



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ  
ФАКУЛТЕТ  
ДЕПАРТМАН ЗА ФИЗИКУ



Јелена Радовановић

**Промене ученичких алтернативних концепција у  
учењу физике – Ефекти традиционалне наставе и  
метода активног учења**

докторска дисертација

Ментори: проф. др Јосип Слишко и  
проф. др Маја Стојановић

Нови Сад, септембар 2017.



## Предговор

Ова докторска дисертација рађена је на Катедри за општу физику и методику наставе физике Департмана за физику Природно-математичког факултета у Новом Саду, под руководством ментора проф. др Јосипа Слишка са Универзитета у Пуебли у Мексику (Facultad de Ciencias Físico Matemáticas Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México) и проф. др Маје Стојановић са Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду.

Проблем истраживања реализованог у оквиру рада на докторској дисертацији односи се на превазилажење ученичких алтернативних концепција у настави физике.

Иако у свету постоје бројне студије које се баве феноменом алтернативних концепција, у нашој средини ова појава није довољно препозната и проблематизована. Осим тога, познато је да се у настави заснованој на традиционалном приступу који доминира у нашем образовном систему не уважавају у довољној мери ученичка претходна знања, што за последицу има да ученичке алтернативне концепције уобичајено не бивају идентификоване нити се предузимају активности неопходне за концептуалну промену.

Са друге стране, пред нашим образовним системом су озбиљне промене и изазови који подразумевају прихватање приступа настави усмереног на учење, односно активну конструкцију знања уз развој широког спектра компетенција. Зато је основни циљ овог рада проширивање знања о феномену алтернативних концепција у настави физике, са нагласком на алтернативне концепције о пливању и тоњењу тела и поређење ефеката традиционалне наставе и метода активног учења на њихово превазилажење. Ово је подразумевало грађење широког теоријског оквира и реализовање експерименталног истраживања које је обухватило 153 ученика седмог разреда из две основне школе у Ужицу. За потребе истраживања обликован је експериментални модел наставе усмерене на активно учење о сили потиска и појавама везаним за њу, као и неколико инструмената којима се испитује примена и трајност усвојених знања.

Треба нагласити да је у овом раду одабрано разматрање превазилажења ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела имајући у виду налазе истраживача да је разумевање услова за пливање и тоњење тела комплексан проблем који у основи има веома захтевну концептуалну промену, што пред наставнике поставља сложен и изазован задатак.

На самом почетку рада, важно је укратко објаснити употребу два термина који стоје и у његовом наслову: Алтернативне концепције и традиционална настава.

Иако се у свету користе бројни различити термини као што је misconception, conceptual misunderstandings, preconception, preconceived notions, alternative conception, alternative beliefs, naive beliefs, naive knowledge, naive theories или non-scientific beliefs, а у домаћој литератури у области методике наставе физике такође постоји употреба неколико различитих термина којима се означава исти појам (претконцепције, алтернативне концепције, алтернативне идеје и интуитивне идеје), у овом раду је одабрано коришћење термина алтернативне концепције са намером да се нагласи њихова природа, односно да истакне да су то она спонтана, свакодневна објашњења различитих појава и процеса која нису у складу са актуелним научним сазнањима, а која су дубоко укоренења и често веома отпорна на школско учење.

Термин традиционална настава користи се у овом раду за именовање приступа који се у основи ослања на реализовање трансмисивне наставе. Притом израз трансмисивна настава дефинише улогу наставника стављајући га у средиште наставног процеса, односно означава да наставник преноси, предаје, презентује знање које треба да стигне до ученика.

У наставку је дат списак публикација насталих из рада на овој дисертацији. Овај списак осим научних садржи и стручне радове, што је одраз личног става аутора да истраживања у области методике наставе физике добијају пун смисао тек онда када њихови резултати буду подељени не само са научном, већ и стручном јавношћу. Осим тога, треба нагласити да се на резултатима овог истраживања у значајној мери базира акредитовани програм стручног усавршавања наставника под називом „Вршњачко учење и концептуална настава природних наука“ акредитован од стране ПМФ-а у Новом Саду (<http://katalog2016.zuov.rs>).

На крају, желим да се захвалим др Јосипу Слишку и др Маји Стојановић који су, свако на свој начин, допринели изради ове докторске дисертације.

Посебну захвалност дугујем др Ивани Степановић Илић, научном сараднику Института за психологију, Филозофског факултета у Београду на вођењу емпиријског дела овог рада укључујући статистичку обраду података и интерпретацију резултата истраживања.

Захваљујем се наставницима и ученицима основних школа „Слободан Секулић“ и „Нада Матић“ у Ужицу на сарадњи приликом реализовања експерименталног истраживања.

Бескрајно хвала свима који су помогли да ова дисертација буде урађена.

Нови Сад, септембар 2017.

Јелена Радовановић

## Списак публикација проистеклих из рада на докторској дисертацији

### I Научни радови:

1. Radovanovic, J. & Slisko, J. (2014). Introducing self-regulated learning into early physics teaching in Serbia: Design, initial implementation and evaluation of a multi-stage sequence of homework and classwork. *Journal of Baltic Science Education*, Vol.13, No 3, 411-424.
2. Radovanović, J., Stepanovic Ilić, I. & Slisko, J. (2014). Identifikovanje učeničkih alternativnih shvatanja o plivanju i tonjenju tela. *Nastava i vaspitanje*, God. 63, Br.1, 83-94.
3. Radovanovic, J. & Slisko, J. (2014). Investigative homework with apples: An opportunity for primary-school students to learn actively the relationship between density and flotation. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 2(1), 1-14.
4. Radovanovic, J. & Slisko, J. (2013). Applying a predict–observe–explain sequence in teaching of buoyant force. *Physics Education*, 48(1), 28-34.
5. Radovanovic, J. & Slisko, J. (2012). Approximate value of buoyant force: A water-filled balloon demonstration. *The Physics Teacher*, 50(7), 490-491.

### II Саопштења на међународним научним скуповима и радови објављени у целини:

1. Radovanovic, J. , Slisko, J. & Stepanović Ilić, I . (2017). Active Learning Of Buoyancy: An Effective Way To Change Alternative Conceptions About Floating And Sinking. GIREP-ICPE-EPEC 2017 - The International Conference on Physics Education, July 3-7, 2017 Dublin, Ireland. Book of Abstracts.
2. Radovanović, J., Stepanović Ilić, I. & Sliško, J. (2016). Ispitivanje razumevanja delovanja sile potiska u neuobičajenim situacijama: uloga nastavnog metoda, opšteg znanja fizike i nivoa kognitivnog razvoja. XXII Naučni skup Empirijska istraživanja u psihologiji, 18-20. mart 2016. Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Knjiga rezimea, str. 82-83.
3. Radovanovic, J. & Slisko, J. (2015). Students' performances in evaluating feasibility of two physics textbook problems containing careless and intentional data errors (GTG Symposium II - Problem designs in physics textbooks: What students learn or might learn?). ICPE-EPEC 2015 - Key Competences in Physics Teaching and Learning, July 6-10, 2015 Wroclaw, Poland. Book of Abstracts, pp. 49.
4. Radovanovic, J., Slisko, J. & Stepanovic Ilić, I. (2015). The effects of different phases of a Predict - Observe - Explain activity on students' learning about buoyancy. ICPE-EPEC 2015 -

Key Competences in Physics Teaching and Learning, July 6-10, 2015 Wroclaw, Poland. Book of Abstracts, pp. 147-148.

Рад је објављен и у целини:

Radovanovic, J., Slisko, J. & Stepanovic Ilić, I. (2016). The effects of different phases of a Predict - Observe - Explain activity on students' learning about buoyancy. ICPE-EPEC 2015 - Key Competences in Physics Teaching and Learning, July 6-10, 2015 Wroclaw, Poland. Conference proceeding, 250-255.

**5.** Radovanovic, J., Slisko, J. & Stepanovic Ilić, I. (2015). Results of a delayed transfer test of students' understanding of buoyant force and related phenomena stemming from two different learning experiences. 2nd South-Eastern European Meeting on Physics Education 2015 (SEEMPE 2015), 2<sup>nd</sup> - 3<sup>rd</sup> February 2015, Faculty of Education, Ljubljana, Slovenia. Book of Abstracts, pp. 32

**6.** Radovanovic, J., Slisko, J. & Stepanovic Ilić, I. (2014). Students evaluate mass and density of "textbook apple": The influences of active learning methods and traditional teaching. The International Conference Multi-dimensional aspects of learning and teaching in science and mathematics education (MALT'14), 3<sup>rd</sup> - 4<sup>th</sup> October 2014, Faculty of Education, Sombor, Serbia. Book of Abstracts pp.16

**7.** Stepanović Ilić, I., Radovanović, J. & Sliško, J. (2014). Povezanost učeničkih alternativnih koncepcija o plivanju i tonjenju tela sa formalno-operacionalnim mišljenjem. XX Naučni skup Empirijska istraživanja u psihologiji, 28-30. mart 2014. Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu. Knjiga rezimea, str. 92-93.

Рад је објављен и у целини:

Stepanović Ilić, I., Radovanović, J. & Sliško, J. (2014). Povezanost učeničkih alternativnih koncepcija o plivanju i tonjenju tela sa formalno-operacionalnim mišljenjem. Zbornik radova sa XX Naučnog skupa Empirijska istraživanja u psihologiji, 28-30. mart 2014. Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu, str. 89 - 94.

**8.** Slisko, J. & Radovanovic, J. (2013). Surprising behavior of a balloon and a foil boat in a gas denser than air: A delayed video-based far transfer test for students' understanding of buoyant force. ICPE-EPEC 2013 - The International Conference on Physics Education, August 5-9, 2013 Prague, Czech Republic. Book of Abstracts, pp. 329.

Рад објављен и у целини:

Slisko, J. & Radovanovic, J. (2013). Surprising behavior of a balloon and a foil boat in a gas denser than air: A delayed video-based far transfer test for students' understanding of buoyant force. ICPE-EPEC 2013 - The International Conference on Physics Education, August 5-9, 2013 Prague, Czech Republic. Conference proceeding, 1044 - 1051.

### III Стручни радови:

1. Радовановић, Ј. (2017). Пример наставе о сили потиска и појавама везаним за њу. *Настава физике: зборник радова са Републичког семинара о настави физике*. бр 5. 167-173.
2. Младеновић, В., Радовановић, Ј. & Дороцки, М. (2016). Основни принципи „Peer Instruction“ и „Just in Time Teaching“ наставних стратегија. *Настава физике: зборник радова са Републичког семинара о настави физике*. бр 3. 181-191.
3. Радовановић, Ј., Слишко Ј. & Степановић Илић, И. (2015). Ученичке алтернативне концепције о пливању и тоњењу тела. *Настава физике: зборник радова са Републичког семинара о настави физике*. бр 1. 224-227.
4. Радовановић, Ј., Младеновић, В., Живковић, Б. & Слишко Ј. (2015). Радионица „На путу ка ефикаснијим и лепшим часовима физике - примена метода активног учења“. *Настава физике: зборник радова са Републичког семинара о настави физике*. бр 1. 192-197.
5. Радовановић, Ј. & Слишко, Ј. (2013). Истраживачки домаћи задатак о јабукама као прилика за самостално активно учење физике у основној школи, *Зборник предавања, усмених излагања и постер саопштења са XXXI Републичког семинара о настави физике*, Београд, 159-162.
6. Радовановић, Ј. & Слишко, Ј. (2012). Примена наставне стратегије *Предвиди-посматрај-објасни* на наставну јединицу „Сила потиска и Архимедов закон“, *Зборник предавања са XXX Републичког семинара о настави физике*, Београд, 197-201.

# Садржај

<b>ПРЕДГОВОР</b> .....	<b>3</b>
<b>САДРЖАЈ</b> .....	<b>8</b>
<b>УВОД</b> .....	<b>11</b>
1.1. ОБРАЗОВАЊЕ У СРБИЈИ – ПРОМЕНЕ И ИЗАЗОВИ .....	11
<b>2. ТЕОРИЈСКИ ОКВИР ИСТРАЖИВАЊА</b> .....	<b>16</b>
2.1. ПРИСТУП НАСТАВИ УСМЕРЕН НА РАЗВОЈ КОМПЕТЕНЦИЈА.....	16
2.2. НАУЧНА ПИСМЕНОСТ .....	24
2.2.1. PISA концепт научне писмености и постигнућа ученика у Србији.....	24
2.2.2. Принципи и велике идеје научног образовања .....	32
2.3. АЛТЕРНАТИВНЕ КОНЦЕПЦИЈЕ .....	36
2.3.1. Шта су алтернативне концепције?.....	36
2.3.2. Концептуалне промене.....	40
2.4. ТРАДИЦИОНАЛНИ И КОНСТРУКТИВИСТИЧКИ ПРИСТУП КОНЦЕПТУАЛНИМ ПРОМЕНАМА .....	43
2.5. ИДЕНТИФИКОВАЊЕ АЛТЕРНАТИВНИХ КОНЦЕПЦИЈА У НАСТАВИ ФИЗИКЕ .....	47
2.6. КОНЦЕПТ ПЛИВАЊА И ТОЊЕЊА ТЕЛА.....	50
2.6.1. Комплексност концепта пливања и тоњења тела .....	50
2.6.2. Когнитивни развој и разумевање комплексних процеса .....	52
2.7. ОБЛИКОВАЊЕ НАСТАВЕ УСМЕРЕНЕ НА УЧЕЊЕ .....	56
2.7.1. Савремени поглед на природу учења у наставном процесу .....	60
2.7.2. Примена конструктивистичких становишта у настави .....	68
Peer Instruction и Just-in-Time Teaching наставне стратегије .....	79
2.7.3. Саморегулисано учење .....	84
Улога домаћих задатака .....	88
2.7.4. Наставне стратегије усмерене на активну конструкцију знања о пливању и тоњењу тела .....	91
<b>3. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА</b> .....	<b>102</b>
3.1. ПРОБЛЕМ И ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА.....	102
3.2. ЦИЉЕВИ И ЗАДАЦИ ИСТРАЖИВАЊА.....	104
3.3. ИСТРАЖИВАЧКА ПИТАЊА .....	106
3.4. НАЧИН, ОРГАНИЗАЦИЈА И ТОК ИСТРАЖИВАЊА .....	109
3.5. УЗОРАК ИСТРАЖИВАЊА .....	112
3.6. ИНСТРУМЕНТИ ИСТРАЖИВАЊА .....	113
3.6.1. Бондов тест логичких операција (BLOT).....	113
3.6.2. Модификовани дијагностички тест о пливању и тоњењу тела.....	113
3.6.3. Радни лист: Критичка процена решења рачунског задатка и откривање грешке .....	116
3.6.4. Радни лист: Анализа снимка необичног понашања тела у гасу чија је густина већа од густине ваздуха .....	118
3.6.5. Одложени тест.....	119
3.6.6. Радни лист: Предвиди-посматрај-објасни активност демонстрације силе потиска .....	122



