvoliti da iznese svoje mišljenje, pa tek onda, prema potrebi, nastavnik izlaže svoj stav. Na taj način učenici su upućeni na samostalno istraživanje problema, a zainteresovani su i da pročitaju razne knjige, časopise i drugu stručnu literaturu mimo obavezne udžbeničke literature. Eksperimentalne radove učenici treba da izvode samostalno, pojedinačno, u parovima, manjim grupama a ponekada i cela grupa, što zavisi od vrste eksperimenta. Nastavnik ima ulogu da vodi računa o angažovanju svakog učenika u grupi i na taj način im pruži mogućnost da se iskažu u različitim oblicima rada. Tokom vremena grupa postaje potpuno samostalna, a nastavnik samo kontroliše rad. Ako se ostvari takav kontakt sa učenicima da oni sami daju mišljenje i o radu drugih grupa pre nastavnika ili pak drugačije od nastavnikovog mišljenja, onda dodatna nastava dobija pravi smisao. [12]



Fizika, kao prirodna nauka, pruža široke mogućnosti za razvijanje novih kvaliteta u pogledu unapređivanja vaspitno-obrazovnog rada, u pronalaženju novih metoda i oblika rada sa učenicima i u razvijanju različitih interesa kod učenika. Da bi ostvario cilj dodatne nastave, nastavnik mora dovesti učenika do problemske situacije, tj. treba učenika dovesti u takve uslove da može stalno angažovati sposobnosti stvaralačkog i kritičkog mišljenja.

Ciljevi dodatne nastave su:

- razvijanje sposobnosti logičkog mišljenja sa posebnim zahtevima: da učenik sluša pažljivo, da posmatra proučavanu pojavu, da beleži rezultate eksperimenta, analizira tu fizičku pojavu i konačno donosi zaključke;

- razvijanje sposobnosti stvaralačkog mišljenja sa posebnim zahtevima: da učenik učestvuje u stvaralačkim aktivnostima, u rešavanju računskih problema uz korišćenje novih ideja i prilaza, da detaljno razrađuje, koristi ideju i rezultat.

Zadaci dodatne nastave su:

- pomoći učenicima da usvoje značajna znanja iz fizike
- pomoći im da racionalno i kreativno to znanje primenjuju [11]

Ne-Njutnovske tečnosti se ne izučavaju na redovnoj nastavi, ali se mogu izučavati na časovima dodatne nastave. Da bi se to ostvarilo, značajna je uloga nastavnika koji svojim radom motiviše učenike u želji da saznaju više nego na redovnoj nastavi fizike, da ih organizuje i podstiče u realizaciji eksperimentalnog rada. Radi toga, nastavnik mora postepeno, logički uvoditi nove pojmove koji čine zaokruženu celinu sa prethodno stečenim znanjem.

3. DAROVITI UČENICI

Darovitost je u istoriji obrazovanja različito shvatana i definisana. Kako se menjalo i napredovalo saznanje o darovitosti, menjala se i njena definicija. Darovitost je određivana i isticana kao „neko značajno postignuće pojedinca u nekoj aktivnosti“, što ga odvaja od prosečnosti, bilo po osnovu visoke opšte intelektualne sposobnosti, velike kreativnosti, visoke specifične sposobnosti, stvaralačke sposobnosti, sposobnosti upravljanja procesima mišljenja.



Darovitost se tumači kao stvaralačka sposobnost i ne odvaja se od područja čovekove delatnosti, od njegovih postupaka koji su novi, korisni i superiorni, i to onda kada su postignuća konstantno značajna u bilo kojoj potencijalno vrednoj oblasti ljudske aktivnosti i u bilo kom društvenom pravcu.

Nekada su naučnici opisivali darovitost deteta pomoću liste svojstava. Danas to nije dovoljno. Na darovitost se gleda sa dosta širokog pojmovnog nivoa. U definicije se unosi kvalitativni i kvantitativni aspekti. Nastoje se i napraviti razlike između genijalnosti, talenta, darovitosti i kreativnosti.

Darovitost se može shvatiti kao raznovrsni sklop sposobnosti koje obezbeđuju uspešno ispunjavanje složenih oblika delatnosti. Talentovan čovek može da rešava složene teorijske i praktične zadatke, da stvara vrednosti koje se odlikuju novinom i imaju progresivan značaj. Talenat je visoki nivo razvoja sposobnosti, a genijalnost najviši nivo u razvoju sposobnosti.

Genijalnost predstavlja takve sposobnosti koje stvaraju principijelno nešto novo, što otvara nove puteve u različitim vrstama ljudske delatnosti. Dok se talenat pokazuje u jednoj oblasti, genije se karakteriše mnogostranošću, širokim zahvatima, snagom i dubinom uticanja. Kreativnost se može posmatrati kao specifična spoznajna delatnost koja rezultira u novom, odnosno kao misaona aktivnost koja je usmerena ka onome što može da nastane a ne ka onome što jeste.

Prilično uprošćenu, ali prihvatljivu definiciju o darovitosti dao je Ivan Koren. On darovitost tumači kao „svojevrstan sklop osobina na osnovu kojih je pojedinac u jednoj ili više oblasti ljudske delatnosti sposoban trajno postizati izrazito visok, nadprosečan rezultat“. Zapravo, definiše je kao „rezultantu naročito povoljnih kombinovanih naslednih osobina i njihove interakcije sa podsticajnom sredinom i samoaktivnošću određenog pojedinca“.[6]

Moderna gledanja na nadarenost napuštaju shvatanje da se genije rađa, da je nadarenost isključivo pitanje gena i da pojedinac ima ili nema, poseduje ili ne poseduje nadarenost.

Osnovne postavke savremenog shvatanja nadarenosti su:

- Nadarenost nastaje i razvija se;
- Uticaj na nastanak i razvoj nadarenosti su veliki;
- Razvijanje nadarenosti je dugotrajan proces. [12]

U procesu interakcije deteta sa okolinom koja je izrazita i intezivna, koja proizilazi iz njegovih visokih sposobnosti, biološki potencijali se transformišu u sposobnosti. Pod uticajem intezivnog učenja i sticanja veština proces se nastavlja i sposobnosti se transformišu u stvaralačke sposobnosti koje su proizvod kombinovanja sposobnosti, znanja, motivacije i kreativno-emotivnog stava. Na kraju procesa, stvaralačke sposobnosti se transformišu u stvaralački životni stil – stvaralaštvo, koje je određeno postavljenim i međusobno povezanim ciljevima.

Put razvoja vrlo visokih specifičnih sposobnosti, prema Feldmanu, ne zavisi samo od genetskog potencijala, nego istovremeno i od delovanja faktora koji su izvan uticaja pojedinca: pripremljenost društva, spremnost neposredne okoline da prepozna i razvije uočene sposobnosti i prilike za kvalitetno obrazovanje.

Međutim, treba imati u vidu i da se pojedinci razlikuju po svojoj nezvainosti od uticaja okoline, po stepenu razvoja autonomije, metakognitivnog znanja i veštine. Prema Feldmanu za nastanak darovitog pojedinca potrebno je objediniti uslove: prava osoba, na pravom mestu, u pravo vreme. Danas, u svetu se sve više koristi model multiple ili višestruke inteligencije, kao inovativni teorijski okvir koji je ukazao na velike mogućnosti u oblasti obrazovanja, u prvom redu razvoja sposobnosti učenja, darovitosti i kreativnosti u nastavi. Time je otvorena mogućnost vaspitljivosti inteligencije, za razliku od većine tradicionalnih shvatanja koja su inteligenciju videla kao fiksiranu sposobnost, statičan entitet.

