

Analiza teme uzgona u osnovnoškolskoj i srednjoškolskoj nastavi fizike

Zelić, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, University of Split, Faculty of science / Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:166:271713>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-01**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Science](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



Sveučilište u Splitu
Prirodoslovno – matematički fakultet

**Analiza teme uzgona u osnovnoškolskoj i
srednjoškolskoj nastavi fizike**

Diplomski rad

Ana Zelić

Split, listopad 2021.

Temeljna dokumentacijska kartica

Sveučilište u Splitu
Prirodoslovno – matematički fakultet
Odjel za fiziku
Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Hrvatska

Diplomski rad

Analiza teme uzgona u osnovnoškolskoj i srednjoškolskoj nastavi fizike

Ana Zelić

Sveučilišni diplomski studij Matematika i fizika, nastavnički smjer

Sažetak:

U ovom radu proučavani su načini na koji se tema sile uzgona obrađuje u nastavi osnovne i srednje škole. Navedeni su odgojno-obrazovni ishodi koji moraju biti ispunjeni te odabrane međupredmetne teme iz krikuluma koje moraju biti ostvarene. U radu su dani primjeri nekoliko pokusa koji se mogu izvoditi na nastavi, a uz pomoću kojih se može odrediti ovisnost sile uzgona o gustoći tekućine i volumenu uronjenog dijela tijela u tekućinu. Navedeni su i analizirani primjeri zadataka vezani za silu uzgona za osnovnu i srednju školu. Također su dani i diskutirani primjeri zadataka s državne mature s obzirom na to da je uočeno da se na 88% državnih matura iz fizike u posljednje četiri godine pojavio jedan zadatak iz gradiva sile uzgona. Analizirani su odabrani udžbenici za osnovnu i srednju školu te su konačno dani prijedlozi kako učenicima nastavu fizike, a posebno sat u kojem se obrađuje sila uzgona, učiniti što jasnijom i zanimljivijom.

Ključne riječi: hidrostatički tlak, sila uzgona, kurikulum, odgojno-obrazovni ishodi, pokus

Rad sadrži: 47 stranica, 31 slika, 1 tablica, 28 literaturna navoda. Izvornik je na hrvatskom jeziku.

Mentor: doc. dr. sc. Ivana Weber

Ocjenjivači: doc. dr. sc. Ivana Weber
prof. dr. sc. Mile Dželalija
izv. prof. dr. sc. Željana Bonačić Lošić

Rad prihvaćen: 7. listopada 2021.

Rad je pohranjen u knjižnici Prirodoslovno – matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu.

| |
|---------------------------------|
| Basic documentation card |
|---------------------------------|

University of Split
Faculty of Science
Department of Physics
Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Croatia

Master thesis

The Analysis of Buoyancy Topic within Elementary and High School Education

Ana Zelić

University graduate study programme Mathematics and Physics, orientation Education

Abstract:

This paper deals with the way in which the buoyancy topic is studied within a primary and secondary education teaching. The educational outcomes that must be satisfied are listed as well as interdisciplinary topics from the curriculum that must be achieved. The paper explains several experiments that can be performed in the class, to demonstrate the dependence of the buoyancy force on the liquid density and the body volume immersed in the liquid. Examples of problems related to buoyancy force for primary and secondary education are also given and analysed. Several examples of problems from the state matriculation exams in physics are presented, considering that in the last four years within 88% of those exams there is a task from the buoyancy force topic. Selected textbooks for primary and secondary education were analysed. And finally, suggestions on how to make the physics teaching, especially the lessons in which the buoyancy is studied, more comprehensible and interesting, are proposed.

Keywords: hydrostatic pressure, buoyancy force, curriculum, educational outcomes, experiment

Thesis consists of: 47 pages, 31 figures, 1 table, 28 references. Original language: Croatian

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ivana Weber

Reviewers: Assist. Prof. Dr. Ivana Weber
Prof. Dr. Mile Dželalija
Asoc. Prof. Dr. Željana Bonačić Lošić

Thesis accepted: October 7th, 2021

Thesis is deposited in the library of the Faculty of Science, University of Split.

Sadržaj

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Uvod | 1 |
| 2 | O uzgonu | 3 |
| 2.1 | Fluidi..... | 3 |
| 2.2 | Mehanika fluida | 4 |
| 2.3 | Sila uzgona..... | 4 |
| 3 | Kurikulum nastavnog predmeta Fizika za osnovne škole i gimnazije..... | 8 |
| 3.1 | Općenito o predmetu Fizika..... | 8 |
| 3.2 | Odgojno-obrazovni ishodi, razrada ishoda i razina usvojenosti..... | 9 |
| 4 | Tema uzgona u osnovnoj školi | 13 |
| 4.1 | Što je uzgon za osnovnoškolca | 13 |
| 4.2 | Motivacija i pokusi | 17 |
| 4.3 | Zadatci | 24 |
| 4.4 | Udžbenici i ostali nastavni materijali | 25 |
| 5 | Tema uzgona u srednjoj školi | 28 |
| 5.1 | Što je uzgon – ponavljanje i nadograđivanje znanja | 28 |
| 5.2 | Motivacija i pokusi | 30 |
| 5.3 | Zadatci | 33 |
| 5.3.1 | Zadatci na državnoj maturi | 35 |
| 5.4 | Udžbenici i ostali nastavni materijali | 38 |
| 6 | Prijedlozi..... | 40 |
| 6.1 | Nastavni materijali..... | 40 |
| 6.2 | Digitalni nastavni materijali | 41 |
| 6.3 | Dodatna nastava i izvannastavna aktivnost | 43 |
| 7 | Zaključak..... | 45 |
| 8 | Literatura..... | 46 |

1 Uvod

S konceptom uzgona učenici se prvi put susreću u sedmom razredu osnovne škole, a zatim gradivo ponavljaju i produbljuju u drugom razredu srednje škole, količinski ovisno o srednjoškolskom programu.

I prije nego što se upoznaju s pojmom uzgona, učenici se u svakodnevnom životu susreću s raznim fenomenima vezanim uz uzgon koji im nisu potpuno jasni. Na primjer zašto se balon napunjen helijem diže u zrak ili zašto veliki brod pluta na moru, a ne tone. Upravo kroz nastavu fizike, izvođenje pokusa i formula, učenici mogu razumjeti te i mnoge druge fenomene iz svakodnevnog života.

Ono što mi danas nazivamo silom uzgona, Arhimed iz Sirakuze uočio je još u trećem stoljeću prije Krista. On je bio matematičar, fizičar i izumitelj te jedan od najistaknutijih antičkih znanstvenika. Arhimedov zakon glasi: iznos sile uzgona uvijek je jednak težini istisnute tekućine.

U ovom radu prvo će biti definiran i objašnjen pojam fluida, predstaviti će se osnovna svojstva fluida te dati pregled mehanike fluida. To predznanje potrebno je da bi se mogli analizirati sadržaji iz mehanike fluida, a koji se posebno tiču sile uzgona, za osnovnu i srednju školu. Ovaj rad bit će usredotočen upravo na analizu teme uzgona u osnovnoškolskoj i srednjoškolskoj nastavi fizike.

Nakon što se uvedu osnovni pojmovi i objasni sila uzgona, u radu će se navesti odredbe kurikulumu nastavnog predmeta Fizika za osnovne škole i gimnazije. Opisat će se što se po kurikulumu očekuje od nastave fizike i koje sposobnosti učenici stječu tijekom nastave fizike te će se navesti odgojno-obrazovni ishodi i njihova razrada vezana uz temu statike fluida, s obzirom na to da sila uzgona pripada toj grani mehanike fluida. Nadalje, bit će navedene i neke međupredmetne teme propisane kurikulumom koje se ne bi smjele zanemariti tijekom nastavnog procesa i koje mogu biti smjernice za razvoj različitih učeničkih sposobnosti.

Zatim će u radu zasebno biti opisano i analizirano gradivo koje se radi u osnovnoj i srednjoj školi, a tiče se sile uzgona. Bit će opisani i analizirani pokusi koje je moguće izvesti na nastavi. U radu će biti dani i primjeri zadataka koji zadovoljavaju ispunjenost ishoda iz kurikulumu za fiziku za osnovnu i srednju školu. Dan će biti i osvrt na zadatke iz mehanike fluida vezane za uzgon, koji se pojavljuju na državnoj maturi te će biti analizirana učestalost takvih zadataka i navedena znanja koja učenici moraju imati da bi uspješno riješili te zadatke.

U radu će biti analizirano nekoliko udžbenika iz fizike za osnovnu i srednju školu pri čemu će se proučiti količina i kvaliteta dostupnih podataka o sili uzgona. Bit će predloženi dodatni

nastavni materijali koji se mogu koristiti na nastavi, kao što su radni listići za pokuse ili zbirke zadataka za srednju školu.

Na kraju, bit će navedeni neki prijedlozi za poboljšanje nastavnih materijala i sadržaja. Prijedlozi koji se tiču digitalnih nastavnih materijala nisu primjenjivi samo kad je riječ o obradi gradiva sile uzgona nego i na nastavi bilo kojeg nastavnog predmeta. Također, dan je prijedlog o tome kako unaprijediti dodatnu nastavu iz fizike ili organizirati izvannastavnu aktivnost za učenike koji se žele više baviti istraživačkim radom.

2 O uzgonu

U ovom poglavlju bit će definiran i objašnjen pojam fluida, predstaviti će se osnovna svojstva fluida te dati pregled mehanike fluida. To predznanje potrebno je da bi se mogli analizirati sadržaji iz mehanike fluida, a koji se posebno tiču sile uzgona, za osnovnu i srednju školu.

2.1 Fluidi

Jednostavno rečeno, pod pojmom fluida podrazumijeva se svaka tvar koja može teći [1]. Dakle, fluidi su tekućine i plinovi. U nastavku su navedena neka svojstva fluida te razlike tekućina i plinova.

Ono što fluide na prvi pogled razlikuje od krutih tijela jest naoko slobodno gibanje njihovih molekula, budući da su sile među molekulama fluida puno slabije nego one među molekulama krutih tijela. Krute tvari imaju praktički nepromjenjivi oblik te se pod djelovanjem vanjskih sila oblik krutih tijela vrlo malo mijenja (često se te promjene mogu zanemariti) [2].

Tekućine reagiraju na svaku vanjsku silu i vrlo lako mijenjaju svoj oblik. One pod djelovanjem sile teže zauzimaju dno posude u kojoj se nalaze te se prema tome oblikuju. Plinovi, s druge strane, zauzimaju sav raspoloživi volumen. Također, tekućine mogu imati slobodnu površinu dok plinovi ne mogu. [2]

Nestlačivost neke tvari svojstvo je da se volumen te tvari ne mijenja s tlakom. Ne postoje tvari koje su savršeno nestlačive, no tekućine i kruta tijela se smatraju nestlačivima. S druge strane, plinovi su stlačivi zato što im se volumen mijenja s tlakom. [3]

To se može opisati i jednadžbom stanja idealnog plina volumena V , pri temperaturi T i tlaku p :

$$pV = nRT, \quad (2.1)$$

pri čemu su n (broj molova plina) i R (univerzalna plinska konstanta) konstante. Ako se pretpostavi da je i temperatura T konstantna, onda je očigledno da se povećanjem tlaka volumen plina smanji i obratno.

Za gustoću tekućine može se uzeti da je konstantna u cijelom prostoru (zbog nestlačivosti), dok se plinovima gustoća mijenja u prostoru i vremenu (zbog stlačivosti).

Kod fluida se u njihovoj unutrašnjosti, zbog gibanja molekula, javlja sila otpora koja je slična sili trenja pa se naziva unutarnje trenje. To unutarnje trenje naziva se viskoznost i to je bitno svojstvo fluida. [2] Može se reći da viskoznost nastaje zato što se jedan sloj tekućine u gibanju tare o drugi. Te sile trenja nastoje usporiti i spriječiti međusobno gibanje slojeva. Navedene sile puno su veće kod tekućina nego kod plinova. Viskoznost se kvantitativno opisuje koeficijentom viskoznosti koji je mali za fluide koji lako protječu (npr. acetone $3,06 \cdot 10^{-4} \text{ Pas}$ [4] ili voda

$8,94 \cdot 10^{-4} \text{ Pas}$ [5]), a velik za fluide koji teško protječu (npr. glicerin $1,5 \text{ Pas}$ ili smola $2,3 \cdot 10^8 \text{ Pas}$ [5]). Za idealan fluid koeficijent viskoznosti bio bi nula, dok bi za idealno kruto tijelo koeficijent viskoznosti bio beskonačan. Povećanjem temperature molekule fluida više osciliraju oko ravnotežnog položaja pa je manje djelovanje međumolekulskih sila, to jest manje je unutarnje trenje. Za tekućine to znači da se porastom temperature viskoznost smanjuje, no ne mora isto to značiti i za plin. [1]

2.2 Mehanika fluida

Mehanika fluida proučava zakone ravnoteže i strujanja fluida, a dijeli se na statiku i dinamiku fluida. Sam naziv govori o tome da se statika fluida bavi proučavanjem fluida u stanju mirovanja (u stanju ravnoteže), a dinamika fluida proučavanjem fluida u gibanju. Aerodinamika se može smatrati podgranom dinamike fluida, a ona je usredotočena na proučavanje djelovanja zraka na tijela koja se kroz njega gibaju [6].

U statici fluida uzima se da brzine i ubrzanja fluida ne postoje pa je matematički alat koji se u statici koristi puno jednostavniji od onog koji se koristi u dinamici fluida. [2]

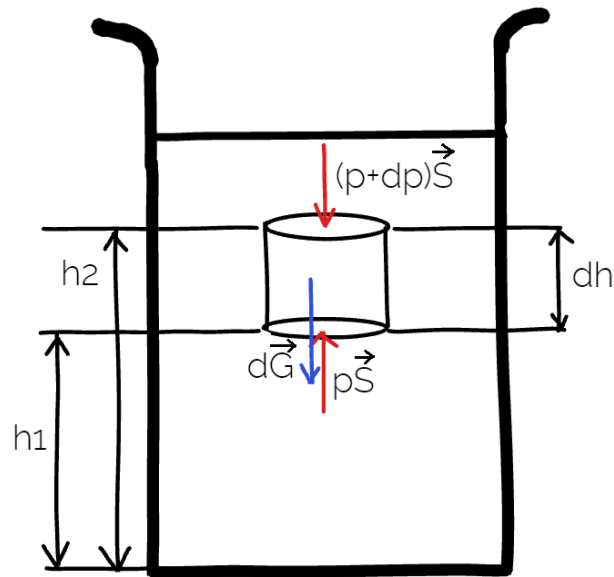
Prema kurikulumu za predmet Fizika, u osnovnoj i srednjoj školi učenici uče o statici fluida, dok o dinamici fluida uče samo u srednjoj školi u kojoj se radi po programu u kojem učenici imaju tri sata nastave fizike tjedno tijekom četverogodišnjeg školovanja. U ovom radu analizirat će se statika fluida, preciznije sila uzgona, i način na koji se ona tumači i obrađuje u nastavi.

2.3 Sila uzgona

Možemo dosta općenito reći da je tlak tenzor koji opisuje djelovanje vanjskih sila na površinu tijela te je određen s devet komponenata matrice reda 3×3 . Kako molekule fluida nisu čvrsto vezane za određeni položaj u tijelu, napetosti se u fluidu jednoliko šire u svim smjerovima. Zbog toga je za opisivanje tlaka u fluidima dovoljno koristiti samo normalnu komponentu sile na površinu, tj. tlak se opisuje skalarnom veličinom. [1]

Neka je tekućina u ravnoteži, tj. neka miruje. Kako se molekule tekućine gibaju, one udaraju u stijenke posude u kojoj se tekućina nalazi, tj. vrše silu na stijenke i na dno posude. Tlakovi u tekućini koji djeluju prema dolje, prema gore i na bočne stijenke posude međusobno su jednaki jer bi se u protivnom molekule tekućine gibale u smjeru djelovanja najvećeg tlaka što je u kontradikciji s time da je tekućina u ravnoteži.

Neka je odabran dio fluida oblika cilindra kako je prikazano na slici 1. Neka je taj cilindar visine dh i površine baze S . Sile koje djeluju na odabrani dio fluida djeluju okomito na njegovu površinu. Kako je tekućina u ravnotežnom stanju i miruje, onda je zbroj svih sila koje djeluju na odabrani cilindar jednak nuli prema prvom Newtonovom zakonu.



Slika 1. Odabrani dio fluida oblika cilindra.

Tada se sve sile koje djeluju na plašt cilindra međusobno poništavaju te preostaju sile na gornju i donju bazu cilindra. Prema dolje djeluju sila teža kojom Zemlja privlači tekućinu u cilindru i sila na gornju bazu cilindra, dok prema gore postoji sila na donju bazu cilindra. Neka je ρ gustoća fluida, onda je masa cilindra jednaka $\rho S dh$, a težina $\rho g S dh$. Neka su sile prema dolje i prema gore na baze cilindra $-(p + dp)\vec{S}$ i $p\vec{S}$, redom.