3.7. РЕАЛИЗОВАНА НАСТАВА О СИЛИ ПОТИСКА И ПОЈАВАМА ВЕЗАНИМ ЗА ЊУ – ТРАДИЦИОНАЛНИ ПРИСТУП И ПРИСТУП УСМЕРЕН НА АКТИВНО УЧЕЊЕ.....	124
3.7.1. Основне одлике традиционалне наставе реализоване у контролној групи .....	125
3.7.2. Основне одлике реализоване наставе усмерене на активно учење у експерименталној групи .....	129
3.8. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОГ МОДЕЛА АКТИВНОГ УЧЕЊА О СИЛИ ПОТИСКА И ПОЈАВАМА ВЕЗАНИМ ЗА ЊУ .....	132
Часови 1 и 2 - Сила потиска (час изучавања новог градива) .....	133
Час 3 - Сила потиска и Архимедов закон (час утврђивања знања) .....	137
Час 4 - Примена Архимедовог закона; Пливање и тоњење тела (комбиновани час) .....	139
Час 5 - Сила потиска и појаве везане за њу (комбиновани час).....	141
Час 6 - Сила потиска и појаве везане за њу (час понављања и уопштавања) .....	144
3.9. ВАРИЈАБЛЕ ИСТРАЖИВАЊА .....	146
3.10. ТЕХНИКЕ ОБРАДЕ ПОДАТАКА .....	147
<b>4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА СА ДИСКУСИЈОМ .....</b>	<b>149</b>
4.1. ПОСТИГНУЋА УЧЕНИКА НА УВОДНОМ ДИЈАГНОСТИЧКОМ ТЕСТУ.....	149
4.1.1. Заступљеност различитих алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела .....	149
4.1.2. Повезаност степена когнитивног развоја и присуства алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела.....	153
4.1.3. Повезаност различитих категорија ученичких одговора на уводном дијагностичком тесту и врсте свакодневних искустава о пливању и тоњењу тела .....	154
4.2. ПОРЕЂЕЊЕ НАПРЕТКА УЧЕНИКА КОНТРОЛНЕ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ГРУПЕ НА ЗАВРШНОМ ДИЈАГНОСТИЧКОМ ТЕСТУ У ОДНОСУ НА УВОДНИ .....	160
4.2.1. Постигнућа ученика контролне и експерименталне групе на завршном дијагностичком тесту .....	160
4.2.2. Поређење постигнућа ученика контролне и експерименталне групе на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни.....	165
4.3. ПОРЕЂЕЊЕ ПОСТИГНУЋА УЧЕНИКА КОНТРОЛНЕ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ГРУПЕ У ПОГЛЕДУ ПРИМЕНЕ И ТРАЈНОСТИ УСВОЈЕНИХ ЗНАЊА .....	175
4.3.1. Поређење постигнућа ученика контролне и експерименталне групе при критичкој анализи решеног задатка .....	175
4.3.2. Поређење постигнућа ученика контролне и експерименталне групе при тумачењу снимка неубичајених физичких појава .....	180
4.3.3. Поређење постигнућа ученика контролне и експерименталне групе на одложеном тесту ..	185
4.4. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА МОГУЋНОСТИ ПОБОЉШАЊА ПОСТИГНУЋА УЧЕНИКА У ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОЈ ГРУПИ ПРИМЕНОМ PEER INSTRUCTION НАСТАВНЕ СТРАТЕГИЈЕ .....	190
<b>5. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА .....</b>	<b>195</b>
5.1. РЕЗИМЕ РЕЗУЛТАТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОГ ИСТРАЖИВАЊА .....	198
5.2. ИМПЛИКАЦИЈЕ ИСТРАЖИВАЊА .....	202
5.3. ОГРАНИЧЕЊА ИСТРАЖИВАЊА .....	206
<b>6. ПРИЛОЗИ .....</b>	<b>207</b>
<b>ПРИЛОЗИ ПОГЛАВЉУ ТЕОРИЈСКИ ОКВИР ИСТРАЖИВАЊА.....</b>	<b>208</b>

6.1. Прилог 2-1: Опис општих међупредметних компетенција у Републици Србији.....	208
6.2. Прилог 2-2: Образовни стандарди за крај обавезног образовања за наставни предмет Физика.....	217
6.3. Прилог 2-3: Садржај програма за наставни предмет Физика у основној школи .....	222
<b>ПРИЛОЗИ ПОГЛАВЉУ МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА .....</b>	<b>231</b>
Инструменти истраживања .....	231
6.4. Прилог 3-1: Бондов тест логичких операција (BLOT) .....	232
6.5. Прилог 3-2: Модификовани дијагностички тест о пливању и тоњењу тела .....	241
6.6. Прилог 3-3: Радни лист - Критичка процена решења рачунског задатка и откривање грешке .....	246
6.7. Прилог 3-4: Радни лист - Анализа снимка необичног понашања тела у гасу чија је густина већа од густине ваздуха .....	248
6.8. Прилог 3-5: Одложени тест .....	250
6.9. Прилог 3-6: Радни лист - Предвиди-посматрај-објасни активност демонстрације силе потиска .....	252
6.10. Прилог 3-7: Образац за посматрање и вредновање школског часа .....	254
Задаци у експерименталној групи – Радни листови .....	258
6.11. Прилог 3-8: Домаћи задатак - Основни појмови о сили потиска.....	259
6.12. Прилог 3-9: Домаћи задатак – Архимед.....	260
6.13. Прилог 3-10: Радни лист - Одређивање густине тела применом Архимедовог закона.....	262
6.14. Прилог 3-11: Истраживачки домаћи задатак о јабукама.....	263
6.15. Прилог 3-12: Домаћи задатак – Сила потиска и појаве везане за њу .....	264
<b>ПРИЛОЗИ ПОГЛАВЉУ РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА СА ДИСКУСИЈОМ.....</b>	<b>265</b>
6.16. Табела - Заступљеност четири категорије ученичких одговора на уводном дијагностичком тесту о пливању и тоњењу тела у контролној и експерименталној групи .....	266
6.17. Crosstab statistics - искуства ученика о пливању и тоњењу тела.....	267
6.18. Табела - Постигнућа ученика контролне и експерименталне групе на уводном и завршном дијагностичком тесту .....	272
<b>7. ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>274</b>
<b>КРАТКА БИОГРАФИЈА.....</b>	<b>295</b>
<b>КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА .....</b>	<b>296</b>

## Увод

Рад започињемо прегледом актуелног стања образовног система у нашој земљи, са нагласком на промене и изазове који су пред њим.

### *1.1. образовање у Србији – промене и изазови*

Честе, брзе и непредвидиве промене у савременом свету доводе образовање пред озбиљне изазове и стварају потребу да се оно изнова мења и прилагођава. Спровођење образовних реформи, како у свету, тако и код нас, свакако није новина. Напротив, може се рећи да је тежња да се постојеће стање неког образовног система побољша и унапреди готово универзална одлика већине развијених друштава.

Од почетка развоја савременог школства у Србији, почетком XIX века, па до данас реализовано је двадесетак образовних реформи које су углавном биле усмерене на парцијалне промене. Образовни систем ретко је сагледаван у целини, а још мање су уважаване дугорочне потребе за реформама, посебно уз јасну представу о њиховим импликацијама. Највећи број спроведених реформи био је усмерен на поједине сегменте система образовања као што су планови, програми или уџбеници што очигледно није било довољно да се учине значајнији кораци у погледу осавремењавања и унапређивања образовања у нашој земљи.

У документу под називом *Стратегија развоја образовања у Србији до 2020. године* истиче се да су ретки били „покушаји да се развој система образовања разуме са становишта његове мисије и односа према спољњем свету у коме функционише и ради кога постоји; да се посматра систем образовања у целини; да то посматрање и пројектовање његовог развоја буде изведено уз стварно учешће целокупне јавности; да се воде широке и компетентне јавне расправе о образовању; да те расправе буду критички стваралачке и аргументоване; да се систем образовања дословно отвори према заједници у којој живи; да њиме нико не манипулише и не користи у сврхе задовољења интереса одређених група; да ствара популацију модерно образовану, креативну, за учење мотивисану и оспособљену за примену стеченог знања“ (Сл. гласник РС, бр. 107/2012, стр. 2).

Треба рећи и да спровођење реформи образовања није увек било општеприхваћено, као и да се често мењао њихов основни правац и концепција. Управо се као негативне стране овог процеса могу се издвојити често брзо, а некада и недовољно припремљено спровођење што је неминовно доводило до отпора важних учесника у образовном процесу (Бауцал & Павловић Бабић, 2016).

Ако се осврнемо на актуелне промене у образовању у нашој земљи, најпре би требало размотрити поменути *Стратегије развоја образовања у Србији до 2020. године* која је дефинисана и усвојена 2012. године у намери да се прецизно утврди сврха, правац и циљ, механизми и инструменти даљег развоја целокупног система образовања у Србији (Сл. гласник РС, бр. 107/2012).

При дефинисању циљева дугорочног развоја образовања овог пута пошло се од улоге коју образовање мора имати у укупном развоју земље и побољшању њеног положаја у савременом свету, али и уз уважавање опаженог стања образовања у Србији које је у многим аспектима још увек незадовољавајуће. Овим документом дефинисане су четири групе циљева:

- (1) Повећање квалитета процеса и исхода образовања до максимално достигнутог нивоа – оног који проистиче из научних сазнања о образовању и угледне образовне праксе;
- (2) Повећање обухвата становништва Републике Србије на свим образовним нивоима, од предшколског васпитања и образовања до целоживотног учења;
- (3) Достизање и одржавање релевантности образовања, тако што ће се структура система образовања усагласити са непосредним и развојним потребама појединаца, економског, социјалног, културног, истраживачког, образовног, јавног, административног и других система;
- (4) Повећање ефикасности употребе свих ресурса образовања, односно завршавање образовања у предвиђеном року, са минималним продужетком трајања и смањеним напуштањем школовања (*Стратегија развоја образовања у Србији до 2020. године*, Сл. гласник РС, бр. 107/2012).

*Стратегија развоја образовања у Србији до 2020. године* требало би да испуни две основне улоге:

- (1) Да постави интегрални оквир за обликовање кључних законских, подзаконских и других регулаторних инструмената функционисања и развоја образовања у Републици Србији и
- (2) Да постане основни стратешки инструмент којим се систем образовања у Републици Србији ефикасно и прихватљиво преводи из постојећег у жељено и оствариво стање.

Када је реч о основном образовању и васпитању, овим документом оно је препознато као темељ целокупног система образовања. Истиче се потреба за обезбеђивањем квалитетног образовања свих грађана, па су као неке од значајних функција основног образовања наведени:

- Базично описмењавање ученика из свих области значајних за живот у савременом свету;
- Развијање функционалних знања и мотивације за учење и
- Оспособљавање за даље школовање, целоживотно учење и активан и конструктиван живот у савременом друштву (Стратегија развоја образовања у Србији до 2020. године, Сл. гласник РС, бр. 107/2012).

Осим *Стратегије развоја образовања у Србији до 2020. године* која је усвојена 2012. године, у периоду од фебруара 2013. до септембра 2015. године развијен је још један важан документ. У оквиру пројекта „Подршка развоју људског капитала и истраживању – Опште образовање и развој људског капитала – Развионица“ формулисан је *Оквир националног курикулума* (ОНК). Реч је о документу који је по својој природи нормативан и развојни документ који подржава холистички приступ развоју детета у институционалном образовању и васпитању у складу са визијом друштва у Србији (Извештај „Процена квалитета Оквира националног курикулума – основе учења и наставе“, 2016).

*Оквир националног курикулума* треба да буде основа за промене усмерене ка квалитетнијем учењу и резултатима учења у институционалним оквирима. У извештају „Процена квалитета Оквира националног курикулума – основе учења и наставе“ (2016, стр. 5) наводи се: „Оквир националног курикулума је концептуална и програмска основа за изградњу кључних компетенција у складу са Законом о основама система образовања и васпитања и кључним компетенцијама дефинисаним у релевантним документима Европске уније. Базиран је на компетенцијама које су усаглашене и дефинисане на интегративном нивоу као међупредметне, али су компетенције даље елабориране по предметима. Све компетенције су проверљиве кроз предметне исходе или исходе учења након сваке године учења предмета, као и кроз стандарде постигнућа који су дефинисани по предметним областима након одређеног нивоа образовања.“

На овај начин, повезивањем компетенција, исхода и стандарда постигнућа, начињен је један савремени документ као добра полазна основа за формулисање курикулума, што је важан посао који тек предстоји. При томе је концепцији учења и оцењивања посвећена велика пажња уз прихватање најбитнијих принципа савремене науке о образовању и успешне наставне праксе.

На овом месту треба нагласити значајну чињеницу да оба поменута документа предвиђају промене образовног система уважавајући реално стање, односно полазећи од релевантних података заснованих на резултатима националних и међународних истраживања.

Када су у питању образовна постигнућа ученика, многе досадашње студије, како националне тако и међународне, указују да у просеку ученици у Србији остварују нижа

образовна постигнућа од очекиваних (Бауцал & Павловић Бабић, 2016), што говори о томе да наш образовни систем још увек није успео да асимилира савремено схватање природе активности ученика у наставном процесу (Marinković, 2010).

Када је реч о националним студијама може се издвојити истраживање ефеката основног образовања које је реализовао Институт за психологију Филозофског факултета у Београду још крајем деведесетих година које је показало да велики део ученика на крају основног образовања није усвојио кључна знања и вештине на задовољавајућем нивоу (Лазаревић, 1999 према Havelka et al., 1990). У сарадњи Института за психологију и Уницефа, поменута студија поновљена је 2001. године, а резултати су поново указали да велики број ученика завршава основно образовање са незадовољавајућим постигнућима (Бауцал & Павловић Бабић, 2016) што додатно указује на дубину овог проблема.

У периоду након 2000. године, најзначајнији подаци добијани су на основу међународних тестирања у којима су учествовали наши ученици, у првом реду PISA и TIMSS истраживања која су потврдили су ову тенденцију.