Organizovanjem diferencirane i individualizovane nastave i uključivanjem učenika na osnovu prepoznatih vrsta sposobnosti, pruža se velika mogućnost da nesmetano napreduju u onim oblastima života za koje ih je priroda podarila. U mnogim razvijenim zemljama postoji zakonska regulativa u obrazovanju darovitih pojedinaca i njihovom integrisanju u postojeće školske institucije. Sve te mere se preduzimaju sa čvrstim uverenjem da će:

1. talentovani pojedinci znatno više nego neko drugi, zahvaljujući svojim sposobnostima, doprineti naučnom, kulturnom i ekonomskom razvoju društva,
2. biti ispravljena nepravda koja je naneta darovitim u postojećem školskom sistemu jer su zapostavljeni, pa nisu mogli maksimalno razviti svoje mogućnosti,

3. da se ovim konačno stvore bitni uslovi da čovek ostvaruje svoju suštinu kao kreativno biće, da se ispoljava i potvrđuje u kreativnom radu.

Potvrđuje se i u teoriji u praksi da u procesu identifikovanja i obrazovanja darovite dece škole i nastavnici imaju najznačajniju ulogu; da u otkrivanju i radu sa ovakvim učenicima kreativni nastavnici postižu daleko veće uspehe od ostalih; da svako sputavanje slobodnog razvoja mlađih izaziva kod njih frustracije i neprihvatljive oblike ponašanja; da darovita deca, u nepovoljnim uslovima za razvoj, mogu imati različite uslove za aktivno učenje, učenje otkrivanjem, rešavanjem problema i kreativno ispoljavanje u školskim aktivnostima.

U domaćoj literaturi pedagozi najčešće navode sledeće potrebe darovitih učenika: potreba za saznanjem, samostalnošću u radu, originalnošću i pristupu stvarnosti, slobodnim ispoljavanjem, ljudskom komunikacijom koja ne ograničava individualnost, isticanjem i afirmacijom u radu, vođstvom, preuzimanjem razlika i odgovornosti koju svaki rizik predstavlja. Kod darovitih učenika je jako naglašena potreba za istraživanjem. Oni žele da se sami suoče sa problemima, pronađu puteve i načine njihovih rešavanja; spremni su da brane prednosti novog i da se bore za svoje stavove. Daroviti učenici imaju specifičan odnos prema neuspehu. Naime, oni žele uspeh i rade na uspehu, ali njihova reakcija na frustracije je realnija nego kod prosečnih učenika. Njihove osnovne potrebe zadovoljene su tek onda kada imaju mogućnost da istražuju, rešavaju probleme i stvaraju.

Zadovoljavanje razvojnih potreba darovitih učenika zahteva kreiranje novih obrazovnih strategija, programa identifikacije, celovitog programa pedagoškog rada, štampanje materijala, unapređivanje tehnike i tehnologije nastave i obezbeđivanje svih drugih uslova u koje se uključuje i za koje se osposobljava nastavnik i menja njegov način rada. Potrebe darovitih uopšte kreativnih učenika su da uče otkrivanjem, istraživanjem i rešavanjem problema. Oni teže da uče prikupljanjem podataka, sređivanjem prikupljene građe, unapređivanjem otkrivenog, analiziranjem ideja, kritičkim osvrtima na izvore saznanja i vrednovanjem sopstvenih metoda i tehnika, što se najbolje postiže u uslovima organizovanja diferencirane nastave. Za njih je pravo učenje onda kada mogu slobodno da postavljaju pitanja, traže odgovore, pronalaze sopstvene puteve saznanja, tj. kada se uče učenju, što je prioriteten zadatak svake savremeno organizovane škole. [6]

Dodatna nastava fizike je pravo mesto za razvijanje sposobnosti darovitih učenika. Ukoliko se ona sprovodi po gore navedenim pravilima i ispunjava sve uslove, dodatna nastava može u mnogome da utiče na pravilan razvoj ličnosti darovitih učenika. Aktivno učenje, problemska nastava, razgovor, diskusije, eksperimenti koji su drugačiji od onih koje nastavnik realizuje u toku redovne nastave su očigledno najbolji način ne samo za pravilan razvoj darovitih učenika, već i za motivaciju i radoznalost ostalih učenika.

4. VISKOZNOST

Oblast mehanike fluida je jedna od oblasti koju nastavnici veoma često zanemaruju u nastavi. Predavanja su uglavnom štura i prate udžbenik, a demonstracionih eksperimenata, kao ni laboratorijskih vežbi, najčešće nema. Kako to smatram na neki način „nepravdom“, u ovom radu želim da pokažem da postoje izuzetno jednostavni, a zanimljivi i interesantni eksperimenti od kojih neki mogu da se izvode i na časovima redovne nastave, ali i eksperimenti koji zahtevaju više vremena, pa se preporučuju za časove dodatne nastave. Za njih nije potrebna skupa oprema, već samo malo dobre volje i kreativnosti. Mislim da je od izuzetne važnosti da učenici usvoje osnovne pojmove vezane za mehaniku fluida, jer nas fluidi okružuju i čine nam svakodnevnicu. Iz tog razloga će ovde biti dat kratak uvod o samim fluidima, kao i o viskoznosti, koja je ključna za objašnjenje ne-Njutnovskih tečnosti.

U gasnom stanju, molekuli su daleko jedan od drugog i kreću se potpuno haotično, dok se kristalno stanje odlikuje pravilnom, simetričnom i gustom raspodelom čestica koje osciluju sa malom amplitudom oko svojih ravnotežnih položaja. Prema unutrašnjoj strukturi, tečnosti su između gasova i kristala:

- I u tečnosti su molekuli gusto pakovani- u to nas uverava činjenica da je gustina supstancije u tečnom stanju samo malo manja nego u čvrstom (neke supstancije kao što je voda, čak su i gušće u tečnom nego u čvrstom agregatnom stanju).
- Za razliku od kristala, a slično gasovima, tečnosti se odlikuju izotropijom. Iz toga se može zaključiti da molekuli u tečnosti nemaju uređeni raspored.

Eksperimentalno se struktura tečnosti može ispitivati i pomoću rendgenskog zračenja. Takva istraživanja pokazuju da u tečnostima (kao i u amorfnim telima) ipak postoji uredost čestica, ali samo na malim rastojanjima. Kod kristala svaka čestica (molekul, atom ili jon) ima isti broj najbližih suseda na istim rastojanjima; isti im je takođe i broj i raspored drugih suseda, kao i trećih i bilo kog reda. Ovakva struktura, uredena na velikim rastojanjima, naziva se dalji poredak. U tečnosti, molekuli imaju isti broj prvih suseda, u proseku isti broj drugih suseda, ali broj i raspored viših suseda nije isti za sve molekule. Dakle, strukturu tečnosti karakteriše bliži poredak. [15]

U ponašanju molekula tečnosti, osim međumolekulskih sila, važnu ulogu ima i toplotno kretanje. Otuda postoji još jedna bitna razlika u strukturi kristala i tečnosti: u kristalu jedna čestica stalno ima iste susede, iste druge, iste susede bilo kog reda. U tečnosti jedan molekul u proseku ima tokom vremena stalni broj prvih suseda, ali to nisu uvek isti molekuli. Zbog toplotnog kretanja stalno se narušava i obnavlja okruženje jedne čestice u tečnosti: jedan molekul iz okruženja se udalji, ali na njegovo mesto dođe drugi, i tako dalje.