Ukupna vertikalna sila na baze cilindra mora biti jednaka nuli zbog pretpostavke da je tekućina u ravnoteži. Tada vrijedi:

$$pS - (p + dp)S - \rho g S dh = 0. \quad (2.2)$$

Sređivanjem izraza (2.2) dobije se:

$$\frac{dp}{dh} = -\rho g. \quad (2.3)$$

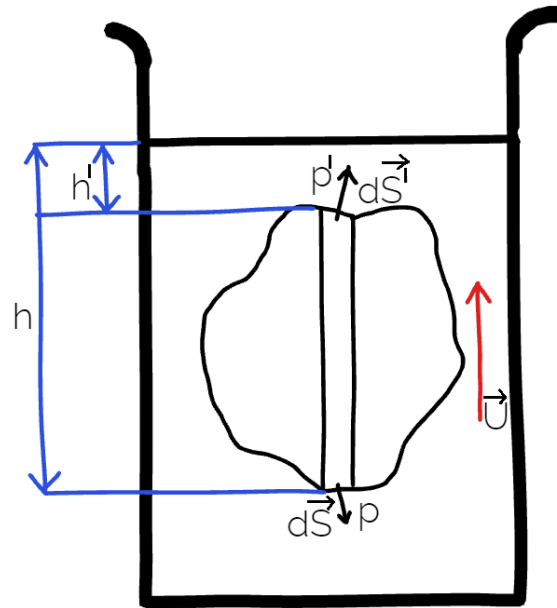
Rješenje ove diferencijalne jednačbe za promjenu tlaka je linearna funkcija

$$p_2 - p_1 = -\rho g(h_2 - h_1). \quad (2.4)$$

Iz izraza (2.4) vidi se da se tlak mijenja proporcionalno s dubinom. Ako se tekućina nalazi u otvorenoj posudi, a gornja baza cilindra nalazi se na površini tekućine, tada je $p_2 = p_{atm} = 101\,325\text{ Pa}$. Označavanjem $p_1 = p$ i $h_2 - h_1 = h$, pri čemu je h dubina na kojoj se mjeri tlak, dobije se izraz:

$$p = p_{atm} + \rho g h \quad (2.5)$$

Jednačba (2.5) predstavlja izraz za veličinu hidrostatičkog tlaka koji raste s dubinom. [1]



Slika 2. Predmet u tekućini presječen infinitezimalnim cilindrom.

Neka se u tekućini nalazi predmet proizvoljnog oblika i neka je presječen infinitezimalnim cilindrom u vertikalnom smjeru. Neka su presjeci cilindra i predmeta površine dS i dS' kao što je prikazano na slici 2. To su elementi površine na koje djeluju sile $d\vec{F} = -pd\vec{S}$ i $d\vec{F}' = -p'd\vec{S}'$ redom. Element površine je usmjeren iz površine tijela prema van, a sila djeluje iz tekućine na tijelo te se zbog toga pojavljuju minusi u prethodnim izrazima. Donji dio predmeta, a time i donja površina dS nalazi se na većoj dubini nego gornji dio predmeta i površina dS' . [1]

Kako je ranije pokazano da hidrostatički tlak ovisi o dubini, to je hidrostatički tlak veći na dio predmeta koji se nalazi na većoj dubini. Posljedica toga je sila uzgona koja djeluje prema gore. Bitna je samo vertikalna komponenta prema gore sile \vec{U} . Neka je ta komponenta jednaka $U_v = \vec{U} \cdot \vec{u}_v$, gdje je \vec{u}_v jedinični vektor vertikalnog smjera prema gore. Tada je [1]:

$$dU_v = (d\vec{F} + d\vec{F}')\vec{u}_v = -(pd\vec{S} + p'd\vec{S}')\vec{u}_v. \quad (2.6)$$

Neka elementi površine $d\vec{S}$ i $d\vec{S}'$ imaju jednaku vertikalnu projekciju iznosa $d\sigma$. Tada je $d\vec{S} \cdot \vec{u}_v = -d\sigma$, a $d\vec{S}' \cdot \vec{u}_v = d\sigma$. Sada je [1]:

$$dU_v = (p - p')d\sigma. \quad (2.7)$$

Zbrajanjem izraza (2.5) pri dubinama h i h' proizlazi da je $p - p' = \rho g(h - h')$, a uvrštavanjem tog izraza u izraz (2.7) dobije se [1]:

$$dU_v = \rho g(h - h')d\sigma. \quad (2.8)$$

Integriranjem prethodnog izraza i uz činjenicu da je $\iint (h - h') d\sigma$ volumen tijela, dobije se izraz [1]:

$$U_v = \rho g V. \quad (2.9)$$

Izraz (2.9) u vektorskom obliku nazivamo uzgon [1]:

$$\vec{U}_v = \vec{u}_v \cdot \rho g V. \quad (2.10)$$

3 Kurikulum nastavnog predmeta Fizika za osnovne škole i gimnazije

U ovom poglavlju bit će navedene odredbe kurikuluma nastavnog predmeta Fizika za osnovne škole i gimnazije. Opisat će se što se po kurikulumu očekuje od nastave fizike i koje sposobnosti učenici stječu tijekom nastave fizike te će se navesti odgojno-obrazovni ishodi i njihova razrada vezana uz temu statike fluida. Nadalje, bit će navedene i neke međupredmetne teme propisane kurikulumom koje se ne bi smjele zanemariti tijekom nastavnog procesa i koje mogu biti smjernice za razvoj različitih učeničkih sposobnosti.

3.1 Općenito o predmetu Fizika

U službenom dokumentu objavljenom u Narodnim novinama 2019. godine (kurikulum) svrha i opis predmeta Fizika opisani su na sljedeći način: "Kao nastavni predmet Fizika potiče razvoj kognitivnih sposobnosti te znanstvenog i stvaralačkog mišljenja. Učenici u skladu sa svojim psihofizičkim razvojem i dobi, razvijaju sposobnosti objašnjavanja fizičkih pojava temeljenih na znanstvenim principima provođenja i vrednovanja eksperimenata ili istraživanja te interpretiranja znanstvenih podataka i činjenica." [7]

U osnovnoj školi fizika se uči u sedmom i osmom razredu, po dva sata tjedno. Prema kurikulumu postoje dva gimnazijska programa za četverogodišnje učenje fizike, jedan model obuhvaća dva nastavna sata Fizike tjedno, a drugi tri sata nastave fizike tjedno kroz sva četiri razreda učenja. Neke četverogodišnje srednje škole također rade po tim modelima, dok neke srednje škole imaju manji ukupni broj sati Fizike pa rade po prilagođenim modelima kojih nema u novom kurikulumu iz 2019. godine (više u potpoglavlju 3.2.). Kurikulumi za strukovne škole dani su u posebnim dokumentima u kojima je opisan nastavni plan i program s brojem sati nastave fizike i razrađenim ishodima. Ti dokumenti mogu se pronaći na stranicama Ministarstva znanosti i obrazovanja.

Nastava fizike temelji se na poticanju učenika da na temelju vlastitog iskustva donose zaključke i da rješavaju probleme. Učenici potrebno iskustvo stječu izvođenjem pokusa, mjerenjima, obradom i prikazivanjem podataka, razmjenjivanjem ideja i na koncu raspravom i kritičkim prosuđivanjem. Učenici kroz nastavu fizike razvijaju i sposobnost timskog rada i suradnje te uvažavanja tuđih ideja i mišljenja. [7]

Osim poticanja interesa za fiziku i stjecanja temeljnih znanja potrebnih za razumijevanje fizičkih fenomena i zakona te razvoja komunikacijskih vještina prilikom razmjene ideja i rezultata, odgojno-obrazovni ciljevi predmeta Fizika jesu i razvoj znanstveno-istraživačkog

pristupa, razvoj kritičko-logičnog razmišljanja, razvoj vještina pri korištenju matematičkih i računalnih alata te razvoj vještina rješavanja problema i vrednovanja rezultata. [7]

Sadržaj predmeta Fizika podijeljen je na četiri domene. To su Struktura tvari, Međudjelovanja, Gibanje i Energija. Ova podjela se ne temelji na podjeli fizike na mehaniku, termodinamiku, elektromagnetizam i valove. Klasična podjela fizike ne upućuje na ispreplitanje tema što je obilježje svakog realnog problema [7]. Navedene domene se međusobno isprepliću te se zbog toga pojedine teme mogu obrađivati u više različitih domena. [8]

Unutar domene Struktura tvari učenik istražuje strukturu tvari počevši od osnovne građevne jedinice – atoma. Učenik proučava objekte koji su sastavljeni od atoma, ali i sastav samih atoma. Unutar domene Međudjelovanja učenik istražuje međudjelovanja tijela i čestica te uči da je ono važno za opis promjene gibanja tijela kao i za predviđanje stabilnosti nekog sustava. U domeni Gibanje učenik opisuje gibanja pomoću koncepata pomaka, brzine, akceleracije, zakona očuvanja energije i količine gibanja te sudara tijela, a u domeni Energija učenik proučava energiju, istražuje njezine manifestacije, vrste energija i zakon očuvanja energije. [7]

3.2 Odgojno-obrazovni ishodi, razrada ishoda i razina usvojenosti

Za svaku nastavnu temu kurikulumom su propisani odgojno-obrazovni ishodi koji predstavljaju jasne iskaze očekivanja od učenika u pojedinoj godini učenja i poučavanja predmeta Fizika.

U kurikulumu se nalazi popis odgojno-obrazovnih ishoda za razinu usvojenosti "dobar", međutim ta razina usvojenosti ne predstavlja ocjenu "dobar (3)", već prosjek koji služi za procjenu ostvarenosti pojedinog ishoda na kraju razreda. [8]

Na slici 3 prikazani su odgojno-obrazovni ishodi i njihova razrada vezana za gradivo statike fluida u osnovnoj školi. Crvenom bojom podcrtani su sadržaji i preporuke za ostvarivanje odgojno-obrazovnih ishoda koji se direktno tiču sile uzgona. Kratica FIZ OŠ B.7.5. označava da se radi o predmetu Fizika u osnovnoj školi, slovo B oznaka je za domenu Međudjelovanja, broj 7 označava sedmi razred, a broj 5 je redni broj odgojno-obrazovnog ishoda.

Prema slici 3, uzgon spada u sadržaje za ostvarivanje odgojno-obrazovnog ishoda koji glasi da učenik analizira utjecaje tlaka. Preporuča se da učenici razumiju kakav i koliki utjecaj sila uzgona ima u pomorstvu i životinjskom svijetu. Primjeri za to bit će navedeni kasnije u radu, pri analizi sile uzgona u osnovnoj školi.

| | |
|--|--|
| ODGOJNO-OBRAZOVNI ISHODI FIZ OŠ B.7.5. <i>Analizira utjecaj tlaka.</i> | RAZRADA ISHODA <ul style="list-style-type: none">• Konstruira koncept tlaka.• Kvalitativno objašnjava podrijetlo hidrostatičkog i atmosferskog tlaka.• Analizira utjecaj tlaka na primjerima. |
| ODGOJNO-OBRAZOVNI ISHODI NA RAZINI OSTVARENOSTI DOBAR NA KRAJU RAZREDA <ul style="list-style-type: none">• Navodi primjere tlakova iz svakodnevice. | |
| SADRŽAJI ZA OSTVARIVANJE ODGOJNO-OBRAZOVNIH ISHODA <p>Međudjelovanje, elastična sila, gravitacijska sila, sila teža, <u>uzgon</u>, pritisna sila, sila trenja, poluga, tlak, <u>hidrostatički tlak</u>, atmosferski tlak.</p> | |
| PREPORUKE ZA OSTVARIVANJE ODGOJNO-OBRAZOVNIH ISHODA <p>Potrebno je poznavati i uzeti u obzir učenikove postojeće ideje i znanja o polugama koja najčešće koriste (npr. klješta, škare i slično) ili o promjenama tlaka zraka jer će oni izravno utjecati na kvalitetu i točnost mentalnih modela koji će se formirati u tom procesu. Neke učenikove intuitivne ideje o fizičkim pojavama poput međudjelovanja, težine, tlaka i slično mogu biti u suprotnosti s fizičkim idejama koje treba usvojiti pa će učenje katkad zahtijevati modificiranje ili restrukturiranje intuitivnih ideja.</p> <p>Dobro je da učenici steknu osjećaj za iznose sila koje svakodnevno koriste i da ih uspoređuju. Dobro je raspraviti koliko silu treba upotrijebiti za podizanje nekog tereta ili za vuču.</p> <p>Preporuča se da učenici:</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>razumiju kakav je i koliki utjecaj sile uzgona u pomorstvu i životinjskom svijetu</u>• razlikuju masu i težinu• razumiju i navode primjere tlakova iz svakodnevnog života (krvni tlak, tlak u gumama, tlak u balonu i slično)• analiziraju različite uvjete ravnoteže na realnim primjerima (ovješena slika, uteg na užetu, stajanje, vožnja bicikla i slično). <p>Glagol „konstruira“ (konstruira koncept sile trenja i slično) dolazi iz konstruktivistički usmjerene nastave.</p> | |

Slika 3. Tablica odgojno-obrazovnih ishoda i njihovih razrada vezana za gradivo uzgona u osnovnoj školi (slika preuzeta s https://skolazazivot.hr/wp-content/uploads/2020/06/FIZ_kurikulum.pdf [8]).

Program koji ima tri sata Fizike tjedno kroz četverogodišnje školovanje provodi se u prirodoslovnim i prirodoslovno-matematičkim gimnazijama. Od strukovnih škola, učenici koji se školuju za elektrotehničara u elektrotehničkoj školi također pohađaju nastavu fizike po tom programu. [9]

Program koji ima dva sata nastave fizike tjedno kroz četverogodišnje školovanje provodi se u općim i klasičnim gimnazijama. U jezičnim gimnazijama isti program provodi se na način da je Fizika u 1. i 2. razredu obavezan predmet, a u 3. i 4. izborni. Učenici tog usmjerenja završavaju obavezan predmet Fizika s ishodima iz prva dva razreda [8].

Po istom programu (dva sata tjedno kroz sva četiri razreda) rade neke strukovne škole kao što su smjerovi tehničar za računalstvo i tehničar za elektroniku u elektrotehničkoj školi te smjer tehničar za strojeve s primijenjenim računalstvom u obrtno tehničkoj školi. [9], [10]

Na primjer u pomorskoj školi te smjerovi zdravstveno-laboratorijski tehničar, farmaceutski tehničar te sanitarni tehničar u zdravstvenoj školi nastavu fizike imaju u prva tri razreda po dva sata tjedno, dok u istoj školi smjerovi za fizioterapeutske tehničara, dentalnog tehničara te medicinsku sestru/tehničara opće njege imaju Fiziku samo prva dva razreda po dva sata tjedno te nemaju izbornu opciju pohađanja nastave fizike u ostalim razrednima kao u jezičnoj gimnaziji. [11], [12]

Odgojno-obrazovni ishodi i njihova razrada za oba modela nastave četverogodišnjeg gimnazijskog programa vrlo su slični. Na slici 4 prikazani su odgojno-obrazovni ishodi i njihova razrada vezana za gradivo statike fluida u srednjoj školi, za program po kojem se nastava fizike odvija tri sata tjedno kroz sva četiri razreda. Crvenom bojom podcrtni su ishodi vezani direktno za silu uzgona. Kratica FIZ SŠ B.2.1. označava da se radi o predmetu Fizika u srednjoj školi, slovo B oznaka je za domenu Međudjelovanja, broj 2 označava drugi razred, a broj 1 je redni broj odgojno-obrazovnog ishoda.

Osim zadovoljavanja odgojno-obrazovnih ishoda, prema kurikulumu postoje i međupredmetne teme koje su tijekom nastavnog procesa važne za učenike. Kako Fizika spada u prirodoslovne predmete, ona je usko povezana s Prirodom, Kemijom, Biologijom, čak i Geografijom.