Међународни програм процене ученичких постигнућа PISA (Programme for International Student Assessment) утврђује да ли су ученици који завршавају период општег образовања усвојили знања и вештине неопходне за наставак школовања, професионални развој и одговорно учествовање у цивилном друштву. Постигнуће се процењује у области читалачке, математичке и научне писмености, а од 2012. године и у области решавања проблема (Павловић Бабић & Бауцал, 2013). Смисао захтева који се постављају пред ученике није сведен на процену у којој мери су у стању да репродукују програмом предвиђене садржаја, већ првенствено да ли су развили ефикасне стратегије учења и употребљива знања која им омогућавају да научено примењују у различитим ситуацијама и да критички промишљају различите садржаје (Бауцал & Павловић Бабић, 2011).

TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) је пројекат Међународног удружења за евалуацију образовних постигнућа (International Association for the Evaluation of Educational Achievement – IEA). Истраживање TIMSS бави се постигнућем ученика у области математике и природних наука и спроводи се сваке четврте године. Постигнућа се испитују на два узрасна нивоа која одговарају четвртој и осмој разреду основне школе у нашој земљи.

Резултати PISA истраживања (2003., 2006., 2009. и 2012. године) показали су да је опште образовање у Србији у просеку на нижем нивоу него у другим земљама, односно да петнаестогодишњи ученици у Србији имају значајно нижа образовна постигнућа у односу на ученике у другим земљама (Бауцал & Павловић Бабић, 2016). Иако постоји благ напредак ученика на PISA тестирањима од 2003. до 2012. године и даље је основни налаз

да ученици у Србији у просеку имају нижа образовна постигнућа у односу на своје вршњаке у другим земљама (Бауцал & Павловић Бабић, 2011; Павловић Бабић & Бауцал, 2013).

Што се тиче постигнућа ученика на TIMSS тестирањима (2003. и 2007. године) налази потврђују да ученици осмог разреда остварују слабије резултате у односу на међународни просек (Антонијевић & Јањетовић, 2005; Бауцал & Павловић Бабић, 2016 према Гашић Павишић & Станковић, 2011). Са друге стране, у TIMSS истраживањима 2011. и 2015. године учествовали су ученици четвртог разреда из наше земље, а резултати су показали да након прве четири године основног школовања ученици из Србије имају у просеку нешто виша образовна постигнућа од просечних у другим земљама (Гашић Павишић & Станковић, 2012; Марушић Јаблановић & Гутвајн Јакшић, 2017).

Наведени резултати о постигнућима наших ученика свакако представљају један од разлога иницирања недавно започетих промена у образовном систему Републике Србије. У овом моменту може се уочити тежња ка унапређивању система образовања и подизању нивоа постигнућа сваког појединца, као и јасна намера да се изврши усклађивање образовног система Србије са образовањем на ширем европском простору, што је јасно исказано кроз поменуте документе, *Стратегију развоја образовања у Србији до 2020. године* и *Оквир националног курикулума*.

Са друге стране, не може се игнорисати ни замор и песимизам међу кључним актерима у процесу образовања који је проузрокован како смењивањем различитих праваца реформских иницијатива, тако и незадовољством наставника друштвеним статусом и условима рада (ОЕСД, 2014; Бауцал & Павловић Бабић, 2016).

Без обзира на то што је процес реформе образовања у последњих петнаестак година неколико пута мењао правац и концепцију, оно што се може издвојити као константа јесте стављање акцента на стандарде образовних постигнућа ученика (Бауцал, 2013). Због тога ће теоријски оквир овог истраживања бити заснован управо почев од приступа настави усмереног на развој компетенција где незаобилазну улогу имају исходи и стандарди образовних постигнућа.

## 2. Теоријски оквир истраживања

### 2.1. Приступ настави усмерен на развој компетенција

Актуелне промене у нашем образовном систему требало би да доведу до наставе која погодује креирању прилика у којима ученици развијају знања и вештине неопходне за сналажење и ефикасно управљање приватним, друштвеним и професионалним животом. Јасно је да постоји тежња да се смисао образовног система помери у смеру развоја компетенција, односно ка оспособљавању ученика да оно што су научили у школи заиста примењују у сложеним условима свакодневног живота.

За овакав приступ настави може се рећи да је усмерен на развој компетенција, при чему се под компетенцијама подразумева „скуп повезаних знања, вештина, ставова и личних својстава који једној особи омогућава да у датом контексту предузме одговарајућу активност и да ту активност обави ваљано, успешно и ефикасно“ (Оквир националног курикулума – основе наставе и учења/нацрт, 2015).

Компетенције показују у којој мери је ученик оспособљен да оно што је научио заиста користи на одговарајући начин у разноврсним стварним ситуацијама, било у школи или ван ње. Компетенције подразумевају да ученик може најпре да препозна и разуме проблем или задатак у реалној ситуацији, у реалном простору и времену, а затим да може ефикасно да осмишљава, планира, остварује и евалуира своја решења.

Важност компетенција широко је препозната. Наиме, институције Европске уније још од 2006. године препоручују вођење образовних политика које подржавају развој компетенција. Посебно је наглашен развој такозваних кључних компетенција које представљају окосницу целоживотног учења и имају велики значај за организацију учења и наставе у учионици (Key Competences for Lifelong Learning - European Reference Framework, 2007). Према *Европском оквиру кључних компетенција за целоживотно учење* дефинисано је осам кључних компетенција на нивоу Европске уније. То су:

- Комуникација на матерњем језику;
- Комуникација на страним језицима;
- Математичка компетентност и основне компетенције у природним наукама и технологији;
- Дигитална компетенција;
- Учење како се учи;
- Друштвена и грађанска компетенција;



- Иницијативност и предузетништво;
- Културна свест и експресија.

Дефиниције кључних компетенција према Европском оквиру кључних компетенција за целоживотно учење (2007) дате су у Табели 1.

**ТАБЕЛА 1:** Кључне компетенције за целоживотно учење у Европској унији

Компетенција	Опис компетенције
<b>Комуникација на матерњем језику</b>	Способност изражавања и тумачења мисли, осећања и чињеница, усменим или писаним путем (слушање, говор, читање и писање) и успостављања лингвистичке интеракције на одговарајући начин у широком распону друштвених и културних околности, као што су посао, образовање, кућа и време за одмор.
<b>Комуникација на страним језицима</b>	У великој мери има исту димензију као и вештина комуницирања на матерњем језику, с тим што комуницирање на страном језику захтева и вештине попут посредовања и међукултурног разумевања.
<b>Математичка компетентност и основне компетенције у природним наукама и технологији</b>	<p>Математичка компетенција је способност развоја и примене математичког мишљења у циљу решавања низа проблема у свакодневним ситуацијама. Заснована је на разумевању и раду са бројевима, при чему је нагласак је на процесима и активностима, једнако као и на знању. Математичка компетенција укључује, у различитим степенима, способност и спремност да се користе математички модели размишљања (логичко и просторно размишљање) и презентације (формуле, модели, конструкције, дијаграми и графикони).</p> <p>Компетенција у природним наукама односи се на способност и спремност да се користи укупно знање и методологија развијена да би се објаснио природни свет, са циљем идентификације питања и проналажења закључака заснованих на доказима. Компетенција у области технологије се види као примена тог знања и методологије као одговора на уочене људске жеље или потребе. Компетенције у науци и технологији укључују разумевање промена узрокованих људском активношћу и одговорности појединца.</p>

---

**Дигитална компетенција**

Дигитална компетенција укључује безбедну и критичку употребу технологије информационог друштва за рад, забаву и комуникацију. Заснована је на основним вештинама из области информатичких и компјутерских вештина - коришћење рачунара за приступ, процену, чување, производњу, презентацију и размену информација, као и за комуникацију и сарадњу преко интернета.

---

**Учење како се учи**

Учење како се учи је способност да се упорно инсистира на учењу, да се сопствено учење ефикасно организује, укључујући адекватно управљање временом и информацијама, било појединачно, било у групама. Ова компетенција обухвата и свест о сопственом процесу учења и потребама, идентификацију доступних прилика и ресурса за учење, као и способност превазилажења препрека са циљем успешног учења, укључујући вештине тражења и коришћења помоћи при учењу. Ова компетенција подразумева стицање, обраду и усвајање новог знања и вештина, као и њихову примену у различитим контекстима: код куће, на послу и током образовања. Мотивација и самопоуздање појединца су кључни за развој ове компетенције.

---

**Друштвена и грађанска компетенције**

Друштвена компетенција односи се на све облике понашања којима мора овладати појединац да би био способан да учествује на ефикасан и конструктиван начин у социјалном животу и да решава проблеме када је то неопходно. Интерперсоналне вештине су неопходне за ефикасну интеракцију између двоје или више људи, а користе се и у јавним и приватним доменима;

Грађанска компетенција омогућава појединцу да потпуно учествује у друштвеном животу, на основу знања о друштвеним и политичким концептима и структурама и посвећености активном и демократском приступу друштвеном животу.

---

**Иницијативност и предузетништво**

Ова компетенција има активну и пасивну компоненту, јер обухвата тенденцију да појединац сам покрене неку промену или способност да упозна, подржи и прилагоди се иновацијама које су изазвали спољни фактори. Предузетништво подразумева прихватање одговорности за сопствене поступке, било позитивне или негативне, развој стратешке визије, постављање и испуњавање циљева, као и мотивисаност за успех.

---

---

**Културна свест и експресија**

Ова компетенција подразумева да се цени важност креативног изражавања идеја, искустава и емоција у низу разних медија, укључујући музику, изражавање покретима, књижевност и уметност.

---

Од недавно, неке од ових кључних компетенција посебно се наглашавају као трансверзалне компетенције. То су учење како се учи, вештина комуникације, иницијативност и предузетништво, дигиталне компетенције, културна свест и експресија.

Полазећи од ове листе, у сваком образовном систему дефинише се и развија листа компетенција које одговарају на конкретне потребе и приоритете сваког од њих. У нашој земљи 2013. године од стране Завода за вредновање квалитета образовања и васпитања предложена је следећа листа општих међупредметних компетенција за крај општег средњег образовања:

- Компетенција за целоживотно учење;
- Комуникација;
- Рад с подацима и информацијама;
- Дигитална компетенција;
- Решавање проблема;
- Сарадња;
- Одговорно учешће у демократском друштву;
- Одговоран однос према здрављу;
- Одговоран однос према околини;
- Естетичка компетенција;
- Предузимљивост и оријентација ка предузетништву.

Њихов детаљан опис дат је као *Прилог 2-1* у одељку 6.1.

Наведена листа општих међупредметних компетенција за крај општег средњег образовања нашла је своје место и у нацрту *Оквира националног курикулума – основе наставе и учења* из 2015. године. Треба рећи да је приликом рада на нацрту овог важног документа израђен и предлог описа општих међупредметних компетенција за крај основног образовања који је усаглашен са описом општих међупредметних компетенција за крај средњег образовања и у значајној мери се подудара са њим. Наравно, очекује се да кроз школовање ученици постепено остварују све више нивое наведених компетенција. При томе, треба нагласити да рад на општим међупредметним компетенцијама није конкурентан раду на садржајима

и компетенцијама које су непосредно везане за одређене предмете. Напротив, међупредметне компетенције представљају корак више у разумевању градива и примени наученог, а одговорност за њихово развијање носе сви наставници и школски предмети током читавог школовања.

Поређењем општих међупредметних компетенција у Републици Србији са Европским оквиром кључних компетенција за целоживотно учење јасно се може уочити тежња да се у нашем образовном систему подржи развој компетенција које су у европским оквирима препознате као трансверзалне компетенције.

Са друге стране, може се уочити изостајање компетенције која би одговарала европској названој *математичка компетентност и основне компетенције у природним наукама и технологији*. Иако се у описима других наведених компетенција могу запазити извесни елементи усмерени на стицање математичке, односно научне писмености, ово је веома забрињавајуће посебно имајући у виду исподпросечна постигнућа наших ученика у овим областима, о чему ће више бити речи у наредним поглављима.

Као што је поменуто, приликом израде нацрта *Оквира националног курикулума*, након што су компетенције усаглашене и дефинисане на интегративном нивоу као међупредметне, компетенције су даље елабориране по предметима. Све компетенције требало би да буду проверљиве кроз предметне исходе након сваке године учења предмета, као и кроз стандарде постигнућа који се дефинишу по предметним областима након одређеног нивоа образовања.

Образовни стандарди за крај обавезног образовања за наставни предмет физика дати су као *Прилог 2-2* у одељку 6.2. Реч је стандардима који су усвојени 2009. године. Треба напоменути да је приликом израде нацрта *Оквира предметног курикулума – обавезни предмети у основном образовању* (2015), вршена ревизија стандарда уз покушај да се формулишу и предметни исходи, али да још увек не постоји званичан документ о усвајању тих ревидираних стандарда.

Када је у питању општа предметна компетенција за наставни предмет физика, у нацрту *Оквира предметног курикулума – обавезни предмети у основном образовању* (2015), наводи се следеће:

„На крају обавезног образовања ученик описује и објашњава природне појаве и процесе физичким законима. Овладао је специфичном терминологијом физике и коректно је користи (симболи, међународни систем јединица, формуле) у описивању физичких појава. Унапредио је апстрактно и критичко мишљење и развио и култивисао истраживачки дух. Оспособљен је да поштује правила заједничког рада и да активно и конструктивно

учествује у раду групе. Уме да примени стечена знања и вештине у ситуацијама из свакодневног живота и оспособљен је да их унапређује у даљем школовању“ (стр.78).

Општа предметна компетенција даље је разложена на три нивоа, основни, средњи и напредни.

Очекује се да је на основном нивоу ученик „стекао елементарне основе научне писмености: зна да се вредности физичких величина добијају мерењем или израчунавањем и да се изражавају бројем и одговарајућим мерним јединицама; употребљава нека мерила и уме да одреди њихову прецизност; користи једноставне формуле. Има свест о улози физике у развоју људског друштва. Препознаје примену закона физике у свакодневном животу и уочава како развој физике доприноси технолошким променама у индустрији, саобраћају, медицини, енергетици и многим другим областима, и свестан је везе тих промена са побољшањем квалитета живота људи. Свестан је важности енергетских потенцијала на Земљи и потребе њиховог економичног коришћења“ (стр. 78).

На средњем нивоу требало би да ученик „разуме значај прикупљања података и мерења; уме да реализује једноставније експерименте и да резултате мерења прикаже табеларно и графички; изводи закључке засноване на основу добијених података. Разуме и користи основне формуле у физици. Има развијену свест о опасности од могућих негативних последица на животно окружење и властито здравље услед погрешне примене технологија (бука, зрачење и сл.). Стекао је основна знања и умења да узме учешће у дискусијама које су у вези са овим проблемима“ (стр. 79).