Tečnosti i gasovi istiskuju tela koja se u njima nalaze (sila potiska) i pritisak se u njima prenosi podjednako na sve strane. Za razliku od gasova, koji uvek ispunjavaju ceo raspoloživi prostor, pa tako nemaju stalan sopstveni oblik niti stalnu zapreminu, tečnosti slično čvrstim telima imaju stalnu sopstvenu zapreminu, ali ne i stalan oblik. Delovanjem sila neznatnih intenziteta, pojedini delovi tečnosti se lako premeštaju u odnosu na druge delove, što se opisuje kao sposobnost proticanja. Zahvaljujući toj osobini, tečnost pod dejstvom Zemljine teže zauzima uvek oblik suda u kome se nalazi, a slobodna površina joj je horizontalna. Međutim, u prostoru gde nema spoljašnjeg delovanja (na primer u svemirskoj letelici) slobodna tečnost ima sferski oblik. Sve su to posledice međumolekulskih sila u tečnostima. [14]



Kroz fluide, a u ovom konkretnom slučaju tečnosti, se mogu transportovati, odnosno prenositi ili razmenjivati osnovne fizičke veličine kao što su energija, impuls (količina kretanja) ili masa. Upravo prema tome šta se prenosi ili razmenjuje, ti transportni procesi u fluidima se mogu podeliti na:

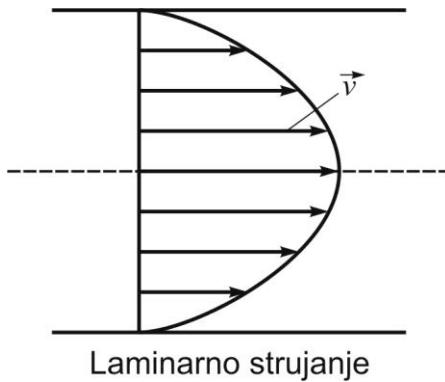
- prenošenje toploće (energije)
- viskoznost ili transport količine kretanja
- difuziju ili transport mase [1]

U ovom radu zbog potrebe definisanja Njutnovskih i ne-Njutnovskih tečnosti, biće detaljnije pojašnjenja pojava viskoznosti.

Pre svega se postavlja pitanje šta je to viskoznost? Najkraće rečeno, to je pojava unutrašnjeg trenja u realnim fluidima. Praktično govoreći, to je mera otpora fluida smicanju ili pritisku. Ako napravimo poređenje vode i meda, odmah će pojam viskoznosti postati jasan- kada se ispusti neka kuglica u čašu sa vodom, voda će prsnuti na sve stane, pokvasiti sve okolo, a loptica će

odmah potonuti. Međutim, kada kuglicu ispustimo u med, on će se samo malo zatalasati i kuglica će lagano tonuti na dno čaše.

Proučavanje proticanja tečnosti kroz cevi (na primer pomoću obojenih čestica ubačenih u tečnost) pokazuje se da se ne kreću svi delovi tečnosti istom brzinom. Najveću brzinu ima deo duž ose cevi, a najmanju ima deo uz zidove cevi. Na slici je prikazano kako su raspodeljene ove brzine delova tečnosti na preseku cevi normalnom na pravac proticanja [15]:



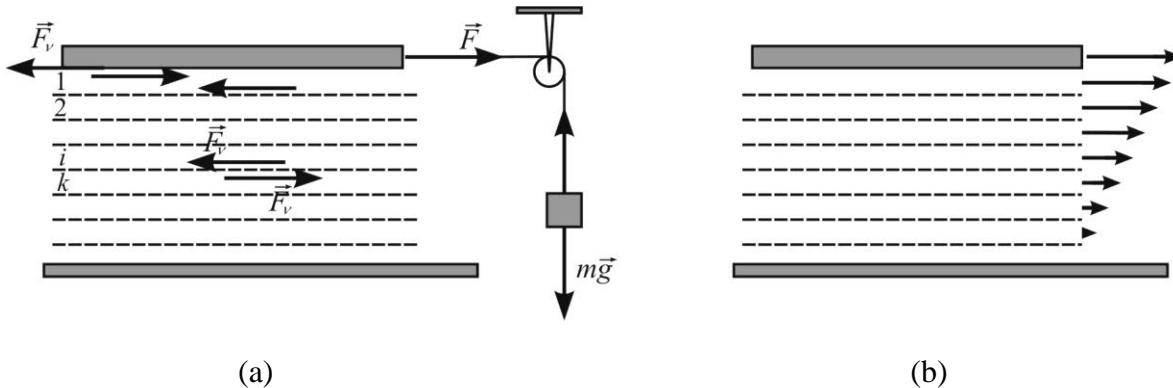
Tečnost se dakle u cevi ne kreće kao jedna celina, već u slojevima koji „klize“ jedan po drugome različitim brzinama. Pri proticanju tečnosti dolazi do njenog „raslojavanja“. Nešto slično dešava se i pri kretanju čvrstog tela po tečnosti, na primer, splava. Kada se splav pokrene, pokrenuće se i voda, od površine do dna, ali ne kao celina, već na specifičan način - po slojevima. Takođe, iz svakodnevnog života je poznato da je brzina proticanja vode najveća na sredini reke, a da je najmanja uz obalu.

Sve ove pojave se objašnjavaju kao posledica postojanja sila unutrašnjeg trenja u tečnostima, odnosno osobinama tečnosti koja se naziva viskoznost. Pri proticanju pojavljuju se sile u tečnosti koje se suprostavljaju kretanju jednih slojeva tečnosti u odnosu na druge slojeve. To su sile unutrašnjeg trenja, odnosno sile viskoznosti. One usporavaju proticanje tečnosti i kretanje tela kroz tečnost. [2]

Otpor proticanju tečnosti zavisi jedino od sila viskoznosti ukoliko je proticanje laminarno, tj. ukoliko slojevi tečnosti „klize“ jedan po drugome, tako da tečnost iz jednog sloja ne prelazi u drugi. Proticanje je laminarno kada njegova brzina nije veća od neke kritične vrednosti karakteristične za svaku tečnost. [14]

Pojavu viskoznosti eksperimentalno je istraživao još Isak Njutn. On je i postavio zakon viskoznosti, odnosno formulu kojom je određena sila trenja između slojeva tečnosti.

Na slici je prikazana principijelna šema Njutnovog eksperimenta.



Između površine stola i ravne ploče nalazi se neka tečnost. Debljina tečnog sloja mnogo je manja od dužine i širine ploče. Kada na ploču deluje konstantna sila \vec{F} (na crtežu (a) ta sila je usmerena udesno), ploča se kreće ravnomernom brzinom \vec{v} . To znači da na ploču deluje i tečnost silom istog intenziteta usmerenom uлево - na slici je ta sila označena sa \vec{F}_v . Prema zakonu akcije i reakcije i ploča deluje silom intenziteta \vec{F}_v , usmerenom udesno, na gornji sloj tečnosti (sloj 1), pa će se i taj sloj kretati. I njegova brzina je konstantna, što znači da susedni sloj (2) deluje na gornji sloj silom \vec{F}_v uлево. Na isti način između svaka dva proizvoljno tanka sloja tečnosti deluju tangencijalne sile \vec{F}_v i svaki sloj se kreće ravnomerno. Na slici (a) su prikazane sile viskoznosti koje deluju na granici između nekog i -tог i susednog k -tог sloja: gornji (i -ti sloj) deluje na donji (k -ti) silom \vec{F}_v usmerenom udesno; donji sloj deluje na gornji sloj isto tolikom silm usmerenom uлево.