Cilj međupredmetnih tema jest povezati nastavne predmete radi, između ostalog, bolje prenosivosti znanja i vještina. Usvajanjem međupredmetnih ishoda učenici se pripremaju za izazove s kojima će se susresti tijekom života, a ne samo kroz svoje školovanje. Neke od međupredmetnih tema su da učenik uspješno surađuje s drugim učenicima i nastavnikom u različitim situacijama, da ostvaruje dobru komunikaciju s drugima te da upravlja svojim emocijama i ponašanjem. Kroz nastavu se želi postići da se učenik koristi različitim strategijama učenja, da samovrednuje proces učenja i svoje rezultate te da procjenjuje ostvareni napredak na temelju čega može planirati buduće učenje. Važno je da učenik kritički promišlja, da samostalno oblikuje i vrednuje svoje ideje te da kreativno pristupa rješavanju problema. Također je važno da učenik sam procjenjuje izvore i rezultate pretraživanja i da kritički odabire potrebne informacije koristeći se informacijsko komunikacijskom tehnologijom. [13]

| | |
|---|--|
| <p>ODGOJNO- -OBRAZOVNI ISHODI</p> <p>FIZ SŠ B.2.1.</p> <p><i>Primjenjuje zakone statike fluida.</i></p> | <p>RAZRADA ISHODA</p> <ul style="list-style-type: none">• Objašnjava sile u fluidima, pritisnu silu i tlak.• Objašnjava načelo hidrauličkog tijeska.• Objašnjava nastanak hidrostatičkog i atmosferskog tlaka.• Objašnjava ravnotežu tijela uronjenog u fluid.• <u>Primjenjuje silu uzgona.</u>• Primjenjuje zakone statike fluida na primjerima. <hr/> <p>ODGOJNO-OBRAZOVNI ISHODI NA RAZINI OSTVARENOSTI DOBAR NA KRAJU RAZREDA</p> <ul style="list-style-type: none">• Objašnjava načelo rada hidrauličkog uređaja.• Crta dijagram sila na tijelo uronjeno u fluid.• Objašnjava uvjete lebdenja, plutanja i tonjenja tijela u fluidu te opisuje odgovarajuće pojave u prirodi. |
| <p>SADRŽAJI ZA OSTVARIVANJE ODGOJNO-OBRAZOVNIH ISHODA</p> <p>Tlak, hidrostatički tlak, vanjski tlak na fluid, <u>sila uzgona</u>, atmosferski tlak.</p> | |
| <p>PREPORUKE ZA OSTVARIVANJE ODGOJNO-OBRAZOVNIH ISHODA</p> <p><u>Dobro je tlak i uzgon povezati sa stvarnim situacijama i učenikovim iskustvima</u> poput utjecaja hidrostatičkog i atmosferskog tlaka na ljudsko tijelo jer to podiže motivaciju za učenje i povećava relevantnost sadržaja za učenika.</p> <p>Objasniti različite mjerne jedinice tlaka koje su češće u uporabi (tlak zraka, tlak krvi i slično).</p> <p>Potrebno je istaknuti opasnost dekompresijske bolesti pri ronjenju te povezati s barokomorom.</p> <p>U ovom odgojno-obrazovnom ishodu preporučuje se primjenjivati zadatke srednje i veće složenosti.</p> | |

Slika 4. Tablica odgojno-obrazovnih ishoda i njihovih razrada vezana za gradivo uzgona u gimnaziji, četverogodišnji program, tri sata nastave fizike tjedno kroz sva četiri razreda (slika preuzeta s https://skolazivot.hr/wp-content/uploads/2020/06/FIZ_kurikulum.pdf [8]).

4 Tema uzgona u osnovnoj školi

U ovom poglavlju bit će opisano i analizirano gradivo koje se obrađuje u osnovnoj školi, a tiče se sile uzgona. Bit će opisani i analizirani pokusi koje je moguće izvesti na nastavi te će biti dani primjeri zadataka koji zadovoljavaju ispunjenost ishoda iz kurikuluma za fiziku za osnovnu školu. Nadalje, bit će analizirano nekoliko udžbenika iz fizike za osnovnu školu, pri čemu je proučena količina i kvaliteta dostupnih podataka o sili uzgona.

4.1 Što je uzgon za osnovnoškolca

Tema uzgona prvi put se u nastavi fizike spominje u sedmom razredu osnovne škole. Prema prijedlogu godišnjeg izvedbenog kurikuluma za Fiziku u 7. razredu osnovne škole za školsku godinu 2020./2021. kojeg izdaje Ministarstvo znanosti i obrazovanja, uzgon se obrađuje dva školska sata i to u sklopu razrade teme tlaka. Učenici se prvo upoznaju s pojmom tlaka, zatim posebno uče o atmosferskom i hidrostatičkom tlaku, a poslije toga se upoznaju s pojmom uzgona. [13] Iz slike 3 vidi se da ta tema pripada domeni Međudjelovanje.

Učenike sedmih razreda osnovne škole treba upoznati s pojmom fluida, ali se hidrostatički tlak i uzgon opisuju samo u tekućini. Zbog toga se u nastavku ovog poglavlja govori o hidrostatičkom tlaku i uzgonu u tekućini, a ne u fluidu. Svejedno, važno je učenicima napomenuti da uzgon postoji i u zraku, tj. i u plinovima.

Učenicima sedmog razreda uzgon je potrebno objasniti na puno jednostavniji način od onog koji je obrađen u drugom poglavlju ovog rada. Prethodno sili uzgona, učenici uče što je hidrostatički (ili hidrostatski) tlak i zašto se javlja. Učenike u osnovnoj školi uči se da tlak u tekućinama ili hidrostatički tlak uzrokuje težina same tekućine te se shodno tome taj tlak povećava s dubinom. Općenita formula za tlak glasi:

$$p = \frac{F_p}{A}, \quad (4.1)$$

pri čemu je F_p iznos okomite pritisne sile na površinu A . S obzirom na to da je pritisna sila u nekoj točki tekućine upravo jednaka težini tekućine, uzima se da je

$$F_p = G = mg. \quad (4.2)$$

Masa tekućine m jednaka je umnošku gustoće tekućine i njezina volumena:

$$m = \rho \cdot V. \quad (4.3)$$

Kombinacijom izraza (4.1), (4.2) i (4.3) dobije se izraz:

$$p = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{A}. \quad (4.4)$$

Volumen stupca tekućine može se računati po formuli za volumen cilindra $V = A \cdot h$ pri čemu je h dubina na kojoj se mjeri tlak u tekućini, pa se dobije izraz:

$$p = \frac{\rho \cdot A \cdot h \cdot g}{A} = \rho \cdot h \cdot g. \quad (4.5)$$

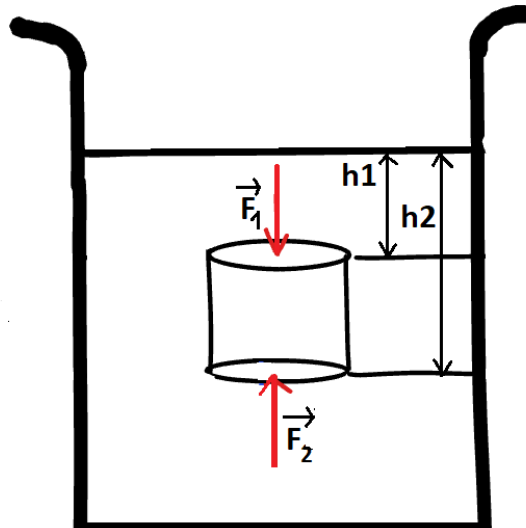
Upravo to je izraz za hidrostatički tlak u tekućini. Njegov iznos proporcionalan je gustoći tekućine, dubini na kojoj se ona nalazi i ubrzanju sile teže iznosa g . [14]

Kad je tijelo uronjeno u tekućinu, na njega djeluju hidrostatički tlakovi od gore, od dolje i sa strane. Sile koje djeluju sa strane možemo nazvati bočne ili horizontalne sile. One se međusobno poništavaju zato što je na istoj dubini tlak jednak pa su jednaki i iznosi bočnih sila koje su suprotne orijentacije. Kako je iz izraza (4.5) vidljivo da je hidrostatički tlak veći na većoj dubini, to su tlakovi na tijelo u tekućini od gore i od dolje različiti. Točnije, tlak koji na tijelo djeluje od dolje je veći od tlaka koji na tijelo djeluje od gore. Slijedi da su onda i sile koje djeluju na tijelo od gore i od dolje različite, tj. da je sila koja djeluje od dolje veća. Rezultantna sila koja tada djeluje na tijelo usmjerena je prema gore i naziva se sila uzgona.

Neka je iznos sile koja na uronjeno tijelo djeluje od dolje jednak F_2 , a iznos sile koja na tijelo djeluje od gore jednak F_1 . Zbog jednostavnosti, neka tijelo koje je uronjeno u tekućinu ima oblik valjka kao na slici 5.

Sila je umnožak tlaka i površine na koju tlak djeluje. Tada za razliku iznosa F_2 i F_1 vrijedi:

$$F_2 - F_1 = p_2 A - p_1 A \quad (4.6)$$



Slika 5. Skica tijela oblika valjka u tekućini i sile koje na njega djeluju u vertikalnom smjeru.

pri čemu su p_2 i p_1 hidrostatički tlakovi koji djeluju na donju i gornju bazu valjka redom, a A je površina baze valjka. Uvrštavanjem izraza (4.5) u (4.6) dobije se da je

$$F_2 - F_1 = \rho g V. \quad (4.7)$$

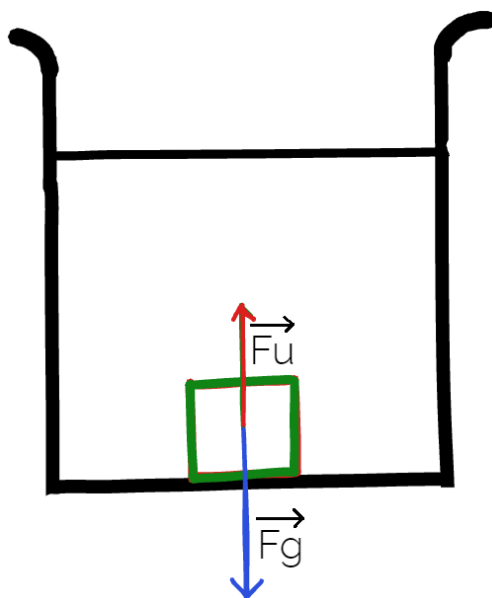
Dakle, uzgon ili sila uzgona je sila kojom tekućina djeluje na tijelo i usmjerena je prema gore. Ovisi o gustoći tekućine u kojoj se tijelo nalazi. S obzirom na to da tekućina ne može djelovati na dio tijela koji nije u samoj tekućini, onda sila uzgona ovisi o volumenu uronjenog dijela tijela.

Te ovisnosti dane su izrazom [15]:

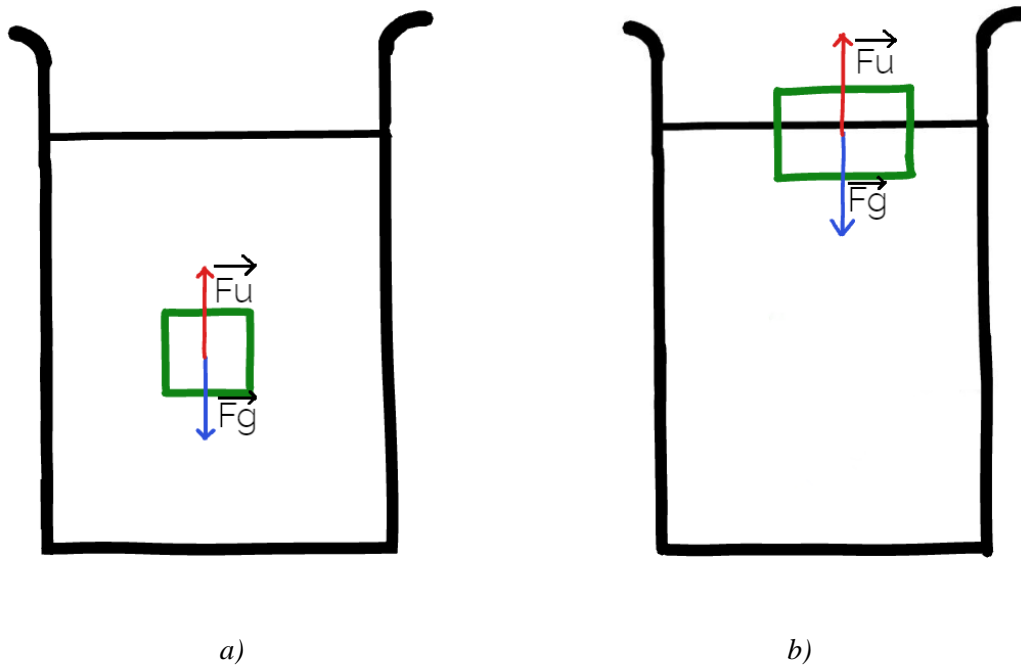
$$F_U = \rho_{tek} \cdot g \cdot V_{ur}. \quad (4.8)$$

Potrebno je analizirati različite slučajeve položaja tijela u tekućini ovisno o odnosu iznosa sile teže i sile uzgona. Spominju se tri moguća položaja tijela u tekućini: tijelo potone, lebdi ili pluta. Sile koje djeluju na tijelo u tekućini u vertikalnom smjeru su sila teža prema dolje i sila uzgona prema gore. U slučaju kada je sila teža većeg iznosa nego sila uzgona, tijelo u tekućini tone (na dno) kao što je prikazano na slici 6.

U slučaju kada je iznos sile uzgona jednak iznosu sile teže, onda tijelo pluta ili lebdi, tj. nalazi se u ravnoteži (slika 7). Ako je tijelo potpuno uronjeno u tekućinu, a iznos sile teže je tada manji od iznosa sile uzgona, onda sila uzgona gura tijelo prema površini i tijelo izranja sve dok se iznos sile uzgona ne izjednači s iznosom sile teže.



Slika 6. Tijelo u tekućini, iznos sile teže je veći od iznosa sile uzgona pa tijelo tone na dno.



Slika 7. Tijelo u tekućini, iznos sile teže jednak je iznosu sile uzgona pa tijelo lebdi (a) ili pluta (b).

Prilikom napomene da uzgon postoji i u zraku, učenicima je korisno pokazati tablicu gustoća različitih fluida pri istim temperaturama i tlaku te je prokomentirati s njima. Iz tablice 1 vidljivo je na primjer da je gustoća helija manja od gustoće zraka. Ako se to primijeni na primjer balona napunjenog helijem iz svakodnevnog života, onda je jasno da je razlog zašto se balon izdiže u zrak taj što je iznos sile uzgona koja djeluje na balon veći od iznosa sile teže koja djeluje na balon.

U kurikulumu za Fiziku preporuča se da učenici razumiju kakav i koliki utjecaj sile uzgona ima u pomorstvu i životinjskom svijetu. Nastavnik može s učenicima porazgovarati o tome kako brodovi imaju tankove koje pune morem kad nemaju teret. Na taj način brodovi reguliraju uronjenost u more, a samim time i silu uzgona koja na njih djeluje. Kad bi brodovi previše isplivali na površinu (ako se ne bi napunili tankovi), bili bi nestabilniji. Poveznica s biologijom može biti ta da se spomene da ribe imaju plivaći mjehur koji im pomaže u kontroli sile uzgona. Na taj način ribe se održavaju na određenoj dubini. Ptice su također životinje kojima sila uzgona puno znači te im omogućava letenje. To se tiče aerodinamike što bi za učenike sedmog razreda bilo previše komplicirano. Jednostavniji način kako se učenike u osnovnoj školi može upoznati s tom pojavom jest to da ptice namještaju krila tako da se mijenjaju tlakovi iznad i ispod njihovih krila. Razlika u tim tlakovima stvara silu uzgona što im omogućava letenje.

Tablica 1. Gustoće različitih fluida pri temperaturi od 20°C i tlaku od 1013 Pa. [16,17,18]

| fluid | ρ [kg/m ³] |
|-------------|-----------------------------|
| živa | 13 600 |
| morska voda | 1030 |
| voda | 1000 |
| zrak | 1,204 |
| helij | 0,1786 |

4.2 Motivacija i pokusi

Učenike je najbolje upoznati s nekom pojavom kroz primjere i situacije iz svakodnevnog života. U nastavi fizike jako je bitno metodičko načelo zornosti. Kada se učenici mogu kroz vlastito iskustvo uvjeriti u istinitost neke tvrdnje, onda će to lakše razumjeti i primijeniti. Neće se pitati zašto neka tvrdnja ili formula vrijedi, već će imati dokaze za to.