На напредном нивоу ученик „уме да реализује експерименте, прикаже резултате табеларно и графички и анализира их, уопштава их и изводи закључке. Анализира физичке проблеме и решава их коришћењем формула. Свестан је да се природне појаве и процеси описују, објашњавају, предвиђају и користе употребом сазнања добијених изучавањем физике. Способан је да планира и реализује једноставне истраживачке пројекте у сарадњи с другим ученицима“ (стр. 79).

Осим опште предметне компетенције, дефинисане су специфичне предметне компетенције, такође на основном, средњем и напредном нивоу и то за следеће области: механика, топлотна физика, електромагнетизам, таласи и оптика, структура материје и мерење. За ове исте области дати су и ревидирани стандарди на три нивоа, као и предлог заједничких стандарда за све природне науке у области експеримент (Оквир предметног курикулума – обавезни предмети у основном образовању/нацрт, 2015).

Приступ настави усмерен на развој компетенција представља једну од основа за промене у образовном систему које би требало да доведу до квалитетнијег учења и резултата учења. Ово у првом реду подразумева неопходност јачања свести наставника о важности и значају компетенција, како предметних, тако и међупредметних уз познавање смисла и сврхе образовних исхода и стандарда. Уз то, посебна пажња мора бити посвећена настави као процесу учења, која подразумева активно учешће ученика у складу са конструктивистичким схватањем учења.

У извештају Завода за вредновање квалитета образовања и васпитања „Процена квалитета Оквира националног курикулума – основе учења и наставе“ из 2016. године наводи се да у нашој наставној пракси још увек доминирају фронтална настава и предавања у чијем су средишту наставници, који су углавном концентрисани на предметне садржаје. Истиче се да се постојећи стандарди постигнућа, донети за основне школе 2009. године, а за средње 2013. године, отежано повезују са садржајима, а наставници их перципирају најчешће као административну меру, односно обавезу, са којом се не осећају довољно сигурно. Осим тога, стандарди постигнућа сада нису укључени у текстове предметних програма, већ су представљени одвојено и због тога се наставници приликом планирања и реализовања наставе најчешће држе само задатих садржаја<sup>1</sup>.

Очекујући коначно усвајање и широку примену *Оквир националног курикулума*, јасно је да се систематично и континурано мора радити на развијању приступа настави која је усмерена на развој компетенција. То у првом реду подразумева постепено померање од традиционалног приступа настави заснованог пре свега на предавању наставника и репродуковању чињеница од стране ученика ка настави која је усмерена на учење, где би у првом плану требала бити активна изградња функционалних знања.

Ове промене неминовно захтевају рад на развијању компетенција самих наставника и то у свим областима предвиђеним стандардима компетенција за професију наставника и њихов професионални развој:

- Наставна област, односно предмет и методика наставе;
- Учење и поучавање;
- Подршка развоју личности ученика;
- Комуникација и сарадња (Службени гласник РС – Просветни гласник бр.5/2011).

---

<sup>1</sup>Садржаји програма за наставни предмет физика у основној школи дати су као *Прилог 2-3* у одељку 6.3.

Ово би морало бити узето у обзир приликом иницијалног образовања будућих наставника, али и у процесу сталног стручног усавшавања наставника. Нема дилеме око тога да је за промене и унапређивање образовног система неопходно побољшање наставничких компетенција. Многа истраживања показала су да су управо наставници кључни фактор у подизању квалитета наставног процеса, мотивације и академских постигнућа ученика (ОЕСД, 2005).

## **2.2. Научна писменост**

### **2.2.1. PISA концепт научне писмености и постигнућа ученика у Србији**

Организација за економску сарадњу и развој (OECD), један од иницијатора Међународног програма процене ученичких постигнућа (PISA), дала је основну дефиницију научне писмености која је данас широко прихваћена. Према овој дефиницији научна писменост подразумева:

- Поседовање научних знања и њихову примену приликом препознавања научних проблема, стицања нових знања, научног објашњавања појава и извођења на чињеницама заснованих закључака о научно релевантним питањима;
- Разумевање природе науке као облика људског сазнања и делатности;
- Свест о томе како наука и технологија обликују и утичу на начин живота у савременом технолошком друштву;
- Спремност за ангажовање и давање личног доприноса у решавању научних питања, изграђивање личног става (Павловић Бабић, Бауцал & Кузмановић, 2009 према OECD, 2006).

У оквиру PISA приступа процењивању нивоа научне писмености испитују се две врсте знања: знања из појединих области природних наука и знања о науци као облику људске делатности. У првом случају, реч је о разумевању фундаменталних научних концепата и теорија, а у другом о разумевању природе науке и научног метода (Павловић Бабић & Бауцал, 2013).

Када су у питању знања из природних наука, садржаји на којима се испитује научна писменост организовани су у четири категорије које одговарају садржајима предмета биологија, физика, хемија и географија (физичка географија) у нашем образовном систему:

- Живи системи (структура и функције ћелије; човек – здравље, исхрана, нервни систем, дигестивни, кардиоваскуларни, респираторни, систем жлезда са унутрашњим лучењем, репродукција, болести; еволуција живих система, врсте популација, биодиверзитет, генетске промене; екосистеми; биосфера и питања одрживости);
- Неживи системи (структура материје; својства материје; хемијске промене материје; кретање и сила; енергија и трансформисање енергије; узајамно деловање енергије и материје);



- Земља и васиона (састав Земље, промене у планети Земљи; историја Земље као планете, нпр. фосили, порекло и еволуција; Земља у васиони, нпр. соларни систем, гравитација);
- Технологија (улога и значај технологије; однос науке и технологије; технолошка начела, нпр. оптимизација, размена, излагање ризику; најважнији принципи у примени технологије, нпр. ограничења, иновације, проналасци).

Наведени садржаји, обликовани у задатке, испитују се на три нивоа релевантности, а то су лични, друштвени и глобални план. На пример, када су у питању природни ресурси, на личном плану значајна су знања ученика о потрошњи, уштеди енергије и коришћењу различитих енергената; на нивоу друштвене заједнице отварају се питања квалитета живота, производње хране и снабдевања енергијом; а на глобалном нивоу значајно је управљање обновљивим и необновљивим изворима енергије или питање раста популације (Павловић Бабић & Бауцал, 2013).

Осим тога, од ученика се очекује да разуме природу научно заснованих знања. У PISA програму разликују се две категорије знања о науци:

- Знања о научном истраживању (извор, порекло, циљеви, на пример добијање одговора на неко научно питање, објашњење неке појаве, решавање практичног проблема; експерименти – дизајн, контрола услова; врсте научних података; начини мерења, нпр. поузданост, могућност провере, варирање; карактеристике резултата научних истраживања, нпр. емпиријски, привремени, фалсификовани);
- Знања о научном објашњењу (типови научних објашњења; начини објашњавања; правила, нпр. логичка конзистентност научних објашњења, заснованост на доказима; исходи, нпр. продуковање нових знања, метода и нових технологија) (Павловић Бабић & Бауцал, 2013).

Међу разноврсним компетенцијама које су препознате као релевантне за решавање задатака у области природних наука на PISA тестирањима, уобичајено се истичу следеће категорије компетенција:

- *Репродукција* - Овим кластером обухваћени су једноставни захтеви смештени у познат контекст. Од ученика се тражи да изводе закључке или дају објашњења која представљају дословне интерпретације података.
- *Интеграција* - Идентификовање једноставних научних проблема, али у различитим контекстима. Примена једноставних модела истраживања. Употреба и интерпретирање концепата из различитих дисциплина. Захтева се коришћење података из различитих извора, селектовање и интеграција података који су

презентовани на различите начине, повезивање података са ситуацијама из реалног живота и примена једноставних стратегија решавања проблема.

- *Рефлексивност* - Ове компетенције се појављују у задацима у којима су описане комплексне животне ситуације. Ученици образлажу решења до којих су дошли, размишљају и евалуирају различита решења, користе научна знања и аргументе да би образложили одлуке на личном, друштвеном или глобалном плану (Павловић Бабић, Бауцал & Кузмановић, 2009).

Очигледно, реч је процесима који чине континуум од репродукције елементарних чињеница и примене основних правила и поступака преко повезивања различитих и различито репрезентованих садржаја до комплексне евалуације научних података или методолошких поступака.

Детаљан опис постигнућа ученика изражен кроз шест нивоа научне писмености дат је у Табели 2. Уједно су приказани подаци о оствареном постигнућу ученика у Србији и просечном постигнућу ученика у OECD земљама за последња три циклуса PISA тестирања у којима су наши ученици учествовали (2006., 2009. и 2012. године).

Ако се детаљније осврнемо на резултате из 2012. године, што је последњи циклус PISA истраживања у коме су учествовали петнаестогодишњаци из наше земље, показало се да је научна писменост најразвијенија код ученика из Шангаја чије је просечно постигнуће 580 поена што је за 79 поена више у односу на просечно постигнуће ученика из OECD земаља (501). Ова разлика одговара ефекту две године школовања у OECD земљама (40 поена по години). Ученике из Шангаја следе ученици из Хонг Конга (555), Сингапура (551), Јапана (547), Финске (545) и Естоније (541). Ако се посматрају само европске земље највиши ниво научне писмености осим ученика из Финске и Естоније имају ученици из Пољске (526), Лихенштајна (525) и Немачке (524). У односу на OECD просек (501), ниво научне писмености ученика у Србији (445) нижи је за 56 поена. Ова разлика одговара ефекту једне и по године школовања у OECD земљама (Павловић Бабић & Бауцал, 2013).

Са просечним постигнућем од 445 поена 2012. године ученици из Србије су били нешто бољи него 2009. године, али разлика од 2 поена није статистички значајна. Што се тиче постигнућа ученика на тестирањима 2006. и 2003. године, она су оба пута била иста, 436 поена. Статистичка анализа показује да је током четири циклуса PISA тестирања, од 2003. до 2012. године, просечно постигнуће ученика у области научне писмености практично остало на истим нивоу који није задовољавајући (Павловић Бабић & Бауцал, 2013). Да постигнућа ученика у Србији нису задовољавајућа доказује податак о број ученика који нису достигли минимални ниво функционалне писмености (ниво два). Наиме, на последњем тестирању, 2012. године, 35% ученика у Србији није достигло ниво функционалне писмености у домену природних наука.

**ТАБЕЛА 2:** Опис постигнућа по нивоима на скали научне писмености и просечна постигнућа у OECD земљама и Србији

Ниво	Минималан број бодова	Опис компетенције	Србија 2006.	OECD 2006.	Србија 2009.	OECD 2009.	Србија 2012.	OECD 2012.
6	708	На шестом нивоу ученици могу да идентификују, објашњавају и примењују знања из појединих научних дисциплина и знања о научном методу у широком распону комплексних животних ситуација. Они могу да повезују информације и објашњења из различитих извора и да користе доказе из тих извора како би образложили своје одлуке. Недвосмислено и доследно демонстрирају напредно научно мишљење и резоновање. Користе научна знања и аргументе како би образложили и оправдали своје одлуке на личном, друштвеном или глобалном плану.	0,0	1,3	0,0	1,1	0,1	1,2
5	634	На петом нивоу ученици могу да препознају научне проблеме у многим комплексним животним ситуацијама, да примењују научна знања и концепте у тим ситуацијама, као и да пореде, селекутују и евалуирају научне доказе. У стању су да користе добро развијене истраживачке способности, повезују знања и стичу критичке увиде. Такође, заснивају објашњења на аргументима и доказима који произилазе из критичке анализе.	0,8	9,0	1,0	8,5	1,7	8,1
4	559	На четвртном нивоу ученици увиђају значај и улогу науке и технологије у данашњем времену. Селекутују и интегришу објашњења из различитих научних дисциплина и примењују их у различитим животним ситуацијама. Ученици на овом нивоу процењују властите акције и саопштавају одлуке коришћењем научних знања и доказа.	7,4	29,3	8,1	29,1	9,8	27,4

<b>3</b>	<b>485</b>	На трећем нивоу ученици могу да идентификују једноставне научне проблеме у различитим контекстима, селекују чињенице и знања како би објаснили појаве, примењују једноставне моделе или стратегије истраживања. Ученици на овом нивоу могу да користе и интерпретирају научне концепте из различитих дисциплина и да их примењују у различитим животним ситуацијама.	<b>29,2</b>	<b>56,7</b>	<b>31,7</b>	<b>57,7</b>	<b>32,6</b>	<b>54,9</b>
<b>2</b>	<b>410</b>	На другом нивоу ученици поседују научна знања која им омогућавају адекватна објашњења у познатим контекстима или извођење закључака из једноставних истраживања. Они су у стању да директно резонују и изводе дословне интерпретације резултата научних истраживања.	<b>61,5</b>	<b>80,7</b>	<b>68,6</b>	<b>82,1</b>	<b>65,0</b>	<b>80,6</b>
<b>1</b>	<b>335</b>	На првом нивоу ученици поседују научна знања која могу да примене само у ограниченом броју добро познатих ситуација. Ученици могу да изводе закључке који су очигледни и засновани на експлицитно датим информацијама.	<b>88,1</b>	<b>94,8</b>	<b>89,9</b>	<b>95,1</b>	<b>89,7</b>	<b>95,2</b>
<b>&lt; 1</b>	<b>мање од 335</b>		<b>11,9</b>	<b>5,2</b>	<b>10,1</b>	<b>4,9</b>	<b>10,3</b>	<b>4,8</b>

Осим Србије, у категорији земаља са преко 30% функционално неписмених ученика 2012. године били су и Кипар, Румунија и Бугарска, а међу европским земљама са највећим бројем функционално неписмених ученика издвојили су се Црна Гора (51%) и Албанија (53%). Значајан број европских земаља имао је између 10% и 20% ученика који се налазе испод нивоа два, а поменуте земље са највишим просечним постигнућима ученика у области природних наука, имале су мање од 10% функционално неписмених ученика. У Шангају који се истакао највишим просечним постигнућима ученика број функционално неписмених био је мањи од 3%.

Са друге стране, нивои пет и шест (табела 2) представљају највише нивое развијености научне компетенције и подразумевају да ученици могу да идентификују релевантно научно знање и примене га на смислен и продуктиван начин у различитим животним ситуацијама. У Србији је било мање од 2% ученика који су достигли бар пети ниво. У значајном броју европских земаља проценат ученика који су достигли нивое пет и шест био је између 5% и 10%, а у најуспешнијим земљама у погледу просечних постигнућа овај проценат је између 10 и 20. Највиша постигнућа остварили су Шангај и Сингапур са преко 20% ученика чије су научне компетенције на овим нивоима.