Brzine slojeva nisu iste: sloj koji prijanja za ploču kreće se brzinom \vec{v} (kao i ploča) dok je brzina najnižeg sloja, koji prijanja za sto, jednaka nuli. Ogledi pokazuju da između ta dva sloja brzina međuslojeva linearno opada (slika (b)). [15]

Generalno govoreći, pri bilo kakvom protoku fluida, dolazi do njegovog raslojavanja i ti slojevi se kreću različitim brzinama. Do raslojavanja dolazi jer se pojava viskoznosti može tretirati kao transportni proces u kome dolazi do prenošenja impulsa, odnosno količine kretanja čestica fluida ($p=mv$). [14]

Merenjem sile \vec{F} (u primeru na slici ta sila ima intenzitet isti kao sila teže koja deluje na teg), brzine i površine ploče (S), kao i debljine tečnog sloja (d), Njutn je utvrdio da je sila srazmerna površini i brzini, a obrnuto srazmerna debljini sloja.

$$F_\eta = \eta \cdot S \cdot \frac{\Delta v}{\Delta d}$$

Gde je η koeficijent čija vrednost zavisi od prirode tečnosti, a veličina $\frac{\Delta v}{\Delta d}$ se naziva gradijent brzine.

Data formula predstavlja Njutnov zakon viskoznosti za slučaj kada brzina tečnosti linearno opada od v do 0, duž normale na pravac kretanja. Iz te relacije dobija se:

$$\eta = \frac{F_v}{S \cdot \frac{\Delta v}{\Delta d}}$$

Odakle se vidi da je koeficijent viskoznosti brojno jednako sili viskoznosti po jediničnoj dodirnoj površini kada brzina i rastojanje između ploča imaju jediničnu vrednost. [15] Iz ovog izraza sledi da je jedinica za koeficijent viskoznosti $\frac{kg}{m \cdot s}$ ili $Pa \cdot s$. [2]

Koeficijent viskoznosti tečnosti takođe zavisi od temperature i to tako što se vrlo brzo smanjuje sa njenim povišenjem. Na primer, koeficijent viskoznosti glicerina na $100^{\circ}C$ je oko 1000 puta manji nego na $0^{\circ}C$. [15]

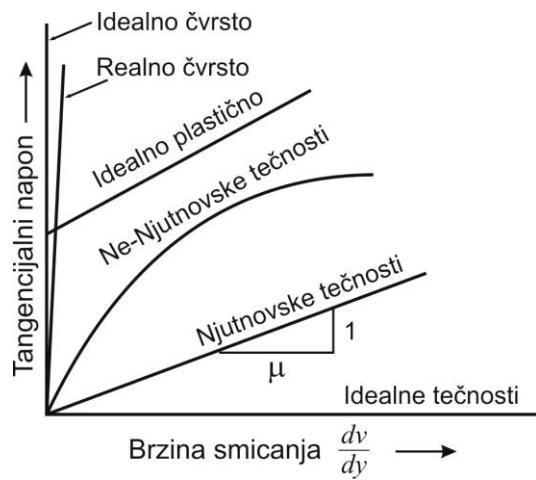
Kod najvećeg broja tečnosti, viskoznost opada sa povišenjem temperature, a raste sa povećanjem pritiska. Kada je reč o gasovima, tu viskoznost raste zajedno sa povišenjem i temperature i pritiska. Najjednostavnije rečeno, što je veća viskoznost nekog fluida, više otpora će pružiti svom proticanju. U sledećoj tabeli, date su vrednosti viskoznosti na sobnoj temperaturi, za neke supstance sa kojima se svakodnevno srećemo.

Supstanca	Koeficijent viskoznosti η (Pas)
Vazduh	10^{-5}
Voda	10^{-3}
Etil alkohol	1.2×10^{-3}
Maslinovo ulje	0.1
Med	10
Bitumen	10^8
Topljeno staklo	10^{12}

Kao što se vidi iz tabele, vrednosti viskoznosti rastu i teorijski bi mogle ići u beskonačnost. Iz ovoga je očigledno da granica između tečnosti i čvrstih supstanci nije tako oštra kao što se misli. [3]

Njutnov zakon viskoznog trenja važi za sve homogene tečnosti ili gasove, ali ne i za suspenzije i koloidne rastvore, koje se nazivaju ne-Njutnovskim tečnostima.

Na sledećem grafiku prikazane su zavisnosti različitih tipova materijala i tangencijalnog napona od brzine smicanja. [3]



5. NE-NJUTNOVSKE TEČNOSTI

Ne-Njutnovske tečnosti su one čija je viskoznost promenljiva u zavisnosti od primjenjenog pritiska ili sile. Najpoznatija tečnost ovog tipa je koloidni rastvor kukuruznog skroba u vodi koji se često naziva i Oobleck. [8] Ponašanje Njutnovskih tečnosti, kao što je na primer voda, vrlo jednostavno može da se opiše uz poznavanje temperature i pritiska. Međutim, kod ne-Njutnovskih tečnosti, fizičke karakteristike se menjaju praktično iz sekunda u sekund, zajedno sa promenom delovanja sila.

Veliki broj naučnika izučava ovu vrstu tečnosti i ona ima svoje podvrste, u zavisnosti od fizičkih veličina od kojih zavisi njihova viskoznost. Iako podela nije strogo određena, jer često neki fluidi imaju više takvih karakteristika istovremeno, jedna od podela ne-Njutnovskih tečnosti bi mogla biti na:

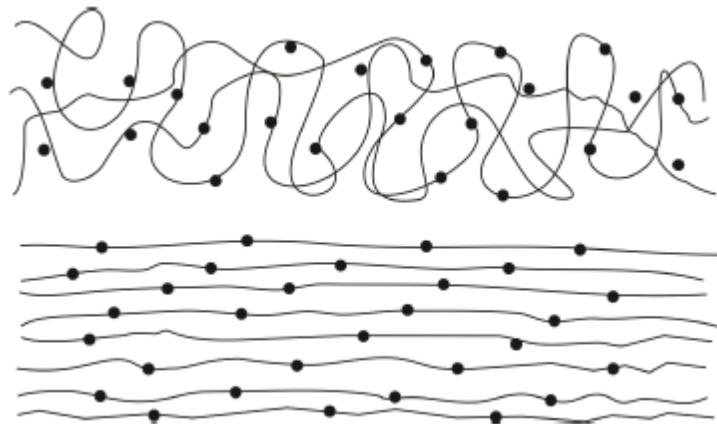
- Vremenski nezavisno ponašanje fluida
 - pseudoplastično ponašanje (viskoznost opada sa povišenjem stepena smicanja)
 - viskozno-plastično ponašanje (postoji granična vrednost pritiska koja mora biti primenjena da bi došlo do promena)
 - dilatantno ponašanje (slični pseudoplastičnim, sa timda se sa povećanjem stepena smisanja, povećava i viskoznost fluida)
- Vremenski zavisno ponašanje fluida
 - tiksotropno ponašanje (kada se sa dužinom trajanja smicanja opada viskoznost)
 - reopektino ponašanje (suprotno tiksotropnom ponašanju)
- Viskozno-elastično ponašanje [3]

U ovom radu neće biti opisane detaljne karakteristike svake podvrste ne-Njutnovskih tečnosti, ali one u stručnoj literaturi svakako mogu da se pronađu.