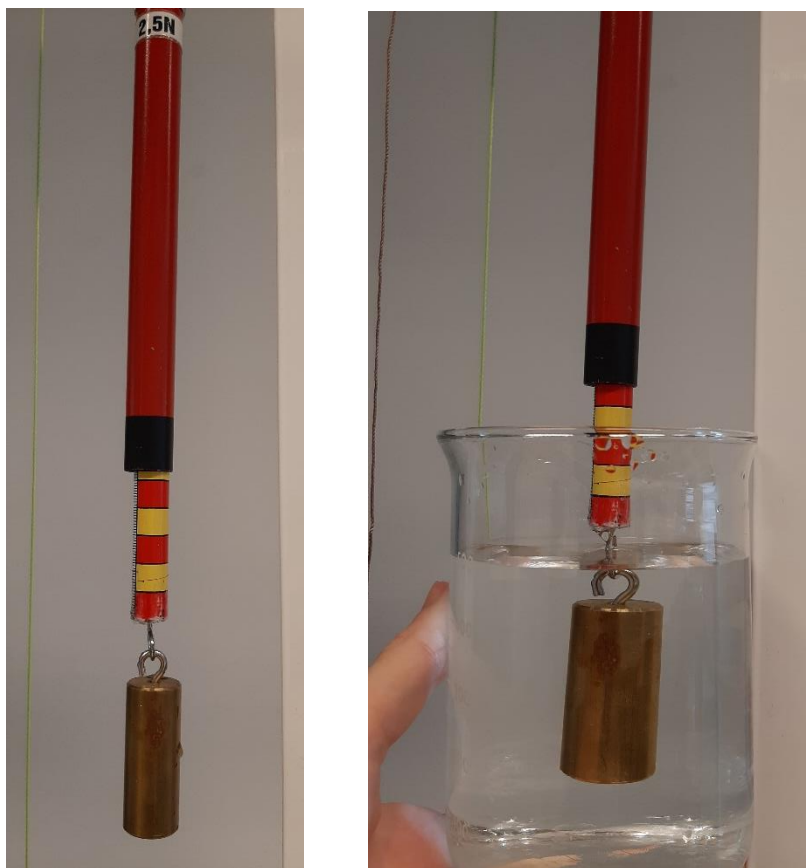
Pokusi su najbolji alat za dokazivanje tvrdnji u fizici. Učenici neke pokuse mogu izvoditi na nastavi, a neke samostalno kod kuće. Prije izvođenja samog pokusa, potrebno je učenicima postaviti pitanja o tome što očekuju da će se dogoditi. Važno je da učenici iznesu svoje pretpostavke i mišljenja o tome tako da nastavnik uoči njihove zablude ako postoje. Nastavnik može postaviti dodatna pitanja o pretpostavkama ishoda pokusa tako da učenike navede na razmišljanje. Nakon izvođenja pokusa, učenici iznose svoja zapažanja i uspoređuju ih sa svojim pretpostavkama. Zajedno s nastavnikom dolaze do razloga nastanka krivih pretpostavki ako su one postojale.

Motivacija za temu uzgona može biti pitanje zašto čovjek ne tone kada se kupa u moru ili zašto veliki teretni brod koji je napravljen od željeza ne potone nego pluta. Učenike je potrebno navesti na zaključak o nekoj pojavi. Ranije su se upoznali sa silom težom, njenim smjerom, orijentacijom i hvatištem. Naučili su koristiti dinamometar, a poznato im je i crtanje različitih sila koje djeluju na neko tijelo. Crtanjem vektora sila koje djeluju na tijelo u tekućini, učenici mogu doći do zaključka da osim sile teže koja djeluje prema dolje, mora postojati neka sila suprotne orijentacije od sile teže koja održava brod na površini vode. Na taj način učenici dolaze do zaključka o postojanju sile uzgona koja djeluje na tijelo prema gore.

Pokus 1.

Pokus kojeg je vrlo lako izvesti na nastavi i kojim se može učenicima dokazati postojanje sile uzgona je sljedeći: potrebni su čaša s vodom, dinamometar i uteg. Prvo se dinamometrom izmjeri težina utega u zraku, a zatim se uteg uroni u vodu i očita se sila na dinamometru. Iznos sile koji dinamometar prikazuje kada je uteg uronjen u vodu manji je od iznosa koji dinamometar prikazuje kada je uteg u zraku (slika 8). To znači da se pri uranjanju tijela u vodu pojavljuje sila koja djeluje u suprotnom smjeru od težine. To je sila uzgona. [19]

U ovom pokusu nije toliko bitno da se očitaju točni iznosi sila, već je bitno da učenici uoče da je sila koja djeluje na tijelo kada je uronjeno u vodu manja. Na korištenom dinamometru na slici 8 to se može lako uočiti pomoću obojanih oznaka.



a)

b)

Slika 8. Pokus 1. Na slici a) prikazana je sila teža koja djeluje na uteg u zraku, a na slici b) prikazana je rezultatna sila koja djeluje na uteg koji je uronjen u vodu.

Nadalje, učenicima je potrebno pokazati o čemu ovisi sila uzgona. Sljedeće pitanje koje im se može postaviti jest zašto kamenčić tone u moru, a brod koji je puno teži ne tone nego pluta. Taj primjer iz svakodnevnog života pokazuje da uzgon ne ovisi o masi tijela.

Pokus 2.

U idućem pokusu mogu se koristiti dva identična predmeta (isti obujam, ista masa) koja se istovremeno stave u vodu i u med. Med ima do 1,5 puta veću gustoću od vode. Lako se primijeti da predmet koji je stavljen u vodu brže potone što znači da je u vodi sila uzgona manja nego u medu (slike 9, 10, 11). Na temelju takvog pokusa, učenici mogu zaključiti da sila uzgona ovisi o gustoći tekućine u kojoj se tijelo nalazi.



Slika 9. Pokus 2. U lijevoj čaši nalazi se voda, a u desnoj med. Na fotografiji je prikazan trenutak prije ispuštanja novčića u vodu i med.



Slika 10. Pokus 2. Fotografija je uhvaćena trenutak poslije ispuštanja novčića u med. Vidi se da je novčić u vodi taman potonuo, dok novčić u medu još nije ni počeo tonuti.

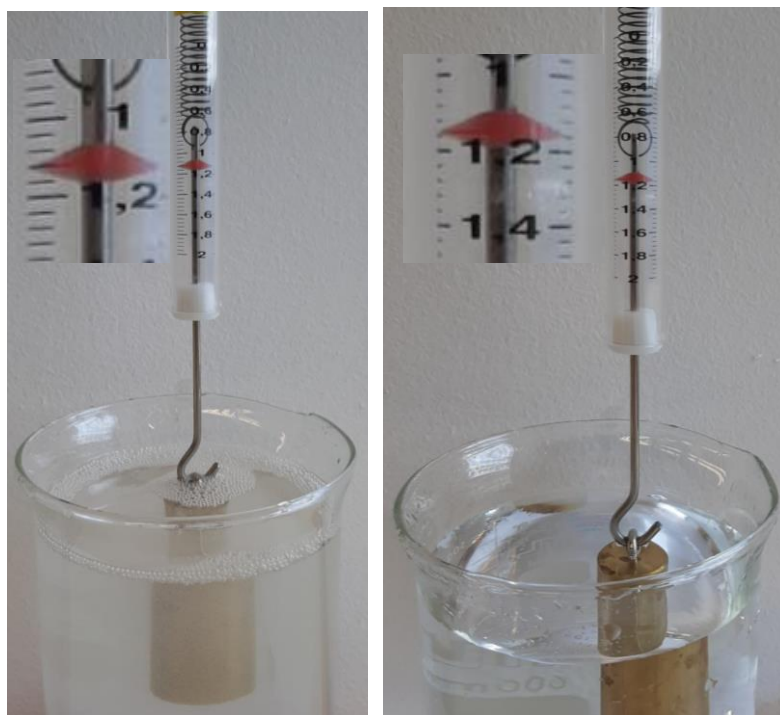


Slika 11. Pokus 2. Na fotografiji se vidi kako je novčić u vodi na dnu, dok novčić u medu još tone.

Ovisnost uzgona o gustoći tekućine može se pokazati koristeći dinamometar i uteg (pokus 3).

Pokus 3.

Isti uteg uroni se u dvije tekućine različite gustoće (npr. slana i slatka voda) te se pokaže da dinamometar pokazuje različite vrijednosti (slika 12). [19]



a)

b)

Slika 12. Pokus 3. Na fotografiji a) uteg je u slanoj vodi, a na fotografiji b) u slatkoj. Iznos sile na fotografiji a) je za 0,04 N manji nego na fotografiji b) što znači da je sila uzgona veća u slanoj vodi.

Sličan pokus za dokazivanje ovisnosti uzgona o gustoći tekućine vrlo je jednostavan te ga učenici mogu sami napraviti kod kuće (pokus 4).

Pokus 4.

Za izvođenje pokusa potrebna je slatka voda, sol i jaje. Ako se jaje stavi u običnu vodu, ono će potonuti. No ako se u vodu dodaje sol, mijenja se gustoća tekućine te će jaje u nekom trenutku isplivati (slika 13). To znači da je u slanoj vodi (tekućina veće gustoće od neslane vode) sila uzgona veća.



a)

b)

Slika 13. Pokus 4. Na fotografiji a) jaje se nalazi u slatkoj vodi i na dnu staklenke je. Pored staklenke nalazi se čaša puna soli. Nakon što je sol stavljena u staklenku, jaje se podignulo s dna te lebdi u slanoj vodi što se vidi na fotografiji b).

Pokus 5.

Koristeći dva tijela jednakih masa, a različitog obujma pokaže se da uzgon ovisi o obujmu uronjenog tijela. Mjereći dinamometrom iznos rezultantne sile koja djeluje nad tim dvama tijelima uronjenim u istu tekućinu, pokaže se da tijelu većeg obujma odgovara veća sila uzgona. Što je veća sila uzgona, to je manji iznos rezultantne sile koja na tijelo djeluje prema dolje. Dakle, što je veća sila uzgona na neko tijelo, može se reći da je tijelo "lakše".

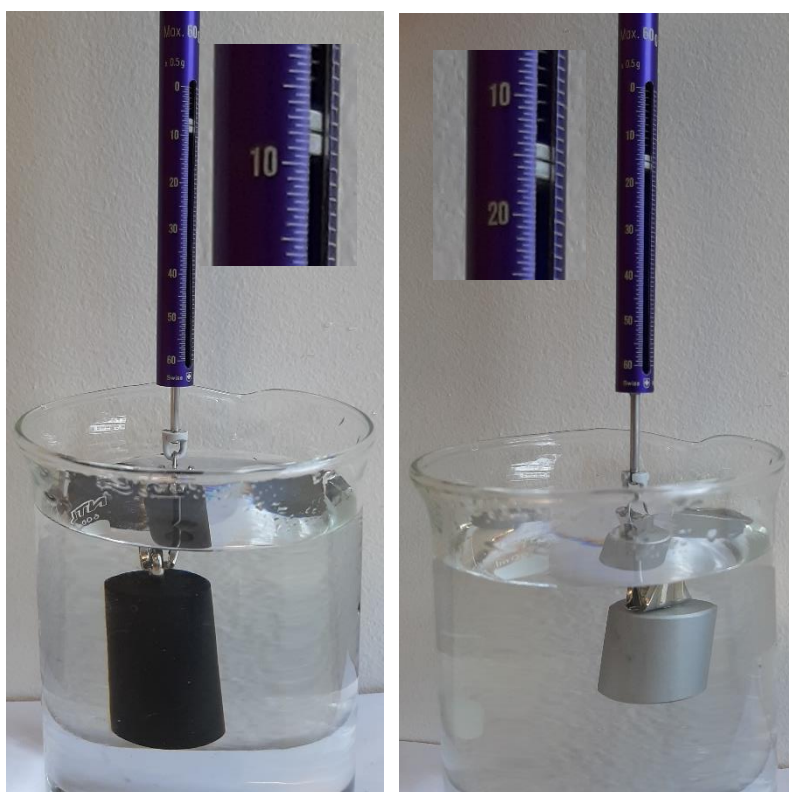


a)

b)

c)

Slika 14. Pokus 5. Na fotografiji a) dva su utega različitog volumena, a na fotografijama b) i c) vidi se da oba utega imaju istu masu.



a)

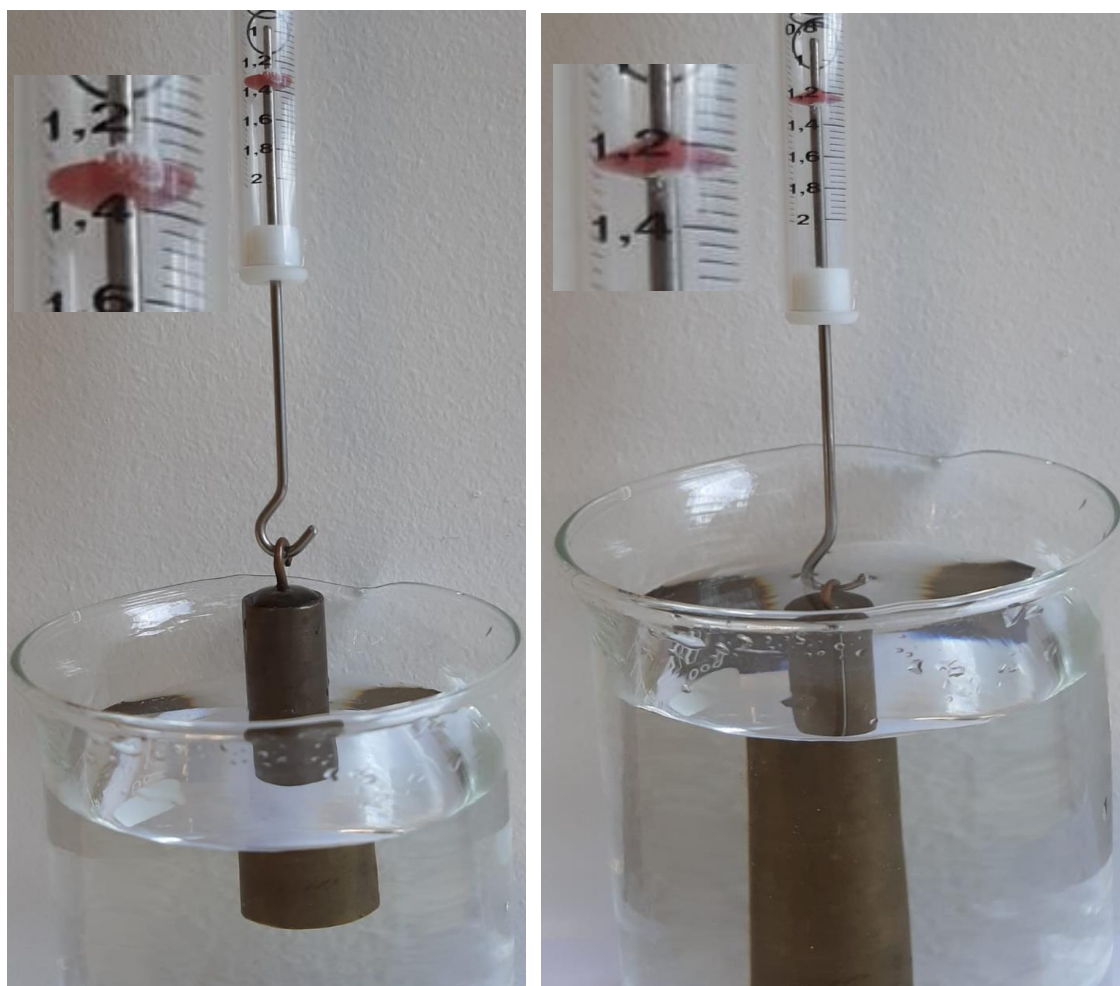
b)

Slika 15. Pokus 5. Na fotografijama a) i b) vidi se da uteg koji ima veći volumen (slika a) ima manju rezultantnu silu koja djeluje na njega što znači da na njega djeluje veći uzgon.

S obzirom na to da nije uvijek lako naći dva predmeta istih masa, a različitih volumena, pokus za dokazivanje ovisnosti uzgona o volumenu uronjenog dijela tijela može biti i puno jednostavniji, kao što je pokus 6.

Pokus 6.

Ako se jedno tijelo ovješeno o dinamometar uroni prvo samo dijelom u tekućinu, a zatim cijelo, vidi se da dinamometar pokazuje različite vrijednosti (slika 16), to jest pokaže se da su u tim slučajevima sile uzgona različite. [19]



a)

b)

Slika 16. Pokus 6. Na fotografiji a) prikazan je iznos sile koja djeluje na uteg koji je samo dijelom uronjen u tekućinu, a na desnoj slici prikazan je iznos sile koja djeluje na uteg koji je potpuno uronjen u vodu. Vidi se da dinamometar na desnoj slici prikazuje manju vrijednost.

4.3 Zadatci

Za učenike sedmog razreda predviđeni su jednostavni numerički i konceptualni zadatci. Ti zadatci mogu uključivati korištenje izraza (4.8) za silu uzgona ili mogu tražiti od učenika zaključivanje o tome kako sila uzgona djeluje i o čemu ovisi.