Као што је поменуто, основни циљ PISA програма је процена и праћење степена у коме су ученици који се налазе на крају периода општег образовања овладали компетенцијама важним за наставак школовања и пуно учешће у друштвеним токовима. Подаци који се обезбеђују овим истраживањем омогућавају да се утврди квалитет, праведност и ефикасност образовног система, те да се прати да ли се и у којој мери промене у образовању и друштвеном контексту у којем се образовни процес одвија одражавају на квалитет образовања. Осим тога, ови подаци могу бити важна основа при планирању и доношењу одлука о даљим правцима развоја образовања (Бауцал & Павловић Бабић, 2010).

Резултати PISA истраживања у нашој земљи коришћени су у извесној мери као индикатор у развоју стандарда постигнућа за крај обавезног и за крај општег средњег образовања, као и приликом развијања и дефинисања стратешких докумената, законских и подзаконских аката (Павловић Бабић & Бауцал, 2013). Нажалост, приликом дефинисања општих међупредметних компетенција, довољно пажње није посвећено подстицању развоја математичке и научне писмености код ученика, што је очигледан пример неуважавања резултата PISA истраживања у овим областима.

Када је реч о настави природних наука, PISA подаци јасно указују да будући напори морају бити усмерени ка унапређивању тренутно доминанте предавачке наставе у којој централну улогу има наставник и где се од ученика најчешће захтева репродукција знања и примена устаљених образаца и шаблона. У време када се школа нипошто не може

сматрати јединим извором информација, све је важнија њена улога у развијању виших мисаоних процеса, вештина критичког мишљења, обједињавања знања из различитих области, примени знања у решавању конкретних проблема. Притом се мора нагласити да ови захтеви нису нови. Познато је да одавно постоје таксономије које могу помоћи наставницима да се приликом планирања и реализације наставе усмере на подстицање виших нивоа мишљења.

Једна од најшире прихваћених таксономија у когнитивној области јесте класификација коју је још 1956. године предложио Бенџамин Блум. Ова таксономија замишљена је као водич при обликовању специфичних циљева на основу којих се могу планирати и процењивати исходи учења. Подељена је у шест нивоа когнитивног деловања, који су поређани по хијерархијском обрасцу – од једноставних мисаоних операција меморисања, преко разумевања и примене, до сложених операција анализе, синтезе и евалуације. Уз сваки ниво дат је опис, као и глаголи којима се прецизније дефинише учениково постигнуће на одређеном нивоу. Ова класификација је историјски веома значајна, мада постоје критике пре свега хијерархијског односа појединих нивоа, посебно последња три нивоа (Vizek Vidović et al., 2014).

У табели 3 дата је једна од новијих, донекле измењених верзија Блумове таксономије (Vizek Vidović et al., 2014 према Anderson & Krathwohl, 2001). У овој ревидираној верзији два највиша нивоа замењена су тако да се на врху хијерархије налази синтеза. Осим тога, промењени су називи поједних нивоа, тако да се и ту уместо именица користе глаголи да би се додатно нагласио карактер учења као процеса. У сваком случају, у складу са актуелним тенденцијама у друштву, практичан значај ове таксономије за обликовање циљева подучавања постаје све већи.

**ТАБЕЛА 3:** Ревидирана Блумова таксономија у когнитивном подручју

Циљеви за сваки ниво, описани као исходи учења	Глаголи којима се описује очекивано извођење
<p><b>I ниво ПРИСЕТИТИ СЕ</b> (Знање)<sup>2</sup></p> <p>Могућност репродукције наученог у изворном облику.</p>	<p>Дефинисати, набројати, описати, поређати, поновити, именовати, испричати</p>
<p><b>II ниво СХВАТИТИ</b> (Разумевање)</p> <p>Уочавање и повезивање главних идеја, описвање тока догађаја или процеса.</p>	<p>Класификовати, препознати, издвојити, сажети, преобликовати, изразити, објаснити</p>
<p><b>III ниво ПРИМЕНИТИ</b> (Примена)</p> <p>Решавање проблема у новој ситуацији применом стеченог знања и правила на нов начин.</p>	<p>Применити, изабрати, показати, употребити, извести, решити, испланирати, приказати</p>
<p><b>IV ниво АНАЛИЗИРАТИ</b> (Анализа)</p> <p>Рашчлањивање информација како би се утврдили узроци и последице, извели докази и закључци и подржала генерализација.</p>	<p>Аналиzirати, проценити, упоредити, разликовати, коментарисати, закључити, прорачунати, проверити, преиспитати</p>
<p><b>V ниво ПРОСУЂИВАТИ</b> (Евалуација)</p> <p>Могућност вредновања и критичког односа према чињеницама, могућност процене оправданости идеја и/или квалитета постигнућа.</p>	<p>Проценити, заступати мишљење, изабрати опцију, подржати, вредновати, одбранити став</p>
<p><b>VI ниво СТВАРАТИ</b> (Синтеза)</p> <p>Могућност стварања нових идеја, решења, синетизирање битног, уочавање нових образаца.</p>	<p>Преуредити, сакупити, створити, предложити, планирати, организовати, развити, формулисати</p>

<sup>2</sup> У загради се налазе старији називи за одређени ниво.

## 2.2.2. Принципи и велике идеје научног образовања

На овом месту прикладно је укратко представити једну од недавних иницијатива у области научног образовања чији аутори су еминентни истраживачи у области образовања на челу са Вин Харлен (Wynne Harlen).

Наиме, проблем квалитета и ефикасности научног образовања не тиче се само наше земље или окружења, већ је присутан и широм Европе, као и света. Осим тога, проблем слабог интересовања младих за студије природних и техничких наука у земљама ЕУ представља озбиљну опасност за економски и укупан друштвени развој. Бројна истраживања и анализе добијених података указали су да је један од основних узрока оваквог стања одржавање традиционалних концепција образовања (Rocard et al., 2007). Такође, једним од узрока таквог стања сматра се распрострањено мишљење младих да природне науке које се изучавају у школи немају много везе са стварним животом, те их сматрају небитним за своју будућност (Harlen, 2010).

Група аутора формулисала је десет принципа научног образовања који би требали наћи своје место при креирању образовних политика усмерених на подизање нивоа научне писмености, али и мотивације младих за изучавање природних наука (Harlen, 2010). Осим тога, принципи који следе могу бити важна смерница при обликовању наставе природних наука почев од најмлађег узраста и као такви важни су за сваког учитеља и наставника који се баве природним наукама.

### Десет принципа научног образовања

**Принцип 1:** Школе би требало да, током вишегодишњег обавезног школовања, кроз своје програме научног образовања, систематски развијају и подстичу радозналост ученика о свету, покушавајући да их заинтересују за научне активности и разумевање начина објашњавања природних феномена.

**Принцип 2:** Главна сврха научног образовања је да омогући сваком појединцу да учествује у доношењу одлука, да преузме одговарајуће активности које се тичу његовог добра и добробити друштва и окружења.

**Принцип 3:** Научно образовање има вишеструке циљеве. Оно тежи:

- Разумевању великих идеја у науци које укључују саме научне идеје и идеје о науци и њеној улози у друштву;
- Развоју научне способности у вези с прикупљањем и употребом доказа и
- Развоју научног става.



**Принцип 4:** Требало би да се јасно уочава напредак у циљевима научног образовања, указујући на идеје које треба усвојити на различитим нивоима, засноване на пажљивој анализи концепата и текућих истраживања, као и у разумевању самог учења.

**Принцип 5:** Напредовање ка великим идејама би требало да буде резултат изучавања тема које су интересантне ђацима и битне за њихов живот.

**Принцип 6:** Научено би требало да рефлектује научно сазнање и научно истраживање које је експлицитно и у складу с текућим научним и образовним мишљењем.

**Принцип 7:** Све активности у оквиру научних курикулума требало би да продубљују разумевање научних идеја, као и других могућих циљева, попут фаворизовања виших нивоа мишљења и способности.

**Принцип 8:** Програми учења за ђаке, као и покретање обуке и професионалног развоја наставника требало би да буду конзистентни с методама рада и начина учења, како би се постигли циљеви наведени у Принципу 3.

**Принцип 9:** Евалуација има кључну улогу у научном образовању. Формативно оцењивање учења и сумативно оцењивање постигнућа ученика мора бити примењено на сваки од постављених циљева.

**Принцип 10:** Школски програми би, настојећи да остваре постављене циљеве, требало да промовишу сарадњу између наставника, ангажовање локалне заједнице, као и укључивање научника (Harlen, 2010, str. 4).

Поменута група стручњака надаље је дефинисала четрнаест великих идеја у науци (десет научних идеја и четири идеје о науци) које је неопходно приближити и разјаснити ученицима у току њиховог обавезног образовања. Основни критеријуми за избор великих идеја у науци били су универзалност њихове примене, могућност развијања кроз различите садржаје, који су релевантни, интересантни и мотивишући и примењивост на нове садржаје у новим и непознатим ситуацијама и догађајима.

## **Четрнаест великих идеја у науци**

### **Научне идеје**

1. Сви материјали у универзуму су сачињени од сићушних честица.
2. Објекти на растојању могу да делују један на други.
3. Промена кретања неког објекта захтева деловање силе на њега.
4. Укупна сума енергије у универзуму је увек иста, али се може трансформисати када се ствари мењају или када она омогућује да се то деси.
5. Састав Земље и њене атмосфере, као и процеси који се дешавају унутар њих обликују површину Земље и њену климу.
6. Соларни систем је врло мали део милиона галаксија које чине универзум.
7. Организми су организовани на бази ћелија.
8. Организми захтевају утросак енергије и супстанце од којих су често зависни или су приморани да се за њих боре са другим организмима.
9. Генетска информација се преноси од једне на другу генерацију организама.
10. Диверзитет организама, живих и несталих, резултат је еволуције.

### **Идеје о науци**

1. Наука подразумева да за сваки ефекат постоји један или више узрока.
2. Научна објашњења, теорије и модели су они који најбоље описују познате чињенице у датом тренутку.
3. Знање стечено науком је употребљено у неким технологијама чији производи служе људској врсти.
4. Научне примене имају врло често етичке, друштвене, економске и политичке импликације (Harlen, 2010, str. 5).

Овако дефинисани принципи научног образовања, уз велике идеје у науци могу бити добра полазна основа за обликовање наставе природних наука на свим образовним нивоима.

Харлен и сарадници сматрају да је најадекватнији оквир за примену ових принципа и идеја реализовање учења кроз истраживачке активности применом IBSE приступа настави

(Inquiry-based science education) и формативно оцењивање, односно уважавање конструктивистичког<sup>3</sup> погледа на образовни процес.

---

<sup>3</sup> Почетком XX века у развојној психологији, независно један од другог, појавила су се два утицајна правца о чиниоцима који подстичу когнитивни развој. Представници једног правца сматрају да је рани когнитивни развој последица узајамног деловања биолошког сазревања нервних структура и спонтаних активности истраживања појава у свету око нас. Оснивач овог правца који се назива **индивидуални (когнитивни или психолошки) конструктивизам** је швајцарски психолог Жан **Пијаже**. Према Пијажеу, унутрашњи мисаони свет изграђује се (конструише) на основу искустава која су стечена кроз непосредан контакт и манипулацију предметима у спољашњем свету. Други правац заступа мишљење по којем кључну улогу у мисаоном развоју има асиметрична интеракција, на пример однос детета са одраслим особама из његове средине или компетентнијим вршњацима који му помажу у сазревању и тумачењу догађаја. Најутицајнији представник овог правца који се назива **социјални конструктивизам** јесте руски психолог Лав **Виготски** (Vizek Vidović et al., 2014; Милутиновић, 2011).

Ова два правца дају веома важне смернице за обликовање савремене наставне праксе усмерене на ученика и учење. Узајамно се допуњавају и никако их не би требало сматрати међусобно супротстављеним облицима конструктивизма (Shayer, 2003).

### **2.3. Алтернативне концепције**

Као што је речено, важан сегмент у стицању научне писмености представља овладавање способношћу давања научних објашњења појава и процеса у природи. Осим тога, према Виготском (1977), процес развоја и формирања система научних појмова у основи је општег когнитивног развоја током основног школовања. Да би школа, односно формално и систематско, институционално образовање имало заиста формативну улогу у овом важном процесу, настава би морала испуњавати два услова:

- Кроз наставни процес ученици треба да развијају научне појмове, а не да их усвајају као готова знања;
- У процесу наставе потребно је уважавати повезаност која постоји између линија развоја научних и спонтаних појмова, што значи да је потребно да одабрани научни садржаји буду посредовани кроз одговарајућу социјалну интеракцију у зони наредног развоја<sup>4</sup> (Петровић, 2013).

Имајући ово у виду, за квалитетно реализовање наставе физике веома је важно обезбеђивање услова за концептуалне промене код ученика, али пре свега неопходно је познавање саме појаве и природе алтернативних концепција.

#### **2.3.1. Шта су алтернативне концепције?**

Добро је познато да искуства са различитим физичким феноменима подстичу децу да конструишу сопствене мисаоне моделе у циљу објашњавања тих феномена (Carey, 2000; Vosniadou, Carretero & Schnotz, 1999). Ови мисаони модели помажу деци да интерпретирају догађаје из реалног живота пре започињања њиховог формалног проучавања током школовања. Још је Виготски (1977) истицао важност свакодневних, спонтаних концепата као основе за усвајање научних концепата, али и њихова ограничења када их је потребно применити ван контекста у којем су оригинално формиран. Зависност од контекста и недостатак универзалности основне су одлике спонтаних концепата.

---

<sup>4</sup> Зона наредног развоја један је од кључних појмова савремене развојне и педагошке психологије. Овај појам увео је Виготски у својој теорији когнитивног развоја, а временом је постао један од најважнијих за објашњење процеса учења: Учење је могуће само уколико су садржаји који се уче и начин на који се дете подучава у његовој зони наредног развоја. Испод тога, у зони актуелног развоја, дете већ зна оно чему се подучава, па нема никаквог напретка. Изнад тога, у зони будућег развоја, јесу садржаји који су претешки, несавладиви за дете, па опет нема учења. У зони наредног развоја једног детета у асиметричној интеракцији са одраслим и/или другим дететом (које је на вишем ступњу когнитивне зрелости) дете може решити задатак који само не може да реши на свом актуелном нивоу развоја (Антић, 2010).