Pretraživanjem interneta postoji mogućnost pronalaska mnoštva zanimljivih i nesvakidašnjih eksperimenata upravo sa ne-Njutnovskim tečnostima. One su posebno zanimljive jer ih možemo naći i u našem svakodnevnom životu. Osim mešavine kukuruznog skroba, koji skoro svaka domaćica ima u svojoj kuhinji, i vode, što je s jedne strane i osnovna supstanca omiljenog dezerta većine dece - pudinga, u tečnosti koje nemaju stalnu viskoznost spadaju i kečap, pasta za zube, kao i razne farbe i šamponi. [4]

Sve tečnosti čija viskoznost ne može da se opiše jednom, Njutnovom jednačinom viskoznosti, spadaju u ne-Njutnovske tečnosti. Bilo da su organskog ili neorganskog porekla čvrsta supstanca koloidnog rastvora imaja duge, lančane molekule.

Upravo je to slučaj i sa mešavinom kukuruznog skroba i vode. Molekuli skroba su dugi i usled pritiska oni se ispravljuju i upliću, pa ih je jako teško razdvijiti. Upravo taj slučaj je prikazan na slici.



Gornji deo slike opisuje normalno stanje, usled odsustva delovanja sila (pritiska), a donji deo slike demonstrira duge molekule skroba koji se ispravljuju i upliću kao prsti, te ih je teško razdvojiti. Nakon prestanka delovanja sile, sistem se vraća u prethodno, normalno stanje. [4]

6. PRIMENA NE-NJUTNOVSKIH TEČNOSTI U NASTAVI FIZIKE

Izabrala sam da izučavam ne-Njutnovske tečnosti i njihovu primenu u dodatnoj nastavi fizike, ne samo zato što su one predmet aktuelnih istraživanja, već i zato su prisutne u našem svakodnevnom životu: kečap, priprema pudinga, zubna pasta, pesak... Bez obzira na svoju važnost, mehanika fluida je jedna od tema koju profesori u srednjim školama često zanemaruju. Ipak, ne-Njutnovske tečnosti su vrlo pogodne za mnogo aktivnosti koje uključuju kreativno mišljenje i timski rad učenika, kao i njihovo upoznavanje sa realnim eksperimentalnim radom u laboratoriji. Mnogo zabave u radu sa ovim tečnostima je neizostavno.



Najmlađim učenicima je najzanimljivije da uz pomoć Oobleck-a (mešavina kukuruznog skroba i vode) spoznaju agregatna stanja u prirodi, kao i to da postoje neke supstance koje u odnosu na spoljne uticaje mogu menjati svoje agregatno stanje. Nastavnici najčešće svojim učenicima demonstriraju promenu agregatnog stanja vode, koja je suštinski i najjednostavnija.

Međutim, postoje i drugi spoljni uticaji koji nekim supstancama menjaju agregatno stanje. Taj slučaj je upravo sa Oobleck-om koji je u normalnom stanju tečan, međutim, pod dejstvom pritiska on prelazi u čvrsto agregatno stanje, na samo određeno vreme - dok se na njih vrši pritisak. Spoznaja ove činjenice je od izuzetne važnosti za učenike.

Kako bi mogli što bolje da upoznaju karakteristike materije i različitih agregatnih stanja, najbolje je da učenici sami, uz pomoć svojih čula, iskustveno dođu do zaključaka.

Sa srednjoškolcima je moguće realizovati takođe zanimljive, ali malo složenije eksperimente u okviru dodatne nastave fizike. Iako literatura u oblasti ne-Njutnovskih tečnosti u dodatnoj nastavi fizike nije obimna, postoji nekoliko sjajnih ideja koje nastavnici mogu iskoristiti. Ipak, ova oblast unapređenja nastave fizike je u velikoj ekspanziji.

Eksperiment sa kukuruznim skrobom (Oobleck)

Razred: 3-7 osnovne škole

Cilj: Razumevanje materije i energije

Tema: Karakteristike i promene materije

Posebna očekivanja:

- Posedovanje određenih naučnih istraživačkih/eksperimentatorskih veština pri ispitivanju promena stanja i promene materije
- Prepoznavanje karakteristika svakog agregatnog stanja (npr. čvrsta tela imaju stalni oblik i zapreminu, tečnosti imaju stalnu zapreminu, ali poprimaju oblik posude u kojoj se nalaze ili se šire i rasipaju ukoliko nema posude, gasovi nemaju stalnu zapreminu i kao tečnosti poprimaju oblik posude u kojoj se nalaze ili se rasipaju ukoliko nema posude), kao i navođenje primera za svako od agregatnih stanja.

Potreban materijal:

- Kutija kukuruznog skroba ili „Gustina“
- $\frac{1}{2}$ čaše vode
- Posuda
- Kašika
- Prehrambena boja

Procedura:

- Sipati $\frac{1}{4}$ kutije gustina u posudu
- Dodavati lagano vodu i mešati sve dok se ne postigne masa slična masi za palačinke
- Dodati nekoliko kapi prehrambene boje

Naučni princip

Oobleck je krajnje interesantna supstanca o kojoj postoji mnogobrojna literatura koja pokušava da objasni njegove neobične karakteristike. Kada se na ovu smešu primeni mali pritisak, ona se ponaša kao tečnost. Prst ili lagano puštena kašika u posudu u kojoj se nalazi ova smeša će lagano stići do dna posude. Međutim, kada se primeni veći pritisak, Oobleck počinje da se ponaša kao da je u čvrstom agregatnom stanju, koje će zadržati sve dok pritisak deluje i opiraće se svakom

pomeranju i onemogući će mešanje. Kako se Oobleck ne ponaša kao većina tečnosti, naziva se ne-Njutnovskom tečnošću.



Ali se postavlja pitanje zašto se Oobleck ponekad ponaša kao tečnost, a ponekad kao čvrsto telo? Pokušajte da zamislite pojedinačne molekule i skroba i vode i kako bi se oni ponašali kada se sipaju, a kako kada se na njih vrši pritisak.

Ovo je primer suspenzije, a ne rastvora. Čestice se ne rastvaraju u vodi pa se zato molekuli kukuruznog skroba disperguju u vodi. Kada se ova smeša udari, dugi molekuli skroba postaju bliže. Uticaj sile zarobljava vodu između molekula i praktično stvara čvrstu strukturu. Kada prestane uticaj sile, molekuli se odaljavaju, voda se oslobađa i smesa postaje ponovo tečna. Viskoznost je otponost tečnosti kretanju, odnosno toku. Tako, kada se sipa med, on teče veoma sporo (ima veliku viskoznost) dok voda teče brže (ima manju viskoznost). [9]

Naučnici su formulisali više različitih modela kojim su pokušali da opišu ovo čudnovato ponašanje Oobleck-a, ali još uvek nije pronađeno neko konkretno rešenje. Kao što se može videti kako je teško posmatrati šta se dešava na molekulskom nivou samo posmatranjem karakteristika materije.

Određivanje tipa tečnosti na osnovu njihove viskoznosti

RAZRED: 2-4 srednje škole

Jedan od ciljeva jeste da učenici na osnovu Stoksov zakon, koji opisuje zavisnost brzine od vučne sile, koja se primjenjuje na loptu koja se kreće u viskoznoj tečnosti, odrede da li se radi o Njutnovskoj ili ne-Njutnovskoj tečnosti.

$$F = 6\pi Cr\eta v$$

Gde je r prečnik lopte, a v njena brzina, η je koeficijent viskoznosti tečnosti, a C je konstanta čija vrednost zavisi od posude u kojoj se tečnost nalazi, a postulira se $C=1$ kada je posuda mnogo veća od loptice.