Pri zadavanju računskih zadataka važno je voditi računa o metodičkim načelima primjerenosti, sistematičnosti i postupnosti. Primjeri numeričkih zadataka kakvi se mogu zadati učenicima u sedmom razredu osnovne škole vezano za silu uzgona su sljedeći:

Zadatak 1. Obujam tijela je $0,2 m^3$. Kad ga potpuno uronimo u vodu (gustoća vode je $1000 kg/m^3$), na njega djeluje uzgon:

- a) $20 N$, b) $0,2 N$, c) $2\ 000 N$, d) $200 N$. [20]

Zadatak 2. Kolika je sila uzgona na santu leda obujma $10 m^3$ koja pliva na površini mora gustoće $1\ 030 kg/m^3$ ako je $\frac{1}{10}$ sante iznad mora? [15]

Prvi zadatak od učenika iziskuje poznavanje formule za silu uzgona i oznake za pojedine veličine. Osim toga, učenik mora znati iznos akceleracije sile teže. U osnovnoj školi se često za iznos akceleracije sile teže uzima $g = 10 m/s^2$. Uvrštavanjem brojeva u izraz (4.8) dobije se da je iznos sile uzgona $2\ 000 N$ (odgovor c)).

Drugi zadatak malo je složeniji od prvog jer je zadan volumen izronjenog dijela tijela, pa je prije uvrštavanja podataka u izraz (4.8) potrebno odrediti volumen uronjenog dijela sante u moru. Učenici su u petom razredu iz nastavnog predmeta matematika naučili kako se dio cjeline prikazuje razlomkom te na temelju toga mogu izračunati da je $\frac{9}{10}$ sante leda uronjeno, ako je $\frac{1}{10}$ izronjena. Nadalje, učenici su u šestom razredu iz matematike naučili kako se računa s razlomcima te na temelju toga mogu izračunati koliko je $\frac{9}{10}$ od cijelog volumena koji iznosi $10 m^3$. Preostaje uvrstiti vrijednosti u izraz (4.8) i dobije se rezultat da sila uzgona iznosi $92\ 700 N$.

Pri zadavanju konceptualnih zadataka također treba voditi računa o metodičkim načelima, ponajviše o načelima primjerenosti i zornosti. Primjeri konceptualnih zadataka kakvi se mogu zadati učenicima u sedmom razredu osnovne škole vezano za silu uzgona su sljedeći:

Zadatak 3. Mali čamac težine $1\ 000 N$ pliva u vodi. Na čamac djeluje uzgon iznosa _____. [20]

Zadatak 4. U vodi, na dubini $5 m$, neki kamen "izgubi" na težini $30 N$. Na dubini $1 m$ on "izgubi" na težini _____ N . Obrazloži odgovor. [20]

Zadatak 5. Dva tijela, željezno i aluminijsko, imaju u zraku jednake težine. Kad ih potpuno uronimo u vodu, "lakše" će biti _____ tijelo. Obrazloži odgovor. [20]

U trećem zadatku cilj je da učenik primijeni spoznaju o tome da kada neko tijelo pluta na površini vode, onda je sila uzgona na to tijelo jednaka sili teže, tj. težini tog tijela. Dakle, odgovor je da na čamac djeluje uzgon $1\,000\text{ N}$.

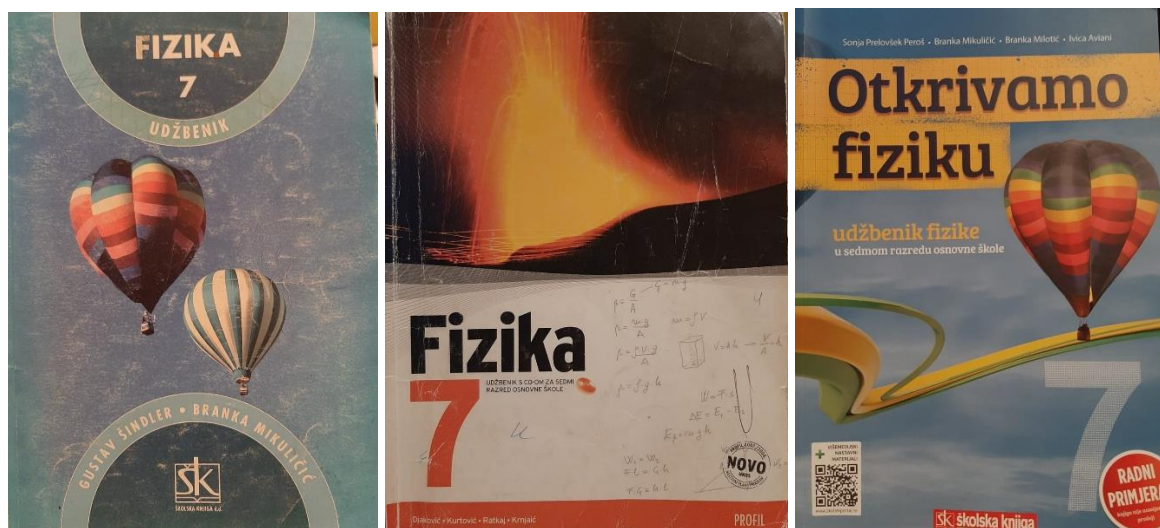
U četvrtom zadatku važno je uočiti da uzgon ne ovisi o dubini na kojoj se tijelo nalazi. To se može pokazati već opisanim pokusom s utegom i dinamometrom mijenjajući dubinu na kojoj se uteg u tekućini nalazi. Dinamometar će uvijek pokazivati istu vrijednost, uz uvjet da je uvijek cijeli uteg uronjen u tekućinu. Osim toga, iz izraza (4.8) vidljivo je da sila uzgona ne ovisi o dubini na kojoj se tijelo nalazi. Dakle, odgovor u četvrtom zadatku glasi da neki kamen i na dubini od 1 m isto "izgubi" 30 N na težini.

U petom zadatku važno je primijeniti ovisnost uzgona o volumenu uronjenog dijela tijela u tekućinu. Naime, željezo ima veću gustoću od aluminijskog. Kako je volumen tijela jednak količniku mase i gustoće, slijedi da je volumen obrnuto proporcionalan gustoći tijela. Od dva tijela iste mase, tijelo koje ima veću gustoću, ima manji volumen. Dakle, željezo u ovom zadatku ima manji volumen od aluminijskog. Kako su oba tijela, od željeza i aluminijskog, potpuno uronjena u tekućinu, to je volumen uronjenog dijela tijela veći za aluminij. Oba tijela su uronjena u istu tekućinu. Iz izraza (4.8) slijedi da je sila uzgona proporcionalna volumenu uronjenog dijela tijela pa je sila uzgona na aluminij veća nego na željezo. Iz toga se zaključuje da je aluminijsko tijelo "lakše" kad su oba tijela potpuno uronjena u vodu. Peti zadatak je najteži iz razloga što zahtjeva malo više razmišljanja i zaključivanja od prijašnjih zadataka.

4.4 Udžbenici i ostali nastavni materijali

U prijedlogu godišnjeg izvedbenog kurikulumu za Fiziku u 7. razredu osnovne škole za školsku godinu 2020./2021. kojeg izdaje Ministarstvo znanosti i obrazovanja, za temu uzgona predviđena su dva nastavna sata. Unatoč tome, u novim udžbenicima za sedmi razred izdavača Školske knjige (Sonja Prelovšek, Branka Milotić, Ivica Aviani, *Otkrivamo fiziku 7*, Školska knjiga, Zagreb, 2020. i Vladimir Paar, Sanja Martinko, Tanja Čulibrk, *Fizika oko nas 7*, Školska knjiga, Zagreb, 2020.), kao ni u novijem udžbeniku izdavača Profil Klett (Mijo Dropuljić, Sandra Ivković, Tanja Paris, Iva Petričević, Senada Tuhtan, Danijela Takač, Ivana Zakanji, *Fizika 7*, Profil Klett, Zagreb, 2019.), ne postoji lekcija o uzgonu niti se pojam uzgona spominje.

U starijim udžbenicima (npr. Gustav Šindler, Branka Mikuličić, *Fizika 7*, Školska knjiga, Zagreb, 1998., Tanja Djaković, Ramiza Kurtović, Božena Ratkaj, Zoran Krnjaić, *Fizika 7*, Profil, Zagreb, 2007. ili Sonja Prelovšek Peroš, Branka Mikuličić, Branka Milotić, Ivica Aviani, *Otkrivamo fiziku 7*, Školska knjiga, Zagreb, 2013.) uzgon je obrađen kao izborna tema. U prvom navedenom udžbeniku vrlo je detaljno opisan pokus s utegom ovješanim na dinamometar i uronjenim u vodu (prvi opisani pokus u prethodnom potpoglavlju) kojim se pokazuje postojanje sile uzgona te je predviđen kao projekt kroz zahtjevnije sadržaje u nastavi fizike.



a)

b)

c)

Slika 17. Naslovnice udžbenika u kojima se pojavljuje tema sile uzgona kao izborna:

a) G. Šindler, B. Mikuličić, *Fizika 7*, Školska knjiga, Zagreb, 1998.,

b) T. Djaković, R. Kurtović, B. Ratkaj, Z. Krnjaić, *Fizika 7*, Profil, Zagreb, 2007.,

c) S. Prelovšek Peroš, B. Mikuličić, B. Milotić, I. Aviani, *Otkrivamo fiziku 7*, Školska knjiga, Zagreb, 2013.

Pitanja u udžbeniku postupno vode učenike kroz pokus i usmjeravaju ih ka zaključcima. U drugom navedenom udžbeniku sila uzgona objašnjena je samo teorijski te se ne spominju nikakvi primjeri iz života niti pokusi. U trećem navedenom udžbeniku opisan je pokus u kojem se uočava kada tijelo pluta, kada lebdi, a kada tone. Na temelju tog pokusa izveden je izraz za silu uzgona. U sva tri udžbenika pristup obradi gradiva sile uzgona je različit. Na slici 17 nalaze se naslovnice navedenih starijih udžbenika u kojima se uzgon pojavljuje kao izborna tema.

Novije radne bilježnice koje su rađene po novom kurikulumu (npr. Vladimir Paar, Sanja Martenko, Tanja Čulibrk, Mladen Klaić, *Fizika oko nas 7*, Školska knjiga, 2020. ili Mijo Dropuljić, Sandra Ivković, Tanja Paris, Iva Petričević, Senada Tuhtan, Danijela Takač, Ivana Zakanji, *Fizika 7*, Profil Klett, Zagreb, 2020.) ne sadržavaju nikakve zadatke o uzgonu isto kao što pripadni udžbenici ne sadržavaju lekcije o uzgonu.

Starije radne bilježnice koje idu uz udžbenike u kojima je uzgon obrađen kao izborna tema (npr. Branka Mikuličić, Ivica Buljan, Dubravka Despoja, *Otkrivamo fiziku 7*, radna bilježnica, Školska knjiga, Zagreb 2018.) sadržavaju nekoliko zadataka o uzgonu. Većina zadataka rješava se zaokruživanjem točnog odgovora i svode se na razumijevanje uvjeta u kojima tijelo u tekućini tone, lebdi ili pluta. Zadatci su uglavnom konceptualni te od učenika zahtijevaju da promisle o veličinama o kojima uzgon ovisi, a u ponekim zadatcima potrebno je izvesti poneki izračun.

Od ostalih nastavnih materijala, vrlo su korisni radni listići za izvođenje pokusa u kojima je naveden potreban pribor i opisan pokus (npr. Erika Tušek Vrhovec, *Pokusi Fizika 7, radni listovi iz fizike za 7. razred osnovne škole*, Školska knjiga). Osim toga, učenicima su zadana pitanja i smjernice koje ih vode kroz provođenje pokusa, od pretpostavki prije samog izvođenja, do opažanja i donošenja zaključaka. Primjer takvog radnog listića prikazan je na slici 18.

| | |
|----------------------|---------------|
| IME I PREZIME: _____ | RAZRED: _____ |
| _____ | DATUM: _____ |

ISTRAŽIVANJE SILE UZGONA

POKUS 1. Mjerenje sile uzgona

ZADATAK

Izmjerite sile kada se na dinamometru oviseni utezi nalaze u zraku i u vodi.

PRIBOR ■ menzura, dinamometar i dva utega

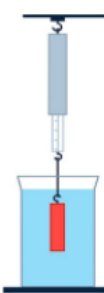

POSTUPAK

Na dinamometar ovisite dva utega i izmjerite težinu oba utega. Menzuru napunite vodom do 40 mL. Zatim u vodu uronite utege koji vise na dinamometru. Izmjerite silu kad su utezi potpuno uronjeni u vodu.

Težina utega u zraku je _____.

Težina utega u vodi (prividna težina) iznosi _____.

Na slici skicirajte sile koje djeluju na njega.



Kako objašnjavate razliku? _____

Slika 18. Primjer radnog lista iz fizike za izvođenje pokusa (Erika Tušek Vrhovec, *Pokusi Fizika 7, radni listovi iz fizike za 7. razred osnovne škole*, Školska knjiga).

5 Tema uzgona u srednjoj školi

U ovom poglavlju bit će opisano gradivo koje se radi u srednjoj školi, a tiče se sile uzgona. Bit će opisani i analizirani još neki pokusi koje je moguće izvesti na nastavi, osim onih navedenih u prethodnom poglavlju. Nadalje, bit će dani i primjeri zadataka koji zadovoljavaju ispunjenost ishoda iz kurikulumuma za Fiziku za srednju školu, a dan će biti i osvrt na zadatke iz mehanike fluida vezanih uz uzgon, koji se pojavljuju na državnoj maturi te će biti analizirana učestalost takvih zadataka. U ovom poglavlju analizirano je nekoliko udžbenika iz fizike za srednju školu.

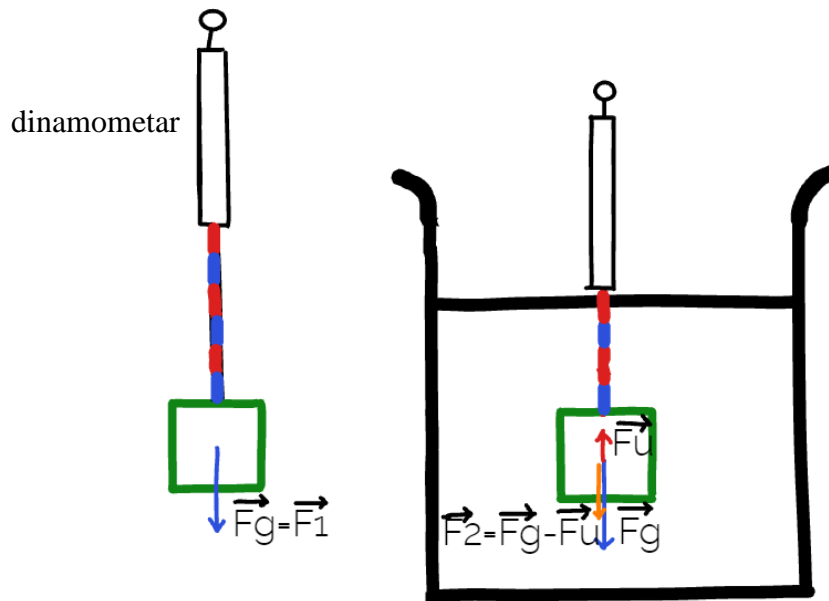
5.1 Što je uzgon – ponavljanje i nadograđivanje znanja

U drugom razredu srednje škole uzgon je obvezna nastavna tema i tada tu temu učenici puno detaljnije obrađuju nego u osnovnoj školi. Prema prijedlogu godišnjeg izvedbenog kurikulumuma za Fiziku u 2. razredu srednje škole za školsku godinu 2020./2021. osam školskih sati je posvećeno statički fluida, od čega dva školska sata temi uzgona te još dva rješavanju numeričkih i konceptualnih zadataka [13]. Učenici se prvo prisjećaju gradiva osnovne škole i produbljuju svoje znanje. Osim atmosferskog i hidrostatičkog tlaka te vanjskog tlaka na tekućinama, ponavljaju koje sile se javljaju u fluidima te se upoznaju s Arhimedovim zakonom. [13]

S obzirom na to da u udžbenicima za osnovnu školu tema uzgona nije dovoljno obrađena ili nije uopće obrađena (izborna tema), po dolasku u drugi razred srednje škole neki učenici prvi put se susreću s tim pojmom. Nastavnik s učenicima prvo obrađuje ono što je ranije navedeno kao gradivo sedmog razreda osnovne škole te s učenicima izvodi pokuse iz te teme. Učenici dolaze do istih zaključaka o ovisnosti sile uzgona o gustoći tekućine i o volumenu uronjenog dijela tijela kao u sedmom razredu osnovne škole.

Učenike u drugom razredu srednje škole bitno je naučiti da se sila uzgona javlja u svim fluidima te se definicija uzgona sada više ne svodi samo na tekućine kao u sedmom razredu osnovne škole, već se proširuje na sve fluide. Ipak, uzgon u plinovima puno je manji nego uzgon u tekućinama zato što je njihova gustoća puno manja od gustoće tekućina. Zbog toga je puno lakše promatrati uzgon u tekućinama. Također, na nastavi je puno lakše izvoditi pokuse u kojima se dokazuje uzgon u tekućinama, nego u plinovima.