Уважавање значаја ученичких предзнања у процесу стицања научне писмености веома је битно, а посебно место у овој области има третман ученичких алтернативних концепција.

Под *алтернативним концепцијама* сматрамо она спонтана, свакодневна објашњења различитих појава и процеса која нису у складу са актуелним научним сазнањима, а која су дубоко укореењена и често веома отпорна на школско учење (Bransford et al., 2000; Etkina, Mestre & O'Donnell, 2005).

Алтернативне концепције често су присутне код деце, али и код одраслих након завршетка формалног образовања (Hardy et al. 2006; Treagust & Duit, 2008). Алтернативне концепције су веома бројне, разнолике и широко заступљене у различитим научним дисциплинама<sup>5</sup> (Duit 2006, 2009; Vosniadou, 2008).

На пример, алтернативне концепције су дубока уверења о томе да тежа тела падају брже од лакших или да је лети топлије зато што је Земља тада ближе Сунцу<sup>6</sup>.

У многим случајевима, ученици могу бити дубоко уверени у исправност својих алтернативних концепција имајућу у виду њихову заснованост на претходним искуствима и ситуацијама из свакодневног живота у којима ови концепти изгледају валидно, те ученици не доживљавају потребу за њиховим реструктурирањем (Dole & Sinatra, 1998). Ученици се могу снажно држати својих алтернативних концепција и пружати отпор према настави која има за циљ формирање научних објашњења (Chinn & Malhotra, 2002; Fleer, 2009; Smith, diSessa & Roschelle, 1993), али веома је честа ситуација у којој ученици усвајају речник науке којим се служе у школи, одговарајући на питања наставника, док се на личном плану, ван наставе, и даље користе алтернативним концепцијама (Collins, Brown & Newman, 1998; Mazur, 1997).

Осим тога, често се дешава да ученици покушавају да комбинују различите аспекте алтернативних и научних концепција у неку врсту хибридне теорије. Познат пример ове хибридизације представљен је у раду Восниаду и Бревер (Vosniadou & Brewer, 1992): Свакодневно искуство подстиче децу да верују да је Земља равна. Када деца сазнају да је Земља округла, они модификују свој ментални модел Земље – од „равна“ до „равна и округла“ (као палачинка).

---

<sup>5</sup>Неке од база алтернативних концепција у области природних наука доступне су на <http://amasci.com/miscon/opphys.html> и <http://assessment.aaas.org/topics>

<sup>6</sup>У чувеном документарном филму „Приватни универзум“ студентима који су управо дипломирали на Универзитету Харвард постављено је неколико питања, међу којима и зашто је лети топлије него зими, а одговори, обликовани под снажним утицајем алтернативних концепција, узнемирили су јавност осамдесетих година (Sadler, Schneps & Woll, 1989).

Уз дефинисање појма алтернативних концепција, треба нагласити да је у овом раду одабрано коришћење управо овог израза (алтернативне концепције) уз потпуну свест о присуству мноштва различитих термина у овој области (Carey et al., 1989; Champagne & Klopfer, 1984; Chinn & Brewer, 1993; diSessa, 1993; Lawson & Weser, 1990; Minstrell, 1992; Vosniadou et al., 2001; Wandersee, Mintzes, & Novak, 1994).

На међународном нивоу постоје бројна истраживања у области психологије, педагогије и методике различитих дисциплина, укључујући и физику<sup>7</sup>, која за предмет имају алтернативне концепције. У суштини, реч је о проблему који захтева интердисциплинарни приступ. Област разумевања појава и законитости у природи, у току и после формалног образовања превазилази домене једне науке и захтева пуну сарадњу истраживача у области психологије, педагогије и методике, али и наставника, оних који су природно најближи ученицима. Нажалост, у нашој земљи то још увек није уобичајена пракса, као што ни феномен алтернативних концепција није довољно препознат и проблематизован.

Ипак, потребно је издвојити неколико радова у нашој средини који отварају овај проблем и дају добру полазну основу за будућа истраживања у овој области.

У првом реду, то је рад Слободанке Антић из 2007. године који се бави теоријским истраживањем феномена „заблуда у знању (misconception), односно задржавања (после редовног учења током школовања), не-научног, личног, интуитивног разумевања садржаја из различитих научних дисциплина“ (Антић, 2007, стр. 48). У раду се истиче да је овај феномен присутан код ученика, студената, али и одраслих. Као основни циљ рада наводи се упознавање наше научне и стручне јавности са овим феноменом који је свеprisутан у педагошкој пракси али му у нашој средини није посвећена одговарајућа пажња. Рад се донекле ослања на теоријски оквир пројекта Активно учење (Ивић, Пешикан & Антић, 2001), али са јасном намером да се значајно продуби приступ овом важном проблему.

Рад се састоји из четири дела. Први део се бави разјашњавањем терминологије, други је посвећен типологији заблуда, док су у трећем делу представљена два теоријска приступа која настоје да објасне феномен заблуда: традиционални и конструктивистички поглед на учење и ученика. У завршном делу рада говори се о педагошким импликацијама и значају проблема за наставну праксу, а конкретизују се и поступци за превазилажење овог проблема, пре свега потреба да се заблуде учине видљивим у наставном процесу и да се осмисле ситуације које ће код ученика изазвати когнитивни конфликт.

У овом раду коришћен је термин заблуда као превод енглеског израза misconception односно conceptual misunderstandings, мада и сама ауторка истиче постојање употребе

---

<sup>7</sup> На енглеском језику у употреби је израз Physics Education Research (PER).

различитих термина као што су: „предубеђења (preconception), претпојмовно знање (preconceived notions), наивна уверења (naive beliefs), алтернативно поимање (alternative conception), алтернативна уверења (alternative beliefs, non-scientific beliefs), наивно знање (naive knowledge), наивне теорије (naive theories), измешани појмови (mixed conceptions)“ (Антић, 2007, стр. 50).

Осим тога, у раду је дата класификација заблуда уз нагласак да је феномен заблуда нераскидиво повезан са наставном праксом, односно да сваки тип заблуда истовремено укључује и школске ситуације у којима је настајао или се испољава. Издвојена су четири типа заблуда:

- Чињеничне заблуде,
- Језичке заблуде,
- Заблуде које настају из претпојмовних знања<sup>8</sup> и
- Социјалне заблуде.

Када размотримо домаћу литературу у области методике наставе физике, може се уочити да је феномен алтернативних концепција напоскон нашао своје место и то у најновијем издању у овој области. Реч је о монографији „Поглавља методике наставе физике“ Љубише Нешића из 2015. године, где се у делу о образовном конструктивизму на неколико места инсистира на значају уважавања ученичких алтернативних концепција. Када су у питању коришћени термини, осим израза алтернативне концепције, у употреби су и изрази: претконцепције, алтернативне идеје и интуитивне идеје.

Осим тога, треба истаћи и недавни превод на српски језик<sup>9</sup> светски признатог приручника „Peer Instruction: A Users’s Manual“ Ерика Мазура (Mazur, 1997) у издању Физичког факултета у Београду који је посвећен како идентификовању ученичких алтернативних концепција, тако и детаљном опису Peer instruction наставне стратегије усмерене на њихово превазилажење и изградњу научних концепата, о чему ће више бити речи у наредним поглављима.

Такође, код нас су алтернативне концепције у физици биле предмет истраживања у области педагошке и развојне психологије са чим је заједница физичара генерално слабо

---

<sup>8</sup> Појам алтернативних концепција, како је дефинисан у овом истраживању, најближи је категорији „заблуда које настају из претпојмовних знања“.

<sup>9</sup> Превод: Мирјана Поповић-Божић и Андријана Жекић (2016)

узната иако импликације ових истраживања могу бити веома значајне за квалитетно обликовање наставе физике која је усмерена на изградњу научних концепција.

Међу истраживањима која су реализована недавно може се издвојити рад Весне Петровић у оквиру докторске дисертације „Улога социо-когнитивног конфликта у развоју научних појмова у школском контексту“ из 2013. године. Главни циљеви овог рада били су истраживање садржаја и организације наивног, физичког знања код ученика, и да ли се и како ово почетно знање мења под утицајем традиционалне наставе и наставе засноване на социо-когнитивном конфликту у вршњачкој групи. Узорак истраживања чинили су ученици седмог разреда основне школе, а изучавани садржаји односе се на Њутнове законе механике. Такође, истраживање је имало за циљ да испита квалитет вршњачког дијалога у реалном школском контексту и како је овај повезан са процесом развоја научних појмова.

Осим тога, иста ауторка раније се бавила истраживањем усвајања научних појмова кроз наставу познавања природе и њиховог односа са дечјим интуитивним схватањима о физичким феноменима. У питању су појмови: сферична Земља, смена дана и ноћи на Земљи, магнетизам, електрицитет, кретање и отпор ваздуха (Петровић, 2005).

### **2.3.2. Концептуалне промене**

Сам појам концептуалних промена појавио се у области учења о физичким појавама осамдесетих година (Posner, Strike & Hewson, 1982), али временом су се развијала истраживања која се баве феноменом концептуалне промене у различитим дисциплинама, у различитим земљама и образовним системима, и то на свим образовним нивоима (Hewson, 1992).

Концептуална (појмовна) промена сама по себи је комплексан проблем везан за учење. Чак је и сам термин, историјски гледано, коришћен са различитим значењима (Duit & Treagust, 2003), почев од једноставне замене наивних, алтернативних концепција научним појмовима (Posner, Strike & Hewson, 1982) ка фундаменталнијем помаку у разумевању онога што се учи, односно у смислу промена које су неопходне за усвајање научних концепата (Vosniadou & Brewer, 1992).

У најопштијем смислу може се рећи да је концептуална промена сложен процес који доводи до мењања постојећег појма (Davis, 2001), односно учење које подразумева мењање алтернативних концепција у научно прихватљиве појмове (diSessa, 2006; Chi, 2008).



У овом смислу, концепт појмовне промене ослања се на две основне идеје, око којих се данас слаже већина истраживача, а то су концепт претходног знања ученика, са једне стране и идеја конструктивизма, са друге (Петровић, 2013).

Када је у питању концепт претходног знања, истраживачи се слажу да развој сазнавања и разумевања света око нас почиње далеко пре формалног школовања. Деца од раног узраста, кроз своје практично, и социјално посредовано искуство, изграђују функционална, мада поједностављена и интуитивна знања, која им омогућавају да планирају и изводе своје активности, објашњавају и предвиђају догађаје у свом непосредном окружењу (Vosniadou, 2008). Као што је поменуто, у овом процесу долази до формирања алтернативних концепција које су некомпатибилне са научним објашњењима (Chinn & Brewer, 1993; Chi 2005), те је кроз формално образовање неопходно подстаћи процес њихове трансформације.

Додатно, бројне студије су показале да су алтернативне концепције распрострањене у различитим областима и дисциплинама, и то код великог броја ученика и одраслих (Champagne, Klopfer & Gunstone, 1982; Carey, 1986; Eylon & Linn, 1998; Mazur, 1997; Chi, 2005; Duit 2006, 2009), као и да су то веома стабилна уверења „отпорна“ на традиционални, приступ настави (Mazur, 1997; Krsnik, 2001).

На пример, истраживања у настави физике показују да алтернативне концепције могу ометати чак и саму перцепцију ученика. Посматрање демонстрационог огледа који би требао да укажу на неадекватност ученичких објашњења често не помаже, пошто ученици или другачије „виде“ саму ситуацију, или превиђају доказе који се супротстављају њиховим идејама. Могуће је да из демонстрираног огледа ученици извлаче сасвим другачије закључке од наставника, или да уопште не виде да постоји конфликт алтернативних и научних објашњења (Crouch et al., 2004; Антић, 2007).

Када је у питању конструктивистичка димензија концептулних промена, сам назив „концептална промена“ представља најприближнији израз онога што је основна тешкоћа – ученик мора да изгради нову идеју у контексту старе идеје, па отуда и наглашавање да се ради о „промени“ (diSessa, 2006). Као облик учења, појмовна промена је далеко комплекснија од једноставних видова учења као што су стицање вештина или усвајање чињеница. „Иако се механизми конструкције знања другачије тумаче у теоријама Пијажеа (асимилација и акомодација), Виготског (социјална ко-конструкција) или Аусубела (стварање смисла, осмишљавање), заједничко јесте да онај који учи може достићи неко знање само властитом мисаоном активношћу која полази од онога што већ постоји као предзнање“ (Антић, 2007, стр.56).

Полазећи од заједничких идеја о постојању претходног, наивног знања, односно алтернативних концепција, и о ученику који активно конструише своје знање, развиле су се широке теоријске расправе о механизмима концептуалних променама (Vosniadou, 2008).

Кључно питање на коме се два данас доминантна становишта разилазе јесте питање да ли се претходно знање ученика најверније може представити као јединствен и кохерентан систем налик теорији или као скуп независних, фрагментираних делова знања. Ова два главна и узајамно супротстављена теоријска становишта о концептуалним променама према Петровић (2013) могу се назвати Знање-као-теорија (становиште Vosniadou и Chi) и Знање-као-елемент (становиште diSessa).

Ипак, ако се усмеримо на изазове који су пред образовим системима какав је у наш, где су вербално преношење знања и низак степен активности ученика веома присутни, од великог је значаја истаћи пре свега разлике у традиционалном и конструктивистичком приступу концептуалним променама и размотрити педагошке импликације конструктивистичког приступа.

## **2.4. Традиционални и конструктивистички приступ концептуалним променама**

Ако се пажљивије анализира дефинисање феномена алтернативних концепција, његових узрока и тумачења, могу се уочити два суштински различита приступа, један традиционални, неконструктивистички, и други конструктивистички.

„Неконструктивистички приступ подразумева такозвани „традиционални“ поглед на онога који учи, процес учења и процес подучавања: ученик је *tabula rasa*, а подучавање је преношење знања путем кога ће се усвојити тачна, научна знања. С друге стране, конструктивистички приступ односи се на учење као самосталну мисаону конструкцију онога који учи, а у том дуготрајном, развојном процесу који има своју сложену динамику, полазиште мора бити постојеће знање ученика“ (Антић, 2007, стр.56).

У теоријским оквирима, различити приступи концептуалним променама могу се уочити пре свега у почетним фазама истраживања овог феномена, осамдесетих година, док је данас присутан конструктивистички приступ овом проблему. Ипак, разлике у приступу концептуалним променама још увек се у великој мери уочавају у самом наставном процесу, посебно у срединама у којима овај проблем није довољно истакнут, као што је случај са нашим образовним системом.