Fluidi za koje je η nezavisno od v su poznate kao Njutnovske, dok one za koje ne važi su ne-Njutnovske. Tako, za Njutnovske tečnosti Stoksov zakon predviđa linearnu zavisnost između brzine kretanja loptice i vučne sile koja na nju deluje. Kod ne-Njutnovskih tečnosti ta zavisnost najčešće nije linearна. Mora se naglasiti da sve ovo važi za laminarni protok tečnosti, bez turbulencija.

Ideja eksperimenta je da se izučavaju dve tečnosti i to jedna takva da se za nju pretpostavlja da je Njutnovska, a druga ne-Njutnovska. U ovom primeru će za Njutnovsku tečnost biti uzet kukuruzni sirup, dok će ne-Njutnovsku tečnost biti uzet Oobleck (mešavina kukuruznog skroba i vode).

Uređaj koji se koristi u ovakovom eksperimentu prikazan je na sledećoj slici:



Viskozimetri koji se načešće koriste, kao što je i sam Stoksov su bazirani na slobodnom padu loptice u fluidu. Kako je ideja da se istražuju i ne-Njutnovske tečnosti, ovaj eksperiment je u mnogome povoljniji za ta istraživanja.

Ovakav problemski način izvođenja vežbe, u kome učenici mogu da osete pravu čar istraživanja, nije predviđena za izvođenje samo na jednom času dodatne nastave, već na 10 časova, u kojima bi učenici pre svega imali prilike da u malim grupama (2-3 učenika) izvedu eksperiment i prikupe sve podatke koji će im u kasnijem radu biti potrebni, za šta je predviđeno 2-3 časa. 5-6 časova je potrebno za sređivanje eksperimentalnih rezultata, računanje, crtanje tabela i grafika, pronalaženje zavisnosti. Na kraju predviđeno je vreme i za grupne diskusije i razmatranje problema tokom izvođenja eksperimenta, načina njihovog prevazilaženja, kao i za prezentaciju i tumačenje dobijenih rezultata.

Kod ovakvog načina rada, nastavnik ima ulogu da usmeri učenike svojim pitanjima ili komentarima u pravom smeru, kojim se dolazi do rešenja. Takođe, njegova uloga je da održava aktivnom diskusiju na temu eksperimenta u toku njegovog izvođenja, kao i da ih usmerava na već usvojena znanja kako iz oblasti fluida, tako i iz oblasti gravitacije i zakona kretanja tela. Na kraju, u toku tumačenja dobijenih rezultata i diskusije, nastavnik opet ima ključnu ulogu u rukovođenju i usmeravanju toka razgovora.

Aparatura potrebna za izvođenje ovog eksperimenta prikazana je na slici i sastoji se od ping-pong loptice koja se nalazi u akrilnom koritu ispunjenim fluidom ($60\text{cm} \times 8\text{cm} \times 10\text{cm}$), sa žicom koja povezuje lopticu sa kontrategom mase m preko kotura. Kada se teg izvede iz stanja ravnoteže, optica ubrzava do neke konstantne brzine \vec{v} do momenta kada kontrateg određuje vučnu silu koja deluje na lopticu ($\vec{F} = m\vec{g}$). Kako su optica i kontrateg povezani zategnutom žicom, smatra se da se oni kreću istom brzinom. Tako sila \vec{F} i brzina \vec{v} mogu da se odredе na osnovu merenja mase i brzine kretanja kontratega. Kao kontrateg se koristi plastična časa od 3g koja je napunjena sa 60 ml vode što omogućava lako računanje. Ovde umesto čaše vode pogodno je koristiti i laboratorijske tegove.

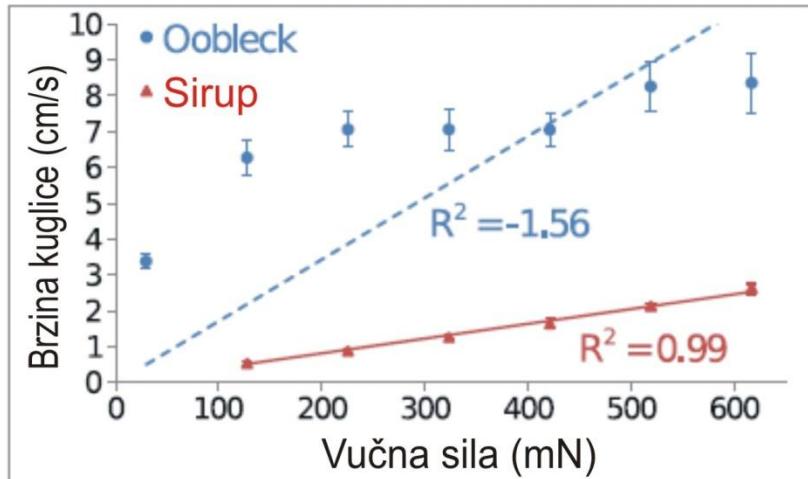
Na samoj loptici su izbušene tri rupice - jedna zbog žice kojom je povezana sa kontrategom, a druge dve su tu kako bi fluid mogao da uđe u nju i spreći da optica pluta ili tone u njemu.

Pri izvođenju ovog eksperimenta uloga profesora je da obezbedi potrebnu opremu i učenicima predstavi generalnu ideju. Na učenicima je da pronađu najbolji način da se eksperiment izvede i da se dođe do rešenja postavljenog problema.

U sređivanju rezultata eksperimenata profesor ponovo ima zadatak da usmeri učenike i da im smernice na koji način da tumače dobijene podatke. Ukoliko studenti pomoću *Microsoft Excel* programa nacrtaju krive za obe ispitivane tečnosti, i analiziraju koeficijent korelacije R^2 dobijenih krivih, moći će da zaključe da li se radi o Njutnovskoj ili ne-Njutnovskoj tečnosti: ukoliko je $R^2 \approx 1$ radi se o Njutnovskoj tečnosti, a ukoliko se dobiju vrednosti $R^2 \approx 1$ radi se o ne-

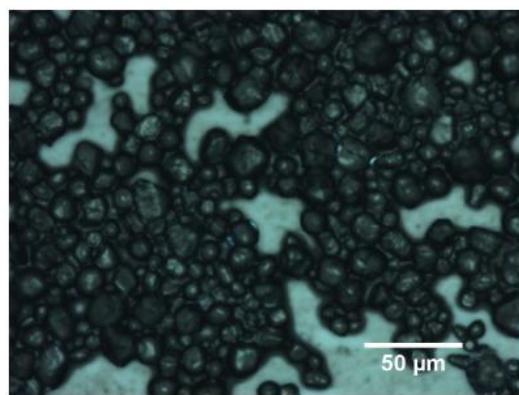
Njutnovskim tečnostima. Za Njutnovske tečnosti, viskoznost može da se izračuna iz Stoksovog zakona.

Međutim, cilj ovog eksperimenta jeste da učenici zaključe na osnovu svojih merenja o kom se tipu tečnosti radi. To se bez komplikovane matematike vrlo lako postiže tumačenjem grafika koji dobiju na osnovu svojih merenih rezultata. Jedan takav je prikazan kao primer na sledećoj slici:



Sa slike, kao i prikazanih vrednosti R^2 može da se zaključi da je kukuruzni sirup Njutnovska tečnost, a Oobleck ne-Njutnovska tečnost.