Ono što bi učenicima u srednjoj školi moglo biti novo jest izračun iznosa sile uzgona pomoću poznatih iznosa sila koje djeluju na tijelo u zraku i u tekućini. Neka je F_1 iznos sile koja djeluje na tijelo u zraku u vertikalnom smjeru. To je samo sila teža. Sila uzgona u zraku je zanemarena zbog toga što je vrlo mala u odnosu na silu teže.



Slika 19. Skica sile koje djeluju na tijelo u zraku i kada je uronjeno u tekućinu.

Neka je F_2 iznos sile koja djeluje na tijelo u tekućini u vertikalnom smjeru. To su sila teža i sila uzgona. Oduzimajući iznose F_1 i F_2 dobije se iznos sile uzgona koja djeluje na tijelo. Točnije $F_u = |F_1 - F_2|$. Sile su skicirane na slici 19.

Kako je umnožak gustoće i volumena jednak masi tijela, umnožak $\rho_{tek} \cdot V_{ur}$ iz izraza (4.8) može se smatrati masom dijela tekućine koji ima isti volumen kao uronjeni dio tijela. Tada je $\rho_{tek} \cdot g \cdot V_{ur}$ težina tog dijela tekućine. To je težina tekućine koja se istisne kada se tijelo uroni u nju. Zato se izraz (4.8) može protumačiti i na sljedeći način: "Uzgon na uronjeno tijelo ima isti iznos kao težina istisnute tekućine." [21] To je Arhimedov zakon nazvan po grčkom matematičaru i fizičaru koji ga je prvi otkrio.

Osim Arhimedovog zakona, ono što se također ne spominje u osnovnoj školi jest ovisnost sile uzgona o gustoći cijelog tijela koje se uranja u tekućinu. Poznato je:

$$F_U = \rho_{tek} \cdot g \cdot V_{ur}, \quad (4.8)$$

$$F_g = mg = \rho_{tijelo} \cdot g \cdot V_{tijelo} \quad (5.1)$$

Neka je cijelo tijelo uronjeno u tekućinu, tada je

$$F_U = \rho_{tek} \cdot g \cdot V_{tijelo}. \quad (5.2)$$

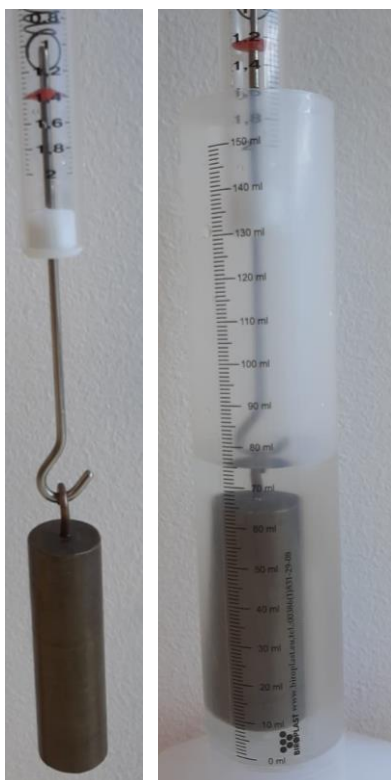
Od ranije je poznato da tijelo tone ako je $F_U < F_g$. Uvrštavanjem izraza (5.1) i (5.2) dobije se da je $\rho_{tek} < \rho_{tijelo}$. Ako su sila uzgona i sila teža istog iznosa, onda su i gustoće ρ_{tek} i ρ_{tijelo} jednake. U posljednjem slučaju kada je $F_U > F_g$ i tijelo izranja, tada je $\rho_{tek} > \rho_{tijelo}$. [22]

5.2 Motivacija i pokusi

Motivacijski primjeri i pokusi koji su ranije opisani za osnovnu školu, mogu se izvoditi i u srednjoj školi. Osim ranije opisanih pokusa, jednostavno se izvodi i pokus koji dokazuje Arhimedov zakon (pokus 7).

Pokus 7.

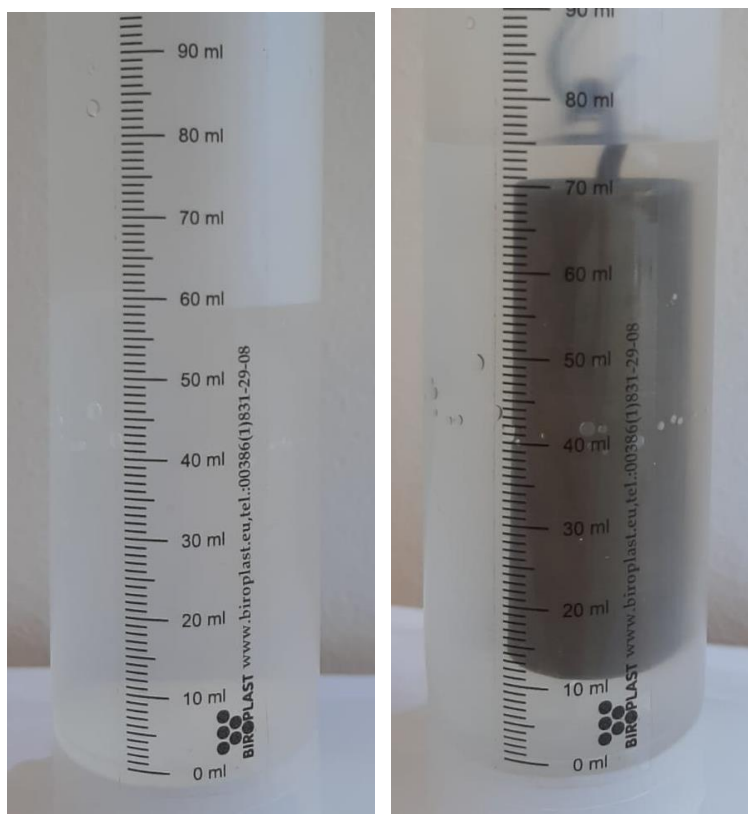
Od pribora su potrebni menzura s vodom, uteg i dinamometar. Težina utega izmjeri se dinamometrom. Zatim se isti taj uteg, ovješeno o dinamometar, uroni u tekućinu, te se tada izmjeri težina utega u tekućini (isto kao u pokusu 1). Ranije je pokazano da je uteg u tekućini "lakši" iz razloga što na njega djeluje sila uzgona u suprotnom smjeru od sile teže pa je rezultatna sila prema dolje, koja djeluje na uteg, manja od one kada je uteg u zraku. Iz tih podataka lako se izračuna sila uzgona. Nadalje, uranjajući uteg u menzuru napunjenu vodom, lako se izračuna za koliko se podigla voda, tj. koliki je volumen istisnute tekućine. Pomoću vrijednosti gustoće vode i volumena istisnute tekućine, izračuna se masa istisnute tekućine, a potom i njezina težina. Pokaže se da je iznos sile uzgona koja djeluje na uteg u tekućini jednak iznosu težine istisnute tekućine.



a)

b)

Slika 20. Pokus 7. Na fotografijama a) i b) prikazano je mjerenje sile koja djeluje na tijelo u zraku i vodi, redom.



a)

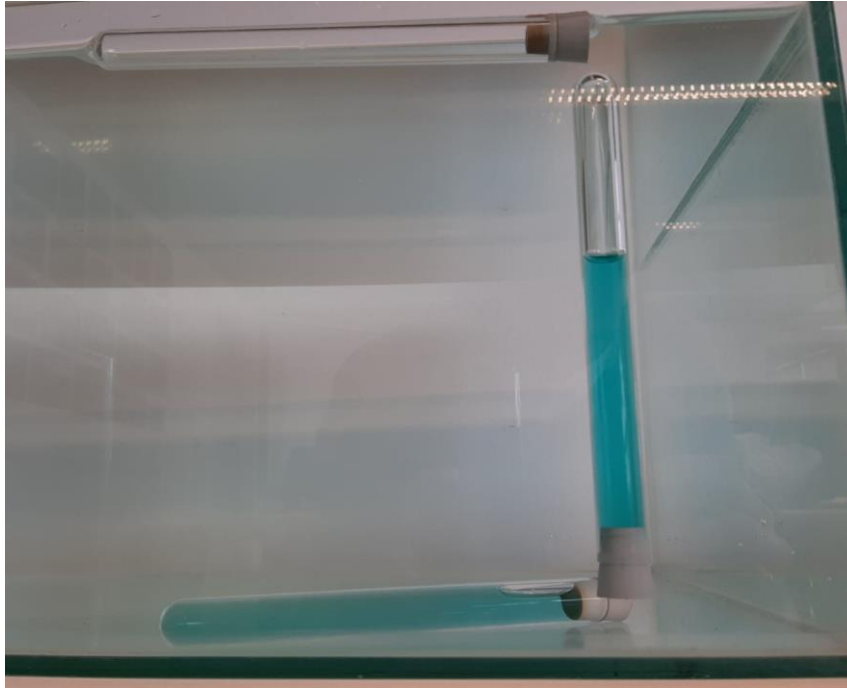
b)

Slika 21. Pokus 7. Na fotografijama a) i b) prikazano je mjerenje volumena istisnute tekućine kad se uteg stavi u vodu. Volumen se dobije oduzimajući volumen očitani na menzuri na slici b) i na slici a).

Za srednjoškolce je zanimljiv sljedeći pokus kojim se može pokazati uvjet plivanja tijela u tekućini kroz odnos gustoće tijela i tekućine.

Pokus 8.

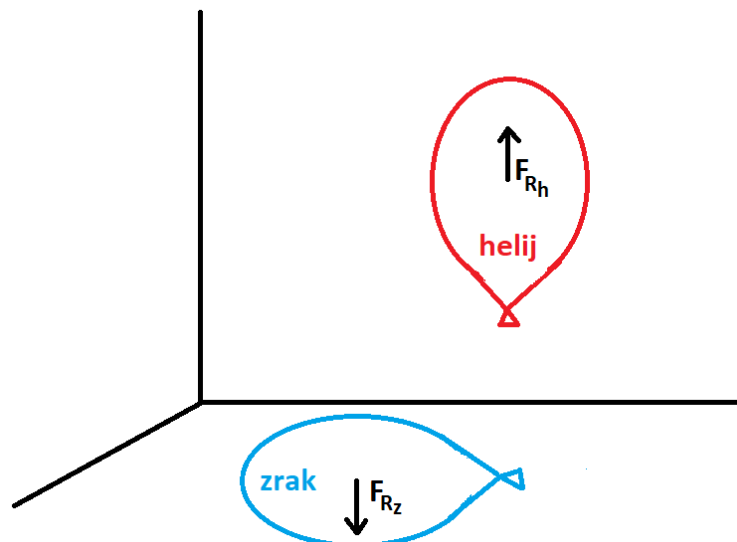
Od pribora je potrebna staklena kadica, tri epruvete s čepom i voda. U staklenu kadu napunjenu vodom prvo stavi se prazna, začepljena epruveta. Ona na vodi pluta. Druga epruveta napuni se vodom do određene razine i začepljena stavi u vodu, ona lebdi. Epruveta potpuno napunjena vodom tone na dno staklene kadice. Sve tri epruvete imaju isti volumen, a različitu masu. Kada se povećava masa, povećava se i gustoća tijela. Gustoća tijela je u ovom slučaju srednja gustoća epruvete, čepa i sadržaja epruvete (zrak i voda). Kada je u epruveti samo zrak, gustoća tijela manja je od gustoće vode pa tijelo pluta. Kada je epruveta napunjena vodom do te razine da su gustoća vode i gustoća tijela jednake, epruveta lebdi u vodi. U posljednjem slučaju gustoća tijela veća je od gustoće vode pa tijelo tone (slika 22). [19]



Slika 22. Pokus 8. Na fotografiji su prikazane 3 epruvete, jedna pluta, druga lebdi, a treća tone. Fotografija je uzeta s pogledom od dole tako da se vidi da epruveta koja lebdi ne dira dno.



Slika 23. Pokus 8. Fotografija prikazuje istu situaciju kao slika 22, ali je uzeta iz malo više perspektive nego slika 22 tako da se bolje vidi da epruveta koja lebdi ne dira površinu tekućine.



Slika 24. Pokus 9. Skica prikazuje balon napunjen zrakom i balon napunjen helijem. Rezultantna sila koja djeluje na balon napunjen zrakom djeluje prema dolje jer je sila uzgona na njega manja od sile teže, dok rezultantna sila na balon napunjen helijem djeluje prema gore jer je sila uzgona na njega veća nego sila teža.

Pokus 9.

Postojanje uzgona u zraku jednostavno se pokaže pokusom s dva balona jednakih volumena, jedan napuhan zrakom, a drugi helijem. Zbog različitih gustoća helija i zraka, balon napunjen helijem se uzdiže, dok balon napunjen zrakom pada na tlo (slika 24).

5.3 Zadatci

Iako se samo gradivo o uzgonu u srednjoj školi ne razlikuje znatno od onog u osnovnoj školi, zadatci postaju zahtjevniji. U osnovnoj školi numerički zadatci su uključivali jednostavno korištenje izraza (4.8), no u srednjoj školi pojavljuju se zadatci u kojima je taj izraz potrebno kombinirati s još nekim izrazima za izračunavanje traženih veličina. To je dokaz da se u fizici sve isprepliće i da je za shvaćanje novog potrebno razumijevanje prijašnjeg gradiva.

Primjeri numeričkih zadataka koji se mogu zadati u srednjoj školi, a zadovoljavaju predviđene ishode su sljedeći:

Zadatak 6. Titanic je 14. travnja 1912. udario u golemu santu leda. Gustoća leda je 920 kg/m^3 , a morske vode 1030 kg/m^3 . Ispod površine mora bilo je:

- a) 98% leda, b) 89% leda, c) 11% leda, d) 81% leda. [22]

Zadatak 7. Komad stakla ima u zraku težinu $1,4\text{ N}$, a u vodi $0,84\text{ N}$. Kolika je gustoća stakla? [18]

Zadatak 8. Djevojka mase 55 kg stoji na dasci za surfanje koja pluta na mirnoj vodi. Koliki treba biti minimalan volumen daske da djevojka ne smoči stopala? Gustoća daske je 240 kg/m^3 . (zadatak preuzet iz predavanja za drugi razred srednje škole (IV. gimnazija Marko Marulić, nastavnica M. Rajević))

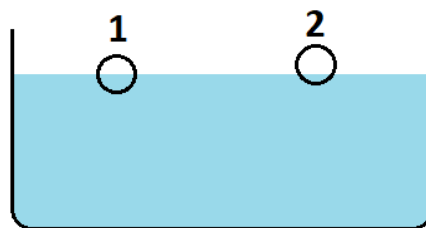
U šestom zadatku cilj je da učenici primijete da su iznosi sile uzgona i sile teže jednaki kada tijelo pluta na površini tekućine. Iz izjednačavanja iznosa tih sila i činjenice da je masa umnožak gustoće i volumena, izračuna se koliki postotak tijela je uronjen u tekućinu. Uvrštavanjem zadanih vrijednosti dobije se da je uronjeno 89% leđa (odgovor b).

U sedmom zadatku važno je primijeniti ranije dokazanu činjenicu da se iznos sile uzgona koja djeluje na tijelo u tekućini može izračunati oduzimanjem težina tijela izvan i u tekućini. U ovakvom zadatku potrebno je poznavati i neke druge izraze osim glavnog izraza (4.8) vezanog za uzgon. Potrebno je znati izraz za težinu i za gustoću tijela što se i očekuje od učenika u drugom razredu srednje škole. Nadalje, osim poznavanja različitih izraza, učenici moraju primijetiti koji su im izrazi potrebni i kako ih kombinirati da dođu do rješenja. Nakon navedenih koraka i uvrštavanja brojeva dobije se rezultat da je gustoća stakla $2,5 \cdot 10^3\text{ kg/m}^3$.

Osmi zadatak od učenika traži da promisle o tome koje sve sile djeluju na djevojku i dasku za surfanje promatrajući ih kao cjelinu. Ispravno skiciranje vektora sila i izjednačavanje iznosa sila omogućuje uspješno rješavanje zadataka. S obzirom na zadane podatke, ponovno je potrebno upotrijebiti znanje o tome da je masa jednaka umnošku gustoće i volumena. Uvrštavanjem brojeva dobije se odgovor da minimalni volumen daske mora biti $0,07\text{ m}^3$.

Primjeri konceptualnih zadataka primjereni uzrastu učenika u drugom razredu srednje škole su sljedeći:

Zadatak 9. Dva tijela jednakih volumena miruju na površini vode kako je prikazano na slici. Kako se odnose gustoće tijela 1 i 2 međusobno? Kako se odnose gustoće tijela 1 i 2 prema gustoći vode? Obrazložite odgovore. [24]



Slika 25. Dva tijela jednakih volumena na površini vode (slika uz zadatak 9.).