Разлике у традиционалном, неконструктивистичком, приступу концептуалним променама са једне стране, и конструктивистичком приступу са друге, обухватају неколико сегмената:

- Тумачење улоге ученичких предзнања приликом стицања научних појмова;
- Схватање учења као замене или као реконструкције појмова;
- Тумачење развоја мишљења као дисконтинуаног или континуираног процеса.

За велики број наставника, алтернативне концепције ученика, односно њихова постојећа уверења и објашњења различитих појава и процеса која нису у складу са научним сазнањима представљају фактор који омета стицање научних знања. Овај став понекад се огледа и у самом именовању овог феномена, чак и код истраживача. Употреба термина погрешне концепције (*misconception*) може указивати на став да се постојеће разумевање неке појаве не може користити као основа за изградњу научног појма, већ да је неопходно да се грешка исправи, односно једноставно замени новим, научно прихватљивим објашњењем.

Управо схватање учења као једноставне замене свакодневних, спонтаних појмова научним друга је важна одлика традиционалног, неконструктивистичког приступа концептуалним

променама. Глагол „заменити“ значи да ученик мора одступити од свог првобитног уверења и у потпуности га заменити новим, што је такође одраз тумачења мишљења као једног дисконтинуираног процеса (Антић, 2007).

Са друге стране, конструктивистички приступ концептуалним променама подразумева уважавање сложеног међусобног односа алтернативних и научних концепција. У оквиру овог приступа сам израз алтернативне концепције не означава нешто што је једноставно погрешно, неадекватно и неприхватљиво, већ полазну тачку у конструкцији научних објашњења. Важна је разлика између нетачног и алтернативних концепција, као што се и концептуална промена битно разликује од других врста учења као што су додавање новог знања (када ученици претходно немају било каква знања о појмовима које треба да усвоје) или допуњавање непотпуног знања (додавање знања у смислу допуњавања празнина у оквиру већ постојећег, научног знања) (Chi, 2008).

Претходно знање има важну улогу у конструктивистичким теоријама и Пијажеа и Виготског. Као што је речено, према Виготском (1977) свакодневни, спонтани појмови су основа на којој се граде научна знања. Такође, у оквиру Пијажеове теорије, постојећа предзнања су важан елемент у процесу когнитивног развоја (Pijaže & Inhelder, 1996).

Према Пијажеу (1996) главни механизми конструкције знања јесу процеси асимилације и акомодације. Асимилација је процес којим се нови подаци из средине укључују у већ постојеће мисаоне шеме, а процес којим се постојеће шеме мењају, односно реструктурирају у складу са новим искуствима назива се акомодација. При процесу активне асимилације нове информације се интерпретирају у терминима постојећег знања и разумевања и то ново искуство се инкорпорира у ученикове менталне структуре. Процесом акомодације реструктурирају се те менталне структуре да би се дозволила асимилација нових искустава. Постојеће знање се трансформише процесом еквилибрације у покушају да се превазиђу контрадикције и некомпатибилности у систему знања. Еквилибрација је за Пијажеа главни мотивациони појам којим објашњава подстицање интелектуалног развоја.

Осим тога, у оквиру конструктивистичког становишта, разлике у мишљењу третирају се као део континуираног развојног процеса, који сложеном динамиком, уз успоне и падове води од почетничког, лаичког до највишег нивоа експертског мишљења (Антић, 2007). Почев од Пијажеа, бројни истраживачи бавили су се динамиком интеракције асимилационих шема и нових знања.

Познате су анализе Чин (Chinn) и сарадника у којима су научни концепти означени термином „аномалија“ како би се додатно истакла кохерентност наивних теорија и некомпатибилност научних концепата у односу на одговарајући, добро уређени систем

алтернативних концепција. Чин издваја седам могућих сазнајних исхода у интеракцији алтернативних и научних појмова (Chinn & Brewer 1993):

(1) Игнорисање аномалије; (2) Одбијање аномалије уз давање објашњења; (3) Искључивање аномалије као неприхватање концепта уз образложење да су одређени подаци ван домена постојеће (наивне) теорије; (4) Одржавање неизвесности или „не знам“ одговори кад се одлаже објашњење нових податка за неки будући тренутак; (5) Реинтерпретирање аномалије - прихватање аномалије као нечег што може да буде објашњено помоћу постојећег знања; (6) Периферна промена - прихватање аномалије уз релативно мала прилагођавања у иницијалној, наивној теорији, без нарушавања њеног „чврстог језгра“ и (7) Прихватање аномалије и отпочињање процеса конструкције новог знања.

Типови интераговања између два система знања од првог до петог практично, према мишљењу Чина, остављају недирнутим системе интуитивних уверења. Научни, контрадикторни податак или аномалија бива игнорисан или одбачен, или пак, у толикој мери асимилован, измењен и уклопљен у наивну структуру. Шести тип, периферно мењање наивне теорије, релативно је чест одговор ученика. Иако изражава извесну асимилацију аномалије у наивну структуру знања, промене које на овај начин настају немају карактер концептуалне промене. Истинска појмовна промене се остварује само у седмом, последњем типу интеракције између два система током које се остварује радикална промена, односно промена у самом средишту наивног система веровања или теорије (Петровић, 2013).

Може се закључити да се у конструктивистичком приступу свако предзнање, колико год се разликовало од важећих научних знања, прихвата и позитивно доживљава као једина могућа основа сваког учења (Stojnov, 2001). При томе се сматра да би уопште могло доћи до концептуалне промене неопходно је да постоји извесно незадовољство постојећим концепцијама.

Важан део процеса концептуалне промене јесте успостављање стања неравнотеже (Carey, 1999). Наиме, ако се резултат неке активности не уклапа у постојеће учениково схватање, онда долази до когнитивне неравнотеже, односно когнитивног конфликта што је нужан услов за изазивање концептуалне промене (Dykstra et al., 1992).

Истраживања су показала да остваривање концептуалне промене захтева испуњеност неколико услова (Strike & Posner, 1982; Posner et al., 1982):

- Ученик мора бити незадовољан својом постојећом (алтернативном) концепцијом;
- Нови (научни) концепт мора бити јасан и разумљив за ученика;

- Тренутна ситуација може се разрешити применом новог концепта;
- Слични будући проблеми могу се успешно решити применом новог концепта.

Већина наставних стратегија усмерених на превазилажење алтернативних концепција започиње изазивањем когнитивног конфликта код ученика (Chinn & Brewer 1993).

На пример, може се реализовати демонстрација неке појаве у облику Предвиди - посматрај - објасни (Predict - Observe - Explain) активности чиме се ученици директно суочавају са ограничењима својих алтернативних концепција (Kearney & Treagust, 2001; Songer & Linn, 1991). Предвиди-посматрај-објасни је наставна стратегија која промовише промену концепта код ученика (White & Gunstone, 1992). Током оваквих активности од ученика се тражи да:

- Предвиде шта ће се десити ако се нешто предузме у одређеној ситуацији (нпр. током експеримента);
- Посматрају шта се стварно дешава и
- На крају објасне шта се заиста догодило.

Стварањем когнитивне дисонанце и изненађења, ове активности помажу ученицима да схвате ограничења својих погрешних схватања и да крену путем концептуалних промена (Hewson & A'Beckett Hewson, 1984). Ипак, имајући у виду потенцијално негативан ефекат сталних лоших предвиђања осмишљена је и Посматрај – објасни – предвиди – тестирај секвенција учења у оквиру ISLE (Interactive Science Learning Environment) приступа настави (Etkina & Van Heuvelen, 2007).

Генерално, у оквиру конструктивистичког приступа, након суочавања ученика са ограничењима њихових алтернативних концепција следи низ различитих активности којима се ученик води кроз концептуалну промену (Camp & Clement, 1994; Gupta et al., 2010; Mazur, 1997; Slotta & Chi, 2006; Sokoloff & Torton, 1997; Wosiliat et al., 1998).

Истраживања показују да је данас адекватна концептуализација научних објашњења у настави природних наука и даље врло изазован задатак (Braaten & Windschitl, 2011), као и да је систематично дизајнирање ученичких активности усмерених на развијање вештина давања научних објашњења далеко од тривијалног (Reiser & Dempsey, 2012; Krajcik & Czerniak 2014; Shemwell, Chase & Schwartz. 2015).

## ***2.5. Идентификовање алтернативних концепција у настави физике***

Утврђивање присуства алтернативних концепција и праћење степена развоја научних појмова током процеса учења представља веома важне елементе сваке наставне стратегије чији је циљ концептуална промена код ученика.

Када је у питању настава физике, у ту сврху развијени су бројни стандардизовани тестови, почев од чувеног Force Concept Inventory (FCI), теста којим се испитује разумевање њутновског концепта силе (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992).

Осим тога, као дијагностички инструменти у различитим областима физике развијени су бројни концептуални тестови:

- MBT: Mechanics Baseline Test (Hestenes & Wells, 1992);
- FMCE: Force and Motion Conceptual Evaluation (Thornton & Sokoloff, 1998);
- TUG-K: Test of Understanding Graphs in Kinematics (Beichner, 1994);
- CSEM: Conceptual Survey in Electricity & Magnetism (Maloney et al., 2001);
- TCE: The Thermal Concept Evaluation (Yeo & Zadnik, 2001);
- ECS: Energy Concepts Survey (Singh & Rosengrant, 2003);
- DIRECT: Determining and Interpreting Resistive Electric Circuits Concept Test (Engelhardt & Beichner, 2004);
- BEMA: Brief Electricity and Magnetism Assessment (Ding et al., 2006);
- QMCS: Quantum Mechanics Conceptual Survey (McKagan, Perkins & Wieman, 2010);
- NGCI: Newtonian Gravity Concept Inventory (Williamson, Willoughby & Prather, 2013).

Ови тестови сачињени су од концептуалних питања која садрже вербално исказан проблем, и за разлику од класичних рачунских задатака који се у неким случајевима могу решавати само пуком репродукцијом научених шаблона, траже од ученика суштинско разумевање научних појмова и принципа. Ова питања наставницима често изгледају једноставно, али се у пракси показало да ученици могу имати бројних потешкоћа у њиховом решавању управо због дубоко укорењених система наивних уверења, односно алтернативних концепција (Mazur, 1997).

Уобичајено, концептуални тестови не захтевају од испитаника образлагање одабраних одговора на питањима вишеструког избора. Због тога изостају детаљи о начину размишљања ученика приликом одабира одговора што донекле може отежати пут утврђивању специфичности ученичких алтернативних концепција (Nehm & Schonfeld,

2008). Ипак, добар избор дистрактора чини ове тестове веома корисним у пракси за утврђивања присуства одређених алтернативних концепција у различитим фазама учења.

Најпознатији концептуални тест, Force Concept Inventory (FCI), састоји се од 30 питања вишеструког избора. Покрива шест области: Кинематику, Први, Други и Трећи Њутнов закон, Принципе суперпозиције и Врсте сила (као што су гравитациона и сила трења). Свако питање нуди само један тачан одговор. Остали понуђени одговори на свако питање одражавају присуство алтернативних концепција о испитиваним феноменима и резултат су обимних истраживања која укључују интервјуе са великим бројем испитаника.

Овај тест је настао касних осамдесетих година на Универзитету у Аризони. У почетним фазама примене теста, један од аутора, професор теоријске физике Хестенес (Hestenes), изнео је драматичан податак да приближно 80% студената уводних курсева физике може да наведе Трећи Њутнов закон на почетку курса, али да FCI тест примењен на крају курса показује да мање од 15% студената употпуности разуме овај концепт (Hestenes, 1998).

Слични резултати поновили су се у великом броју студија са различитим групама испитаника. У нашој средини није било тестирања репрезентативног узорка ученичке популације, али примена FCI теста у недавним пилот истраживањима показује ниско постигнуће ученика у области концептуалног разумевања механике (Нешић, 2015). Током зимског семестра 2016. године на Физичком факултету у Београду реализовано је истраживање у коме је учествовао укупно 91 студент, прве и треће године студија различитих смерова, као и мастер студија на смеру Општа физика. Средње постигнуће износило је 46% (по областима – Кинематика: 41%; Први Њутнов закон: 44%; Други Њутнов закон: 50%; Трећи Њутнов закон: 62%; Слагање сила: 28%; Врсте сила: 44%), што отвара питање квалитета наставе физике на свим нивоима образовања у нашој земљи (Žekić et al., 2017).

Треба нагласити да се важност FCI теста огледа не само у његовој вишедеценијској примени у средњим школама и на универзитетима широм света, већ и у подстицању истраживача на активности усмерене ка развоју бројних концептуалних тестова који имају улогу дијагностичких инструмената у различитим областима физике.

Осим тога, дошло је до реализације опсежних истраживања са намером да се упореди утицај традиционалне предавачке наставе и интерактивних приступа на напредак ученика и студената на концептуалним тестовима. Једно од најпознатијих истраживања (Наке, 1998) обухватило је преко 6000 ученика и студената широког спектра школа и факултета, а разлике у концептуалном разумевању у областима које испитује FCI убедљив су доказ супериорности интерактивног приступа над предавачком наставом. Такође, Тортон и сарадници поредили су напредак више хиљада студената мерен FCI и FMCE тестовима и



утврдили да је напредак у концептуалном разумевању конзистентно већи када су студенти изложени активном учењу у односу на традиционални, предавачки приступ, без обзира којим тестом је мерено напредовање током курса (Thornton et al., 2009).

Предност активних метода учења физике у односу на традиционалну предавачку наставу, чак и онда када је изводе врхунски стручњаци, недавно је експериментално потврдио и добитник Нобелове награде за физику, Карл Вимен. Истраживање које је обавио са сарадницима показало је повећано присуство студената, већу заинтересованост за рад и више него два пута боље резултате код групе која је о електромагнетизму учила путем истраживања (Deslauriers, Schelew & Wieman 2011).

Примена концептуалних тестова и изненађујуће слаби резултати ученика и студената довели су до напора да се настава физике учини ефикаснијом, што је у неким случајевима директно утицало на развој различитих интерактивних приступа настави, као што је на пример позната Peer instruction стратегија Ерика Мазура<sup>10</sup> (Mazur, 1997).