Na času diskusije dobijenih rezultata, nastavnik ima zadatak da podstakne učenike na razmišljanje o mikroskopskim razlikama između kukuruznog sirupa i Oobleck-a, koje bi mogle da utiču na njihovo makroskopsko ponašanje. Nakon iznošenja prepostavki, bilo bi dobro da nastavnik ima mogućnost da i jednu i drugu supstancu učenicima pokaže pod mikroskopom i na taj način im pomogne u zaključivanju. Upravo na slikama sa mikroskopa, baš kao što je i sledeća:



Može se videti da molekuli kukuruznog skroba u oobleck-u nisu rastvorenni već samo praktično pomešani sa molekulima vode. Ovo ukazuje na razloge različitog makroskopskog ponašanja dve ispitivane tečnosti. [5]

Ovakav pristup radu sa darovitim učenicima na dodatnoj nastavi se u mnogome razlikuje od klasičnih časova dodatne nastave na kojoj se učenici pripremaju za takmičenja. Kroz ovakve časove se produbljuje kritičko mišljenje učenika, podstiče kreativnost i inovativnost, ali se takođe učenici motivišu za dalji razvoj u naučnoj zajednici. Osim toga, primer ne-Njutnovskih tečnosti je izuzetno dobar u demonstraciji neraskidive povezanosti raznih grana nauke, kao što su to u ovom slučaju hemija i fizika. Zajedničkim istraživanjima danas ti naučnici pokušavaju bolje da upoznaju čudnovate karakteristike ovih tečnosti.

Vidljivi zvučni talasi

RAZRED: 1-4 srednje škole

Osim primena u spoznaji prirode i karakteristika materije, na internetu je moguće pronaći mnogo eksperimenata u kojima se upravo uz pomoć malo ređe mešavine skroba i vode mogu vrlo lepo prikazati zvučni talasi. Najčešći problem sa razumevanjem zvučnih talasa kod učenika je to što ne mogu da ih zamisle ili da ih vizuelizuju na pravi način.

Uz pomoć ređeg Oobleck-a je moguće zvučne talase pretvoriti u mehaničke i vidljive talase. Ukoliko se ređa mešavina skroba i vode sipa na zvučnik, a preko nekog audio uređaja ili ton generatora se podešava frekvencija zvuka, tada je učenicima moguće dodatno objasniti pojам više i niže frekvencije, ali im isto tako to i vizuelno pokazati. Moguće je čak formirati i Faradejeve talase, koji su nelinearni stoeći talasi. [8]



Isto je moguće ostvariti i u učionici. Iste stvari su potrebne kao i za prethodni eksperiment uz dodatak zvučnika, metalne tacne i generatora zvuka. Danas je vrlo jednostavno doći do programa koji generišu zvuk tačno određene frekvencije i na taj način učenicima demonstrirati ovaj vrlo zanimljiv i edukativan eksperiment.

Ukoliko ne postoji mogućnost za izvođenje ovih eksperimenata u učionici, moguće je učenicima putem savremene opreme u vidu računara i projektoru prezentovati ovakve eksperimente. U tom slučaju je vrlo zgodno to što snimak eksperimenta može da se zaustavi ili ponovo pusti. Kao jedan od primera navodim: <http://www.youtube.com/watch?v=UU7iuJ98fRQ> [16]

Ovakve aktivnosti osvežavaju nastavu, čine je zanimljivijom, ali se u isto vreme i razvija kreativnost učenika.

7. PRIMENA NE-NJUTNOVSKIH TEČNOSTI U SVRHU POPULARIZACIJE NAUKE

Veoma često se na naučno-popularnim manifestacijama mogu videti vrlo interesantni i zanimljivi eksperimenti sa ne-Njutnovskim tečnostima. Ovakvi eksperimenti privlače izuzetno veliku pažnju posetilaca. Svaki od prethodnih eksperimenata koji su objašnjeni mogu da se izvode na manifestacijama koje imaju za cilj popularizaciju nauke i njeno približavanje onima kojima nauka nije primarno interesovanje. Na Festivalima Nauke u Novom Sadu je više puta korišćena ne-Njutnovska tečnost. U vrlo sličnoj postavci eksperimenta, kao što je onaj u kome je moguće zvučne talase konvertovati u mehaničke, uz gušću mešavinu kukuruznog skroba i vode moguće je napraviti „čudovište“ koje beži iz zvučnika.

Postoji vrlo jednostavno objašnjenje za stvaranje „čudovišta“. Kako ova tečnost na pritisak deluje tako što postane čvrsta, pod uticajem vibracija zvučnika na koji se sipa tečnost, slojevi tečnosti najbliži opni zvučnika trpe udarce, te postaju čvrsti. Oni viši slojevi tečnosti ostaju tečni i prelivaju se preko tih čvršćih delova. [10]



Video snimak ovakvog eksperimenta veoma je lako naći na internetu (kao primer predlažem: <http://www.youtube.com/watch?v=1UVjOoJaWGo>) [16].

Osim toga, na jednom inostranom festivalu nauke, napravljen je veliki bazen, koji je napunjen mešavinom kukuruznog skroba i vode u tačno određenom odnosu, pa su demonstratori i posetnici mogli da pokušaju da hodaju po tečnosti. [4]



Vrlo sličnim eksperimentom se predstavio i Departman za fiziku, Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu, na Noći Istraživača (koja je naučno-popularna manifestacija) 2011. godine. Ni malo nije bilo čudno što su deca bila oduševljena mogućnošću da probaju da hodaju po tečnosti, dok su stariji posetioci sa uživanjem posmatrali šta se dešava i sa radoznalošću postavljali najrazličitija pitanja vezana za samu mešavinu skroba i vode, kao i za fenomen njenog očvršćavanja pri primeni pritiska.

8. ZAKLJUČAK

Iako ne-Njutnovske tečnosti nisu u redovnom planu i programu nastave fizike u osnovnim i srednjim školama, postoje načini koji su opisani u ovom radu na koje bi bilo moguće pokazati ih učenicima.

Demonstracija ili aktivno učešće u eksperimentima sa ovom specifičnom vrstom tečnosti u mnogome doprinosi spoznavanju prirode, njenih osobina, njene različitosti, ali takođe i učenju fizičkih pojava i zakona. Demonstracije i eksperimenti obogaćuju nastavu, čine je zanimljivijom i povećavaju zainteresovanost učenika za fiziku.

U poglavlju o osnovnim ciljevima i zadacima nastave fizike pomenuto je da bi učenici na nastavi fizike trebali da razvijaju kompetencije za izvođenje jednostavnih istraživanja, razvijaju logičko i apstraktno mišljenje i kritički stav u mišljenju kao i da shvate značaj fizike za tehniku i prirodne nauke i uz to razvijaju sposobnosti za primenu znanja iz fizike. [7] Svaki od ovih zadataka vrlo je lako ostvariti na časovima dodatne nastave uz izučavanje karakteristika ne-Njutnovskih tečnosti eksperimentalnim putem. Dodatnu motivaciju za rad u ovoj oblasti bi učenicima trebala da pruža činjenica da su ne-Njutnovske tečnosti veoma aktuelna naučna tema, baš kao što je potraga za Higgs bozonom u CERN-u ili otkriće do sada neoplaženih supernovih u astronomiji. Prednost izučavanja fenomena ne-Njutnovskih tečnosti u odnosu na pomenute je to što se mogu realizovati u učionici i učenici mogu imati neposredan kontakt sa njima, jer nisu toksične.