Zadatak 10. Balon napunjen helijem diže se u zrak do neke visine i na njoj se zaustavi. Zašto? [22]

Zadatak 11. Kako možemo pomoću Arhimedovog zakona izračunati gustoću nekog tijela?

U devetom zadatku učenici moraju donijeti zaključke na osnovu toga koliko je tijelo uronjeno u tekućinu. Kako je tijelo 1 više uronjeno u tekućinu, to znači da ima veću masu i gustoću od tijela 2, uzimajući u obzir da imaju iste volumene. Nadalje, kako oba tijela plutaju, to znači da oba tijela imaju manju gustoću od tekućine. Ovakav zadatak može se zadati i učenicima u sedmom razredu osnovne škole, ali u tom slučaju poželjno je napisati ponuđene odgovore pa da učenici zaokruže točan odgovor.

Učenici u drugom razredu srednje škole upoznati su s time da uzgon postoji i u plinovima. Shodno tome poželjno je postaviti im zadatak u kojem se postavlja upravo pitanje o uzgonu u plinu. Učenici su kroz pokuse izvedene na nastavi iskustveno upoznati s uzgonom u tekućinama jer je na nastavi takve pokuse lakše izvoditi nego one u kojima se pokazuje uzgon u plinu. Međutim, učenici mogu to znanje prenijeti na plinove s obzirom na to da vrijede ista pravila. Tako učenici u desetom zadatku mogu doći do zaključka da se balon napunjen helijem zaustavi kada se gustoća helija u balonu izjednači s gustoćom zraka. Gustoća zraka se porastom visine smanjuje, kao što se i tlak zraka smanjuje s porastom visine. U pravilu bi trebalo promatrat gustoću helija i balona zajedno, no u svrhu srednjoškolskog gradiva, gustoća samog balona se u ovom slučaju može zanemariti.

Jedanaesti zadatak traži od učenika da promisle na koji način mogu iskoristiti Arhimedov zakon i koji podatci su im potrebni da bi izračunali gustoću nekog tijela. Naime, Arhimedov zakon govori da je razlika iznosa rezultantnih sila koje djeluju na tijelo u zraku i u tekućini jednaka iznosu sile uzgona. Tijelo čija gustoća je nepoznata ovjesi se o dinamometar. Njime se izmjere iznosi rezultantnih sila koje djeluju na tijelo u zraku i u vodi. Koristeći izraz (4.6), činjenicu da je volumen tijela omjer njegove mase i gustoće te činjenicu da je iznos sile koja na tijelo djeluje u zraku jednaka iznosu sile teže, dobije se izraz za gustoću tijela. Gustoća vode je poznata vrijednost tako da je uz pomoć izmjerenih sila moguće izračunati nepoznatu gustoću tijela.

5.3.1 Zadatci na državnoj maturi

Na kraju četvrtog razreda gimnazije, učenici obavezno polažu ispit državne mature iz tri osnovna predmeta (Matematika, Hrvatski jezik, Engleski jezik), dok učenici ostalih srednjih škola polažu ispit državne mature samo ako žele nastaviti svoje školovanje. Svi ostali predmeti koji se polažu na državnoj maturi su izborni, pa tako i Fizika. Učenici je izabiru ovisno o tome je li im potrebna za upis na višu razinu obrazovanja koju su odabrali.

Od 2017. do 2020. Fiziku na državnoj maturi godišnje je polagalo u prosjeku oko 7700 učenika, što čini oko 34% ukupnog broja učenika koji pristupi ispitima državne mature. Od toga u prosjeku oko 63% učenika Fiziku je radilo po gimnazijskom programu. [25]

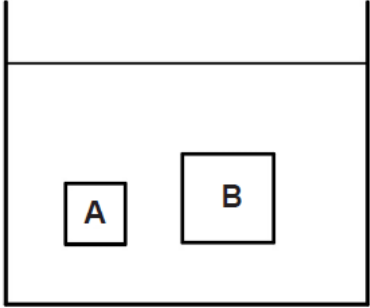
Ispit iz Fizike na državnoj maturi sastoji se od dva dijela. Prvi dio se sastoji uglavnom od konceptualnih zadataka s ponuđenim odgovorima. U tim zadacima često je potrebno koristiti formule u svrhu donošenja zaključka o rješenju, a ne zbog izračunavanja numeričke vrijednosti neke fizičke veličine. U drugom dijelu ispita potrebno je uz korištenje formula doći do numeričkog rješenja za traženu veličinu.

Od posljednjih osam ispita s državne mature (jesenski i ljetni rokovi; [26]) u njih sedam pojavljuje se zadatak o uzgonu, od čega u njih šest u prvom dijelu ispita (zaokruživanje odgovora). U svim tim zadacima potrebno je poznavati parametre o kojima ovisi sila uzgona i na koji način. Potrebno je razlikovati slučajeve kada tijelo u fluidu tone, kada lebdi, a kada pluta. Iako sila uzgona postoji i u plinovima, zadatci se odnose samo na uzgon u tekućini s obzirom na to da se na nastavi uglavnom rješavaju takvi zadatci. Učenici za rješavanje zadataka o uzgonu na državnoj maturi moraju znati i vezu između mase tijela, njegove gustoće i volumena.

Slijede primjeri konceptualnih zadataka s državnih matura.

Zadatak 12.

Tijelo **A** mase m_A i tijelo **B** mase m_B miruju u tekućini gustoće ρ kao što je prikazano na slici. U kakvome su odnosu mase tih tijela?



A. $m_A < m_B$
B. $m_A > m_B$
C. $m_A = m_B$

Slika 26. Zadatak s jesenskog roka državne mature 2018. godine. (slika preuzeta s <https://www.ncvvo.hr/kategorija/drzavna-matura/provedeni-ispiti/> [26])

Zadatak 13.

Tijela **A** i **B** uronjena su u potpunosti u tekućinu gustoće ρ .
Za mase tijela vrijedi $m_A = 2m_B$, a za njihove gustoće vrijedi $\rho_A = \rho_B/3$.
Kako se odnose sile uzgona F_{UA} i F_{UB} na ta dva tijela?

A. $\frac{F_{UA}}{F_{UB}} = \frac{2}{3}$

B. $\frac{F_{UA}}{F_{UB}} = 1$

C. $\frac{F_{UA}}{F_{UB}} = \frac{3}{2}$

D. $\frac{F_{UA}}{F_{UB}} = 6$

Slika 27. Zadatak s ljetnog roka državne mature 2019. godine. (slika preuzeta s <https://www.ncvvo.hr/kategorija/drzavna-matura/provedeni-ispiti/> [26])

U dvanaestom zadatku od učenika se očekuje da primijete da tijela A i B lebde u tekućini na istim dubinama, što znači da su njihove gustoće međusobno jednake. Nadalje, očito je volumen tijela A manji od volumena tijela B. Kako je masa tijela jednaka umnošku njegove gustoće i njegovog volumena, slijedi da je masa proporcionalna volumenu. Dakle, masa tijela A manja je od mase tijela B, to jest točan odgovor je pod A.

U trinaestom zadatku ponuđena rješenja navode učenike na to što trebaju napraviti. Potrebno je odrediti omjer sile uzgona na tijelo A i na tijelo B. Pri tome su iznosi gustoće tekućine i akceleracije g jednaki i za uzgon na tijelo A i za uzgon na tijelo B. Preostaje odrediti omjer volumena uronjenog dijela tijela A i uronjenog dijela tijela B u tekućinu. Volumen je jednak omjeru mase i gustoće. Zadane su ovisnosti mase i gustoće tijela A o masi i gustoći tijela B. Uvrštavanjem tih ovisnosti dobije se da je omjer sila uzgona jednak šest, tj. da je točan odgovor pod D. U ovom zadatku pojavljuju se dvojni razlomci te učenik treba biti pažljiv pri rješavanju, kao i pri rješavanju bilo kojeg drugog zadatka. Ovakvi zadatci mogu zavarati učenike, zato što ako učenik napravi neku pogrešku, svedeno se može dogoditi da dobije neki od ponuđenih odgovora. U tom trenutku učenici pomisle da su točno riješili zadatak, no trik je u tome da su sva ponuđena rješenja namještena tako da je te brojeve moguće dobit uz neke male greške koje se učenicima znaju potkrasti.

Primjer zadatka iz drugog dijela ispita državne mature iz Fizike dan je u zadatku 14.

Zadatak 14.

Kada neko tijelo ubacimo u tekućinu **A** gustoće $\rho_A = 1,2 \text{ g/cm}^3$, ono pluta na površini tako da je jedna četvrtina volumena tijela iznad površine tekućine. Kada isto tijelo ubacimo u tekućinu **B**, ono pluta na površini tako da je jedna trećina volumena tijela iznad površine tekućine. Kolika je gustoća ρ_B tekućine **B**?

Slika 28. Zadatak s jesenskog roka državne mature 2020. godine. (slika preuzeta s <https://www.ncvvo.hr/kategorija/drzavna-matura/provedeni-ispiti/> [26])

U četrnaestom zadatku potrebno je izjednačiti iznose sile uzgona i sile teže koje djeluju na tijelo u tekućini A s obzirom da tijelo pluta na površini tekućine A. Zadan je volumen tijela iznad površine tekućine A iz čega se lako dobije volumen uronjenog dijela tijela u tekućinu A. Koristeći činjenicu da je masa umnožak volumena i gustoće, dobije se gustoća samog tijela. Zatim je potrebno izjednačiti iznose sile uzgona i sile teže koje djeluju na tijelo u tekućini B s obzirom da tijelo pluta i na površini tekućine B. Koristeći slične činjenice kao u prvom dijelu zadatka i izračunatu gustoću tijela, dobije se da je gustoća tekućine B jednaka 1350 kg/m^3 .

5.4 Udžbenici i ostali nastavni materijali

Gradivo uzgona u starijim udžbenicima smješteno je u udžbenike za prvi razred srednje škole (npr. Vladimir Paar, *Fizika 1, Gibanje i energija, udžbenik za 1. razred gimnazija*, Školska knjiga, Zagreb, 1997. i Jakov Labor, *Fizika 1, udžbenik za 1. razred srednjih strukovnih škola s četverogodišnjim programom fizike*, Alfa, Zagreb, 2014.). Po novom kurikulumu uzgon se obrađuje u drugom razredu srednje škole pa je najnoviji udžbenik izdavača Školske knjige (Vladimir Paar, Anica Hrlec, Karmena Vadlja Rešetar, Melita Sambolek, *Fizika oko nas 2, udžbenik fizike u drugom razredu gimnazije*, Školska knjiga, Zagreb, 2021.) sastavljen u skladu s time.

U udžbeniku Vladimira Paara, *Fizika 1, Gibanje i energija, udžbenik za 1. razred gimnazija* (Školska knjiga, Zagreb, 1997.) opisano je da je sila uzgona posljedica razlike hidrostatičkih tlakova na gornju i donju stijenku uronjenog tijela. Ipak, formula za uzgon nije izvedena već je samo napisan njezin konačni oblik. Izvod izraza za uzgon u tom udžbeniku nalazi se na kraju udžbenika u proširenom sadržaju. Više pažnje je posvećeno slučajevima u kojima tijelo u tekućini pliva, lebdi ili tone. Na kraju lekcije nalazi se nekoliko zadataka. Među tim zadacima opisani su neki pokusi koji učenike potiču na razmišljanje te iziskuju razumijevanje načina na koji djeluje sila uzgona i o čemu ovisi, a ne samo upotrebu formule.



a)

b)

Slika 29. Naslovnice nekih spomenutih udžbenika za srednju školu.

a) J. Labor, *Fizika 1*, Alfa, Zagreb, 2014.

b) V. Paar, A. Hrlec, K. Vadjla Rešetar, M. Sambolek, *Fizika oko nas 2*, Školska knjiga, Zagreb, 2021.

U udžbeniku Jakova Labora *Fizika 1*, udžbenik za 1. razred srednjih strukovnih škola s četverogodišnjim programom fizike (Alfa, Zagreb, 2014.) formula za silu uzgona opširnije je objašnjena i izvedena nego u prethodno navedenom udžbeniku. Na kraju lekcije postoje pitanja za ponavljanje te zadatci koji su više numeričkog tipa.

U udžbeniku Vladimira Paara, Anice Hrlec, Karmene Vadjle Rešetar i Melite Sambolek, *Fizika oko nas 2*, udžbenik fizike u drugom razredu gimnazije (Školska knjiga, Zagreb, 2021.) izvod izraza za silu uzgona napisan je i objašnjen, a uz njega se nalazi i pripadna skica da učenicima bude lakše shvatiti o čemu se radi. Opisan je pokus mjerenja sile uzgona dinamometrom, a navedeni su i neki primjeri zašto je poznavanje sile uzgona korisno u svakodnevnom životu. Na kraju lekcije navedeno je nekoliko konceptualnih pitanja.

U srednjoj školi često se u nastavi koriste zbirke zadataka umjesto radnih bilježnica. Već postoje vrlo dobre zbirke sa zadatcima za srednjoškolce, kao što su *Fizika - Zbirka zadataka 1-4* autora Mikuličić, Varićak, Vernić, izdavača Školska knjiga (1998.) i *Fizika – Zbirka zadataka za srednje škole* autora Stjepana Muića, izdavača Element (2004.). Novije zbirke (npr. Vladimir Paar, Anica Hrlec, Karmena Vadjla Rešetar, Melita Sambolek, *Fizika oko nas 2*, zbirka zadataka iz fizike u drugom razredu gimnazije, Školska knjiga, Zagreb, 2021.) osim numeričkih imaju i dosta konceptualnih zadataka, sličnih primjerima zadataka s državne mature. Uzrok je tome što po kurikulumu iz 2019. godine naglasak treba biti na tome da učenici sami dolaze do zaključaka, da primjenjuju naučeno na probleme iz svakodnevnog života, a ne da se rješavanje zadataka iz fizike svede samo na upotrebu formule i uvrštavanje brojeva.

6 Prijedlozi

U ovom poglavlju bit će navedeni neki prijedlozi za poboljšanje nastavnih materijala. Prijedlozi koji se tiču digitalnih nastavnih materijala nisu primjenjivi samo kad je riječ o obradi gradiva sile uzgona nego i općenito na nastavi fizike, ali i bilo kojeg nastavnog predmeta. Također je dan prijedlog o tome kako unaprijediti dodatnu nastavu iz fizike ili organizirati izvannastavnu aktivnost za učenike koji se žele više baviti istraživačkim radom.

6.1 Nastavni materijali

Prijedlog je da za udžbenike za osnovnu školu uzgon ne bude izborna tema, već da postoji zasebna lekcija o uzgonu u kojoj će se učenici upoznati s tom silom i njezinim djelovanjem. Uzgon ne bi trebao biti usputno spomenut uz hidrostatički tlak već bi trebao dobiti veću ulogu u nastavi fizike. Zbog ranije navedenih pokusa, uzgon je idealna nastavna tema za provođenje istraživačke nastave. Učenici neke pokuse mogu izvoditi samostalno što najviše potiče interes za fiziku. Osim toga, učenici razvijaju i mnoge druge vještine kao što su znanstveno-istraživački pristup, eksperimentalne vještine, sposobnost kritičkog prosuđivanja i prirodoznanstveni pogled na svijet.

Kao što bi udžbenici za osnovne škole trebali imati odvojenu lekciju o uzgonu, radne bilježnice bi u skladu s time trebale sadržavati konceptualne i numeričke zadatke o uzgonu. Primjeri nekih takvih zadataka dani su u potpoglavlju 4.3. Učenici na tim zadacima trebaju moći primijeniti ono što su uočili tijekom izvođenja pokusa.

S obzirom na nedostatak informacija o sili uzgona u udžbenicima za osnovnu školu, nastavnici bi pri izradi pripreme za nastavni sat trebali istražiti i kombinirati različite udžbenike. Već navedeni stariji udžbenici sadrže neke primjere i zadatke vezane za silu uzgona, dok neke zadatke nastavnici mogu i sami osmisliti. Nastavnici mogu izraditi radne listiće za provođenje eksperimenta tako da ih učenici mogu samostalno izvoditi ako u školi za to postoje uvjeti, odnosno ako je škola dovoljno dobro opremljena eksperimentalnim materijalima i prostorom.

Osim udžbenika, nastavnicima su dostupni razni metodički priručnici u kojima se može pronaći inspiracija za nastavu. Jedan takav priručnik za srednju školu u kojem je gradivo sile uzgona odlično objašnjeno te u kojem se mogu naći ideje za zadatke i pokuse jest *Fizika 1, priručnik za nastavu fizike u 1. razredu gimnazije* autora Rudolfa Krsnika, izdavač Školska knjiga, 1994.

Isto vrijedi i za obrađivanje gradiva uzgona u srednjoj školi iako je u srednjoškolskim udžbenicima tema uzgona količinski više i kvalitetnije razrađena.