Iz sopstvenog iskustva rada u školi, kao i na naučno-popularnim manifestacijama, shvatila sam značaj objašnjenja relativno jednostavnih fizičkih pojava koje se kriju iza „čudovišta koje beži iz zvučnika“ ili „neobične tečnosti po kojoj može da se trči“. Kako takve manifestacije posećuju i nastavnici fizike, razgovarali smo o implementaciji ove teme u program njihove dodatne nastave, što bi dodatno doprinelo njenoj raznovrsnosti i kvalitetu, a samim tim i zainteresovanosti učenika, kao i boljem i lakšem usvajanju znanja i njihovoj praktičnoj primeni.

Interesantan zadatak za razmišljanje koji može da se postavi učenicima jeste gde bi ne-Njutnovske tečnosti mogle imati primenu. Kako nauka i tehnika još uvek nisu našle jasnu primenu, ovo pitanje može biti pravi izazov i motivacija za darovite učenike.

Cilj ovog rada je ohrabrvanje kolega nastavnika u osvežavanju programa dodatne nastave, iznošenje ideja za rad sa darovitim učenicima i putokaz kako i njima samima može biti zanimljivije i zabavnije na časovima dodatne nastave. U takvoj atmosferi, nastavniku je mnogo lakše da ostvari svoju vaspitno-obrazovnu ulogu u školskom sistemu.

LITERATURA

- [1] Bar-Meir, G. (2010). *Potto Project Basics of Fluid Mechanics*. Retrieved June 3, 2011, from Potto Project: <http://www.potto.org/FM/fluidMechanics.pdf>
- [2] canteach.library. (2011, May 30). Retrieved June 3, 2011, from canteach: <http://canteach.candu.org/library/20040601.pdf>
- [3] Chhabra, R. (2010). Non Newtonian fluids: Introduction. *SERC School-cum-Symposium on Rheology of complex fluids* (pp. 1-6). Madras, Chennai, India: Indian Institute of Technology Madras.
- [4] Childress, S. (2010). Walking on water. *Journal of Fluid Mechanics*, 644:1-4.
- [5] Dounas-Frazer, D.R., Lynn, J., Zaniewski, A.M., Roth N. (2012) Learning about non-Newtonian fluids in a student driven classroom. ArXiv:1203.2682v1(physics.ed-ph)
- [6] Koren,I.(1990). Nastavnik i nadareni učenici. Priručni material za nastavnike, Biblioteka "Matematička tribina", sveska 9. Arhimedes, Beograd.
- [7] Nacionalni prosvetni savet (2011).Pravilnik o izmenama i dopunama Pravilnika o nastavnom planu i program za gimnaziju. Ministarstvo prosvete Republike Srbije.
- [8] Non-Newtonian fluid. (2011, May 20). Retrieved May 25, 2011, from Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Non-Newtonian_fluid
- [9] Non-Newtonian fluids. (2010, January 18). Retrieved May 25, 2011, from Home Experiments-Science is fun: <http://scifun.chem.wisc.edu/homeexpts/lumpyliquids.htm>
- [10] Spangler, S. (2010). *Steve Spangler Science*. Retrieved may 19, 2012, from www.stevespanglerscience.com
- [11] Petrović, T. (1993). Didaktika fizike-teorija nastave fizike. Beograd
- [12] Popov, S., Jukić, S. (2006). Pedagogija. CNTI,WILLY, Novi Sad
- [13] Raspopović, M. (1992). Metodika nastave fizike. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd
- [14] Raspopović M.,Božin S., Danilović E. (2001). Fizika za drugi razred opšte gimnazije i gimnazije društveno-jezičkog smera, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd.
- [15] Čaluković,N. (2011). Fizika za II razred Matematičke gimnazije. Krug, Beograd
- [16] You Tube. (2012, june). Retrieved june 18, 2012, from You Tube: www.youtube.com

KRATKA BIOGRAFIJA



Elvira Đurđić, rođena 19.06.1986. godine u Novom Sadu. Posle završene osnovne škole „Petar Kočić“ u Temerinu, upisala Gimnaziju u Bečeju 2001. godine. Nakon završetka srednje škole, 2005. godine odlučila se za osnovne studije na smeru „profesor fizike“, Departmana za fiziku, Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu. Zvanje profesora fizike stekla je 2010. godine. Iste godine upisala je master studije, takođe na Prirodno-matematičkom fakultetu, na usmerenju „profesor fizike“. 2010. godine aktivno je učestvovala u nastavi u srednjoj poljoprivrednoj školi u Futogu, a od 2011. godine u nastavi na Departmanu za fiziku, Prirodno-matematičkog fakulteta

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

Monografska dokumentacija

TD

Tip zapisa:

Tekstualni štampani materijal

TZ

Vrsta rada:

Master rad

VR

Autor:

Elvira Đurđić

AU

Mentor:

dr Sonja Skuban

MN

Naslov rada:

Ne-Njutnovske tečnosti u dodatnoj nastavi fizike

NR

Jezik publikacije:

srpski (latinica)

JP

Jezik izvoda:

srpski/engleski

JI

Zemlja publikovanja:

Srbija

ZP

Uže geografsko područje:

Vojvodina

UGP

Godina:

2013

GO

Izdavač: Autorski reprint

IZ

Mesto i adresa: Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

MA

Fizički opis rada:

FO

Naučna oblast: Fizika

NO

Naučna disciplina: Eksperimenti u mehanici i termodinamici

ND

Predmetna odrednica/ ključne reči: Viskoznost, fluidi

PO

UDK

Čuva se: Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

ČU

Važna napomena: nema

VN

Izvod:

U radu su predstavljeni osnovni ciljevi i zadaci nastave fizike u gimnaziji. Osim tog predstavljen je značaj dodatnog rada i rada sa darovitim učenicima u vidu eksperimentalnih vežbi. Kao izuzetno pogodan fenomen za takav način rada predstavljene su ne-Njutnovske tečnosti kao i eksperimenti koji se na različitim nivoima obrazovanja mogu izvoditi.

Datum prihvatanja teme od NN veća:

20.09.2013.

DP

Datum odbrane:

30.09.2013.

DO

Članovi komisije:

KO

Predsednik: dr Željka Cvejić, vanredni profesor
član: dr Fedor Skuban, docent
član: dr Sonja Skuban, vanredni profesor

UNIVERSITY OF NOVI SAD

FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type: Monograph publication

DT

Type of record: Textual printed material

TR

Content code: Master paper

CC

Author: Elvira Đurđić

AU

Mentor/comentor: Ph.D. Sonja Skuban

MN

Title: Non-Newtonian fluids in additional physics classes

TI

Language of text: Serbian (Latin)

LT

Language of abstract: English

LA

Country of publication: Serbia

CP

Locality of publication: Vojvodina

LP

Publication year: 2013

PY

Publisher: Author's reprint

PU

Publication place: Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

PP

Physical description:

PD

Scientific field: Physics

SF

Scientific discipline: Experiments in mechanics and thermodynamics

SD

Subject/ Key words: Viscosity, fluids

SKW

UC

Holding data: Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4

HD

Note: none

N

Abstract:

In this paper have been presented some of the main goals and tasks of physics teaching in gymnasium. Also, there is shown the significance of additional classes and work with gifted students. Very good phenomena for making interesting the additional classes and curiosity raising is the non-Newtonian fluid. In this paper are shown some ideas for experiments in different levels of knowledge with non-Newtonian fluids.

Accepted by the Scientific Board:

20.09.2013.

ASB

Defended on:

30.09.2013.

DE

Thesis defend board:

DB

President: dr Željka Cvejić, associate professor

Member: dr Fedor Skuban, assistant professor

Member: dr Sonja Skuban, associate professor