Idealno bi bilo kada bi svaka škola imala posebnu učionicu za nastavu fizike koja je opremljena svom opremom za izvođenje pokusa, no u mnogim hrvatskim školama još uvijek ne postoje takvi uvjeti za rad. Mnoge škole nisu dovoljno opremljene za izvođenje svih pokusa pa su nastavnici često prisiljeni sami osmišljavati pokuse i improvizirati s onim što imaju kod kuće. Idealno bi bilo kada bi škola imala dovoljno pribora za pokuse tako da učenici barem u parovima mogu izvoditi pokuse. To bi bilo puno korisnije za učenike, njihov razvoj i učenje, nego da samo promatraju nastavnika kako izvodi pokus.

6.2 Digitalni nastavni materijali

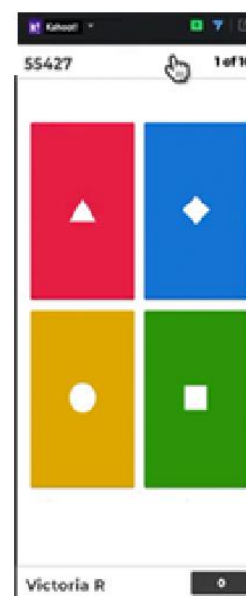
Prema kurikulumu u nastavi se treba koristiti suvremenom tehnologijom kao što su računala, suvremene eksperimentalne opreme, internet i drugo. To bi trebalo biti na raspolaganju učiteljima i učenicima [7]. Učenici su i u svakodnevnom životu naviknuti na korištenje moderne tehnologije (mobitel, zaslonik (tablet), prijenosna računala, računala) tako da im nastava može biti puno zanimljivija ako je i na satu koriste.

Ako u učionici u kojoj nastavnik provodi nastavu fizike postoji projektor, on može napraviti prezentaciju (npr. Power Point) sa slikama i videima sa situacijama iz svakodnevnog života. Na primjer, kao motivaciju za sat u kojem se tumači uzgon nastavnik može na prezentaciji staviti sliku ili video broda na površini vode, ribe u moru, staklene boce na dnu mora ili balona koji lebdi u zraku. Na taj način učenici mogu kvalitetnije diskutirati o tim situacijama.

U nekim hrvatskim školama učenici su na korištenje tijekom školovanja dobili zaslonike (tablete). Nastavnik to može iskoristiti na način da ponavljanje gradiva s učenicima radi u obliku igre na tim uređajima. Jedan od mnogih digitalnih alata koji je jednostavan za korištenje i može se koristiti na nastavi naziva se Kahoot. U tom programu nastavnik može izraditi kviz ili upitnik u kojem će učenici sudjelovati. Nastavnik se za izradu kviza ili upitnika mora registrirati na web stranici programa, dok se učenici ne moraju registrirati ukoliko ne žele sami kreirati svoje kvizove, upitnike ili diskusije. Nastavnik nakon izrade kviza dobije identifikacijski broj (PIN) tog kviza pomoću kojeg će se učenici priključiti rješavanju. Učenici za igru moraju imati pristup internetu zato što se igra odvija u realnom vremenu. Na svojim zaslonicima (mogu se koristiti i mobiteli ukoliko učenici nisu dobili zaslonike na korištenje) učenici trebaju potražiti adresu alata Kahoot (www.kahoot.it) te unijeti PIN koji im nastavnik da. Igra se odvija na način da se učenicima pitanje prikaže preko projektoru te se nakon pet sekunda prikazuju i odgovori. Odgovori budu označeni bojama i oblicima, a ne slovima ili brojevima. Učenicima se na zaslonicima (ili mobitelima) prikazuju odgovori za odabir koji su također predstavljeni bojama ili oblicima, a ne tekстом samog odgovora.



a)



b)

Slika 30. Na slici a) nalazi se primjer pitanja u aplikaciji Kahoot koji se obično prikazuje na projektoru, a na slici b) nalazi se zaslone mobitela na kojem učenici odgovaraju na pitanja. Slika preuzeta s <https://kahoot.com/blog/2020/10/14/kahoot-zoom-new-integration-engagement-distance-learning-video-conferencing/> [27].

Učenici tijekom igre skupljaju bodove, a za prikupljanje bodova potrebno je točno odgovoriti na pitanje u što kraćem roku. Tako će učenik koji točno odgovori u trećoj sekundi od postavljanja pitanja dobiti više bodova od učenika koji točno odgovori u šestoj sekundi od postavljanja pitanja. Nakon što učenici odgovore na pitanje, pojavi im se povratna informacija o tome jesu li na njega točno odgovorili, broj bodova koji su osvojili i koji su u poretку svih sudionika. Ova igra potiče kompetitivnost i motiviranost kod učenika. Igra nije baš primjerena za numeričke zadatke u kojima izračun može oduzeti i po nekoliko minuta vremena, no vrlo je prikladna za ponavljanje teorije i jednostavnih konceptualnih pitanja.

Domaći rad također se mogu zadati u digitalnom obliku. Jedan od poznatijih alata za izradu interaktivnih igara je Wordwall. U tom programu igra se ne održava u realnom vremenu kao i u programu Kahoot. Za izradu igre, nastavnik se i na ovom programu mora registrirati. Postoji besplatna verzija i verzija koja se plaća i ima više mogućnosti. U besplatnoj verziji nastavnik može izraditi neku od 18 ponuđenih igara. Neke od igara koje bi bile zgodne za nastavu uzgona su na primjer kviz, riječi koje nedostaju (smještanje riječi na ispravno mjesto u rečenici), točno ili netočno, povezivanje parova i pločice na okretanje (pitanje i odgovor). Nakon izrade, nastavnik interaktivnu igru može podijeliti s učenicima koji se za rješavanje ne moraju registrirati. Dovoljno je da upišu svoje ime ili nadimak kad pristupaju rješavanju. Nastavnik može odabrati hoće li učenici skupljati bodove i hoće li im se prikazati njihov poredak.



Slika 31. Na slici se nalazi primjer zadatka povezivanja parova u aplikaciji Wordwall. U ovom primjeru učenici moraju povezati nazive fizičkih veličina s njihovim oznakama. Slika preuzeta s <https://wordwall.net/hr-hr/community/7-razred/fizika> [28].

Također može vidjeti koliko je vremena nekome trebalo za rješavanje igre i kolika mu je bila uspješnost. Ovaj način igre može biti koristan i da bi nastavnik dobio povratnu informaciju o tome jesu li učenici dobro shvatili obrađeno gradivo.

6.3 Dodatna nastava i izvannastavna aktivnost

Ako je moguće, bilo bi dobro da se u školi organizira dodatna nastava iz fizike ili neka izvannastavna aktivnost vezana uz fiziku.

Dodatna nastava obično služi da bi se učenike pripremlilo za natjecanja, te takvu nastavu pohađaju uglavnom učenici iznadprosječnih znanja i mogućnosti. Na toj nastavi rješavaju se malo kompliciraniji zadatci nego na redovnoj nastavi, ali i tu je jako bitno što više izvoditi eksperimente. S obzirom da se ova vrsta nastave izvodi s puno manjim brojem učenika nego što ih ima u jednom razrednom odjelu, učenici mogu samostalno izvoditi pokuse uz nadzor nastavnika.

Ukoliko se u školi uspije pokrenuti izvannastavna aktivnost iz fizike, tu bi mogli sudjelovati svi učenici koji su više zainteresirani za fiziku te za izvođenje eksperimenata i istraživanje svijeta oko nas. S obzirom na to da se puno toga na redovnoj nastavi ne stigne napraviti (jer postoji puno pokusa koji se mogu izvoditi za gotovo svaku nastavnu temu) ili nije moguće neke pokuse izvoditi s velikim brojem učenika, izvannastavna aktivnost idealna je prilika da učenici samostalno izvode pokuse i raspravljaju o mogućim ishodima. Ukoliko im je dostupna oprema,

učenici mogu i sami osmisliti neki pokus te učiti kakav je pristup istraživanjima od postavljanja hipoteze do donošenja zaključka temeljem rezultata eksperimenta. Kroz izvannastavnu aktivnost nastavnik može učenike voditi na aktivnosti drugih institucija, na primjer fakulteta, instituta i slično, te različite manifestacije kao što su Festival znanosti i Noć istraživača, kako bi učenici vidjeli eksperimente te upoznali alate i metode s kojima se u školi nisu susreli.

7 Zaključak

U središtu ovog rada bila je analiza pristupa gradivu sile uzgona na nastavi u osnovnoj i srednjoj školi.

U radu je prvo opisan način na koji se gradivo uzgona obrađuje u sedmom razredu osnovne škole. Iz analize sadržaja udžbenika za sedmi razred osnovne škole zaključeno je kako postoji prostor za nadogradnju tih sadržaja. U nekim udžbenicima tema uzgona je izborna tema, a u nekima se uzgon samo kratko spominje uz hidrostatički tlak. Većina radnih bilježnica također nema zadatke iz teme uzgona. Prijedlog je da u udžbenicima za sedmi razred tema uzgona bude obvezna tema za koju su predviđena dva nastavna sata. Sukladno tome, radne bilježnice bi trebale sadržavati konceptualne i numeričke zadatke iz tog gradiva. U radu su dani primjeri zadataka koji zadovoljavaju odgojno-obrazovne ishode predviđene za gradivo sile uzgona. Nadalje, napravljeni su i objašnjeni odabrani pokusi pomoću kojih se dokazuje postojanje sile uzgona te kojima se pokazuje o kojim parametrima sila uzgona ovisi.

Način na koji se obrađuje sila uzgona u srednjoj školi ne razlikuje se puno od onog u osnovnoj školi s obzirom na to da se neki učenici s pojmom sile uzgona prvi put susreću u drugom razredu srednje škole (ako u osnovnoj školi nisu obrađivali tu temu kao izbornu). U radu je opisano srednjoškolsko gradivo te su izvedeni i opisani dodatni odabrani pokusi. Također su navedene i zbirke zadataka za srednju školu koje sadržavaju primjerene zadatke za rješavanje na nastavi i za vježbu, a nekoliko primjera konceptualnih i numeričkih zadataka dani su i u samom radu.

U radu su također dani primjeri zadataka s državne mature koji se tiču gradiva sile uzgona. Gotovo na svakoj državnoj maturi pojavi se samo jedan zadatak iz proučavane teme, a ti zadatci se uvijek svedu na poznavanje parametara o kojima sila uzgona ovisi i na uvjete u kojima tijelo u tekućini tone, lebdi ili pluta. Bilo bi korisno da nastavnici te tipove zadataka rješavaju na nastavi kako bi se učenici koji polažu državnu maturu iz Fizike na njih pripremili već u samom nastavnom procesu.

Gradivo sile uzgona može se napraviti vrlo zanimljivim zbog širokog spektra pokusa koji se mogu izvoditi na nastavi i zbog zanimljivih primjera iz svakodnevnog života. Bitno je da škola bude dovoljno opremljena za izvođenje pokusa i za korištenje suvremene tehnologije, no kvaliteta nastave na koncu ipak najviše ovisi o nastavniku. Ako nastavnik ima želju i volju što kvalitetnije prenijeti svoje znanje na učenike i naučiti ih, ne samo onome što je predviđeno kurikulumom, nego i raznim životnim vrijednostima, on će se snaći. U ovom radu su obrađeni i pokusi za koje svu potrebnu opremu možemo naći kod kuće, tako da se može pronaći način na koji će učenici pokuse vidjeti ili, još bolje, napraviti. Vrlo je važno da nastavnik bude motiviran zato što učenici tada prepoznaju i cijene njegov rad te uz njega razvijaju pozitivan stav prema nastavi fizike, ali i prema znanosti i istraživanju općenito.

8 Literatura

- [1] Nikola Cindro, *Fizika 1, Mehanika – valovi – toplina*, Školska knjiga, Zagreb, 1975.
- [2] Željko Andreić, *Temelji mehanike fluida*, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb 2014.
- [3] E škola, HKD, URL: <http://eskola.chem.pmf.hr/odgovori/odgovor.php3?sif=17884> (15.09.2021.)
- [4] David R Lide, *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, Boca Raton: CRC Press, 1992.
- [5] Viskoznost, Wikipedia, URL: <https://bs.wikipedia.org/wiki/Viskoznost> (04.10.2021.)
- [6] Wikipedia, Aerodinamika, URL: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Aerodinamika> (15.09.2021.)
- [7] Narodne novine, Odluka o donošenju kurikuluma za nastavni predmet Fizike za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj, URL: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_10_210.html (16.09.2021.)
- [8] Škola za život, kurikulum, Fizika, URL: https://skolazazivot.hr/wp-content/uploads/2020/06/FIZ_kurikulum.pdf (02.08.2021.)
- [9] Elektrotehnička škola Split, Godišnji plan i program rada, školska godina 2020./2021., URL: http://ss-elektrotehnicka-st.skole.hr/upload/ss-elektrotehnicka-st/images/static3/1143/File/GP20_21.pdf (19.09.2021.)
- [10] Obrtna tehnička škola Split, Godišnji plan i program rada 2019./2020., URL: http://ss-obrtna-tehnicka-st.skole.hr/upload/ss-obrtna-tehnicka-st/newsattach/731/GPiP%2C_2019.pdf (19.09.2021.)
- [11] Pomorska škola Split, Godišnji plan i program rada šk.god. 2021.-2022., URL: https://www.pomsk.hr/wp-content/uploads/sites/4/2021/09/Plan-i-program-rada-skole-2021-2022_.pdf (20.09.2021.)
- [12] Zdravstvena škola Split, Nastavni programi za pojedine smjerove, URL: <http://ss-zdravstvena-st.skole.hr/skola/programi> (20.09.2021.)
- [13] Ministarstvo znanosti i obrazovanja, Okvirni godišnji izvedbeni kurikulumi za Nastavnu godinu 2020./2021., predmet Fizika URL: <https://mzo.gov.hr/vijesti/okvirni-godisnji-izvedbeni-kurikulumi-za-nastavnu-godinu-2020-2021/3929> (02.08.2021.)
- [14] Edutorij e-škole, Fizika, 7. razred, Dodatni sadržaj: Hidrostatski tlak, URL: https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/9fa73ce9-74d3-4c51-9a14-c976650188a6/html/25103_Hidrostatski_tlak.html
- [15] Edutorij e-škole, Fizika, 7. razred, Dodatni sadržaj: Uzgon, URL: https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/9fa73ce9-74d3-4c51-9a14-c976650188a6/html/25105_Dodatni_sadrzaj_Uzgon.html (10.08.2021.)
- [16] Helij - KTF Split, Inačica izvorne stranice arhivirana 13.10.2004., URL: <https://web.archive.org/web/20041013104814/http://www.ktf-split.hr/periodni/he.html> (20.09.2021.)
- [17] Wikipedija, Gustoća, URL: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Gusto%C4%87a> (20.09.2021.)
- [18] Branka Mikuličić, Elza Vernić, Dr. Milena Varićak, *Zbirka zadataka iz fizike*, Školska knjiga, Zagreb, 2001.
- [19] Rajka Jurdana-Šepić, Branka Milotić, *Metodički pokusi iz fizike, priručnik*, Rijeka, 2002.
- [20] Branka Mikuličić, Ivica Buljan, Dubravka Despoja, *Otkrivamo fiziku 7, radna bilježnica*, Školska knjiga, Zagreb, 2018.

- [21] Vladimir Paar, *Fizika 1, Gibanje i energija, udžbenik za 1. razred gimnazija*, Školska knjiga, Zagreb, 1997.
- [22] Vladimir Paar, Anica Hrlec, Karmena Vadjla Rešetar, Melita Sambolek, *Fizika oko nas 2, udžbenik fizike u drugom razredu gimnazije*, Školska knjiga, Zagreb, 2021.
- [23] A. Božić, G. Božić, *Fizika na državnoj maturi, priručnik za pripremu ispita državne mature iz fizike*, Školska knjiga, Zagreb, 2012.
- [24] Vladimir Paar, Anica Hrlec, Karmena Vadjla Rešetar, Melita Sambolek, *Fizika oko nas 2, zbirka zadataka iz fizike u drugom razredu gimnazije*, Školska knjiga, Zagreb, 2021.
- [25] Nacionalni centar za vanjsko vrednovanje obrazovanja, Izvještaji državne mature, URL: <https://www.ncvvo.hr/kategorija/drzavna-matura/izvjestaji-drzavne-mature/> (5.10.2021.)
- [26] Nacionalni centar za vanjsko vrednovanje obrazovanja, provedeni ispiti državne mature, URL: <https://www.ncvvo.hr/kategorija/drzavna-matura/provedeni-ispiti/> (15.08.2021.)
- [27] Kahoot blog, URL: <https://kahoot.com/blog/2020/10/14/kahoot-zoom-new-integration-engagement-distance-learning-video-conferencing/> (5.10.2021.)
- [28] Wordwall, URL: <https://wordwall.net/hr-hr/community/7-razred/fizika> (5.10.2021.)