---

<sup>10</sup> Међу онима који су FCI тест применили убрзо након саопштавања првих узнемирујућих података о постигнућима студената, био је и Ерик Мазур, професор на Харварду. Ни резултати студената уводних курсева физике на Харварду нису били значајно бољи. Мазур често наводи пример задатка који је усмерен на проверу разумевања Трећег Њутновог закона на FCI тесту у коме се од ученика захтева да се упореде силе којима узајамно делују велики камион и мали аутомобил током судара. Схвативши да студенти нису разумели Трећи Њутнов закон, Мазур је покушао да им помогне додатним објашњењима. Видевши да и након десет минута објашњавања студенти имају исти, збуњен израз лица, у тренутку очаја, предложио им је да међусобно продискутују. Испоставило се да ће студент који је управо схватио један научни принцип далеко лакше „пренети“ своје знање другом студенту од професора. Ову ситуацију професор Мазур често наводи као почетак рада на Peer Instruction наставној стратегији .

Више детаља доступно је на <https://www.youtube.com/watch?v=Z9orbxoRofI>

## **2.6. Концепт пливања и тоњења тела**

Истраживања су показала да је навођење ученика да разумеју зашто тела пливају или тону један од веома захтевних задатака у настави који уобичајено тражи подстицање сложене концептуалне промене код ученика (Chi, 2005; Hardy et al. 2006; Tomita, 2008; Yin, 2012; Yin, Tomita & Shavelson, 2008; Yin, Tomita & Shavelson, 2013). Стога ћемо у наредним поглављима анализирати комплексност концепта пливања и тоњења тела, као и повезаност степена когнитивног развоја ученика са начином разумевања комплексних појмова у настави природних наука, какав је пливање и тоњење.

### **2.6.1. Комплексност концепта пливања и тоњења тела**

Кључни проблеми са којима се сусрећу ученици који треба да усвоје научно објашњење феномена пливања и тоњења су правилно схватање појма густине и утицаја односа густина тела и течности на ове феномене. Иако се може чинити да је густина интуитивно јасан појам, истраживања показују да то није случај (Perkins & Grotzer, 2005; Xu & Clarke 2012). За разлику од масе или запремине, које се лако могу директно осетити или опазити, густина је изведена величина чије разумевање захтева да се посматра однос између две физичке величине, али се сама по себи не може директно искусити. У свакодневном животу, ретке су ситуације где се може слободно варирати маса или запремина, док се друга величина одржава константном. Последица тога је да се ученици по правилу везују за једну од физичких величина из којих је густина изведена и заснивају своје закључке само на њој (Smith, Carey & Wiser, 1985). Осим тога, показало се да концепт запремине иако начницима делује сасвим једноставно, код деце може бити интерпретиран на веома различите начине (Potari & Spiliotopoulou, 1996).

Поред тога, нека истраживања (Greenwood, 1996; Dawkins et al., 2010) говоре да и наставници могу имати проблема са научним концептима густине и потиска, и да се често ослањају само на сопствено интуитивно разумевање тих појава или искључиво преносе садржаје из уџбеника.

Када се учи о пливању и тоњењу, од ученика се захтева да усвоје објашњење које је сложеније од једносмерне узрочно-последичне везе. Понашање тела које је потопљено у течност зависи од односа, то јест, равнотеже или недостатка исте, између сила које делују на тело (гравитациона и сила потиска), а то ученике приморава да усвоје нов, комплекснији, модел узрочно-последичног разумевања.

Истраживања су показала да усвајање комплексних научних објашњења често зависи од ученичких вештина разумевања различитих форми каузалности и каузалних модела (Grotzer, 2003; Perkins & Grotzer, 2005). Драјвер и сарадници у поглављу „Неке особине дечијих идеја и њихове импликације за наставу“ књиге „Дечје идеје у науци“ направили

су важан преглед општих потешкоћа при конструкцији научних концепата (Driver, Guesne & Tiberghien, 1993). Када је у питању феномен пливања и тоњења тела посебно значајно може бити неколико сегмената:

- Размишљање које је под великим утицајем перцепције

Ученици иницијално заснивају своје резонување на чињеницама и особинама које директно опажају у некој ситуацији. Помоћи ученицима да конструишу менталне моделе који обухватају ентитете који се не могу директно опазити сложен је задатак за наставника.

- Ограничен фокус

Ученици имају тенденцију да интерпретирају појаве у смислу апсолутних особина или квалитета који се везују за објекте уместо у смислу реалција између различитих делова система.

- Линеарно каузално резонување

Ученичко резонување има тенденцију да прати линеарну каузалну секвенцу – ученици постулирају узрок који изазива низ ефеката.

Када се ученици баве феноменом пливања и тоњења у настави, од њих се очекује да усвоје објашњење које захтева значајно комплексније каузално размишљање од њиховог уобичајеног – једноставне и једносмерне узрок-последича релације између директно опажених особина тела (као што су облик, величина или маса) и његовог понашања у течности (плива или тоне). Како ће се тело понашати када се стави у течност у основи је одређено интерактивним односом, тј. равнотежом или недостатком равнотеже између две силе које делују на тело: гравитационе силе која делује наниже и силе потиска која делује навише. Док се улога гравитационе силе донекле узима у обзир (преко масе тела), улога силе потиска уобичајено је ван фокуса ученика. Најчешће, ученици почињу да разматрају утицај ове силе тек након одговарајућих директних кинестетичких искустава током процеса учења о феноменима пливања и тоњења.

У формулисању њихове сопствене каузално структуриране теоријске основе објашњења феномена пливања и тоњења тела, ученици често пропуштају разматрање веома важне релације између густине тела и густине течности, као и разматрање односа сила које делују на тело. Проблем се додатно продубљује чињеницом да ученици недовољно разликују теоријско и експериментално знање, тј. да се веома ретко одлучују за формулисање истраживачких питања којима би експлицитно тестирали неке тачке својих теорија, што обично резултује низом веома укоревених алтернативних концепција (Varelas, 1996). Истраживања су показала да су алтернативне концепције о пливању и тоњењу тела веома заступљене чак и код студената универзитета (мада пре свега ван

природно-техничке области), као и да на овом узрасту још увек доминира поједностављен каузални поглед на пливање и тоњење тела који се заснива само на разматрању особина потопљеног тела (Klein, Piacente-Cimini & Williams, 2007).

### **2.6.2. Когнитивни развој и разумевање комплексних процеса**

Као што је речено, разумевање феномена пливања и тоњења захтева схватање појма густине који у себи садржи однос две величине, познавање утицаја односа густина тела и течности, као и односа гравитационе и силе потиска. Да би правилно разумевање овако комплексних појава било могуће неопходно је да ученици достигну ниво когнитивног развоја који Пијаже означава као формално-операционални. Пијаже и Инхелдер (Piјаже & Inhelder, 1996) су показали да тек на овом нивоу развоја дете постаје способно да схвата апстрактне појмове и успоставља односе међу релацијама, због чега они формалне операције називају „операције над операцијама“.

Може се издвојити пет основних карактеристика стадијума формалних операција: (1) способност резонувања о хипотезама, односно хипотетичко-дедуктивно мишљење; (2) пропозиционално мишљење, односно способност успостављања логичких веза између премиса и закључака при чему мишљење постаје апстрактно; (3) одвајање форме од садржаја, тј. комбиновање исказа и логичко извођење закључака без обзира на њихов садржај; (4) комбинаторика - систематично генерисање свих могућих комбинација у оквиру одређеног скупа елемената; (5) способност раздвајања реалног и могућег тако да реалност постаје појам подређен појму могућег, потенцијалног (Stеpanović, 2007 према Gruber & Vonéshe, 1995).

Када је у питању концепт пливања и тоњења тела, анализирајући радове Пијажеа, Родригеза, Лорендуа и Пинарда (Piaget, Rodrigues, Laurendeau, Pinard), Хов је дала детаљан преглед теоријских приступа који се баве коришћењем различитих варијабли при објашњавању феномена пливања и тоњења на различитим нивоима когнитивног развоја (Howe, 2002).

Њен рад садржи листу са пет различитих нивоа објашњења пливања и тоњења тела која је настала обједињавањем различитих система ова четири аутора:

- Ниво I одликује коришћење не-физичких варијабли, као што су лична својства или намере;
- На нивоу II користе се физичке, али за проблем пливања и тоњења нерелевантне варијабле као што су облик или оријентација тела;
- На нивоу III користе се релевантне физичке варијабле, али у апсолутном смислу, на пример маса или величина тела;

- Ниво IV представља транзицију ка научном објашњењу и подразумева употребу релевантних варијабли за описивање тела, али у релативном смислу, на пример „тело је лако за своју величину“;
- На нивоу V користи се објашњење које садржи навођење односа густина тела и течности.

Интересантно је приметити да постоје значајне разлике у погледу ставова о узрасту на коме се одређени ниво достиже. Док анализирани радови четири аутора наводе да се нерелевантне варијабле обично одбацују и да се прелази на размишљање карактеристично за ниво IV или V већ на узрасту од девет или десет година, сама Хов је реализовала истраживање које је показало да је коришћење релевантних варијабли ретко пре узраста десет до дванаест година, као и да се релевантне варијабле тада употребљавају у апсолутном значењу карактеристичном за ниво III (Howe, 2002). Слични налази по питању узраста на коме се могу остварити сложене концептуалне промене представљени су и у радовима других аутора (Carey, 2000; Smith, Carey, & Wiser, 1985; Smith et al., 1997).

Генерално, проблем узраста на коме ученици могу остварити сложене концептуалне промене повезан је са проблемом процењивања узраста на коме отпочиње стадијум формалних операција. Наиме, према Пијажеовом моделу когнитивног развоја деца пролазе кроз различите фазе развоја, почев од сензомоторног, преко предоперационог и стадијума конкретних операција до стадијума формалних операција. На узрасту шест до једанаест година ученици достижу стадијум конкретних операција, када на пример могу класификовати објекте или разумети принципе конзервације (броја, масе, запремине итд.), али још увек нису способни за хипотетичко-дедуктивно размишљање. Као што је речено, ова врста мишљења развија се током стадијума формалних операција. Према Пијажеу ученици достижу стадијум формалних операција на узрасту између једанаест и петнаест година (Pijaže & Inhelder, 1996), мада постоје бројна неслагања истраживача у овом погледу. На пример, показало се да само једна трећина популације у САД, на узрасту тринаест до петнаест година достиже формално-операциони ниво размишљања (Arons & Kaplun, 1976). Такође, обимно истраживање реализовано на узорку од десет хиљада ученика у Великој Британији узраста девет до четрнаест година показало је да је свега 20% ученика остварило ниво формалних операција (Shayer, Kuchemann & Wylam, 1976).

Овакви налази, проистекли из Пијажеове теорије когнитивног развоја, могу имати важне импликације за наставу. Квалитетнијем реализовању наставе физике могу допринети следеће препоруке (Vizek Vidović et al., 2014 према Slavin, 1997):

- Смислено учење може се одвијати само онда када наставник познаје и уважава тренутни ниво дететовог когнитивног развоја;

- Сва деца се не развијају истим темпом, те би због тога требало уважавати индивидуалне разлике између ученика;
- Школски успех детета треба одређивати не само упоређивањем са постигнућем друге деце истог узраста, већ и на основу праћења његовог индивидуалног напретка.

Посебно су важне следеће препоруке (Vizek Vidović et al., 2014 према Slavin, 1997):

- Ученику треба омогућити активно укључивање у наставни процес. Важно је подстицати ученике да сами истражују свет око себе и тако стичу и изграђују своја сазнања. Стога, уместо фронталног подучавања треба осигурати обраду градива кроз што већи број различитих активности које ће деци омогућити директну интеракцију са средином.
- При подучавању треба водити рачуна о томе да до краја основне школе одређен број деце уопште не примењује формално-операционо мишљење, док се већина ученика налази у такозваном прелазном периоду – између стадијума конкретних и формалних операција, но, чак и најнапреднији ученици, који могу изводити формалне операције уживају у конкретним примерима и активностима.

Међутим, при планирању и реализовању наставе физике никако не би требало превидети ни Пијажеов став да је когнитивни конфликт, односно довођење ученика у ситуацију да се суоче са ограничењима њихових тренутних схватања један од најбољих начина за остваривање виших нивоа мишљења (Shayer, 2003). Зато се препоручује да се у подучавање намерно уклопе неусклађености и изазове когнитивна неравнотежа која ће подстицати мотивацију за учењем, што ће пак деловати подстицајно на процесе акомодације и когнитивног развоја (Vizek Vidović et al., 2014 према Slavin, 1997).

Треба рећи и да су истраживања показала да су код ученика на вишем ступњу когнитивног развоја алтернативне концепције у области природних наука генерално слабије заступљене него код ученика на нижем ступњу когнитивног развоја, те да им таква „полазна основа“ даје прилику за ефикасније усвајање научних концепата (Araz & Sungur, 2007; Chandran, Treagust & Tobin, 1987; Ding 2014; Lawson & Weser, 1990; Lawson & Worsnop, 1992; Tsitsipis, Stamovlasis & Papageorgiou, 2012; Zeitoun 1989).

Осим тога, истраживања су показала да напредак на концептуалним тестовима, какав је FCI може у значајној мери зависти не само од врсте наставе којој су ученици били изложени, већ и од нивоа њиховог когнитивног развоја (Coletta et al., 2007).

На овом месту, треба поменути и линију истраживања која су директно усмерена на обликовање наставе чији је циљ напредовање ученика у погледу научног размишљања. Као резултат тих истраживања настали су следећи програми:

- Teaching for Proportional Reasoning (Kurtz & Karplus, 1979);
- Instrumental Enrichment (Feuerstein et. al, 1980; Shayer & Beasley, 1987);
- Cognitive Acceleration through Science Education (CASE) (Shayer & Adey, 1993; Shayer & Adami, 2010);
- Thinking in Physics (Coletta & Phillips, 2009).

Посебно треба истаћи студије експлицитно засноване на концепту формалних операција и концепту медијације Виготског, дизајниране тако да подстакну постигнућа ученика у математици и природним наукама, чији резултати показују позитивне ефекте и на сам когнитивни развој и на постигнућа ученика у настави (Adey & Shayer, 1993; Shayer & Adey, 1993; Mbanjo, 2003).

## **2.7. Обликовање наставе усмерене на учење**

У законским и стратешким документима у нашој земљи учење се дефинише као „целоживотни процес изградње компетенција кроз које се повезују различити типови и домени учења и знања, што је једно од полазишта за холистичку концепцију образовања“ (Оквир националног курикулума – основе наставе и учења/нацрт, 2015, стр. 32). Истиче се да учење није усмерено само ка стицању нових знања и вештина већ ка стварању нових, активних и независних начина посматрања, тумачења и разумевања окружења и света који се непрестано мењају.

Законским и стратешким документима промовише се нова концепција наставе и учења, где су предметни садржаји допуњени стандардима, компетенцијама и исходима, чиме се инсистира на померању са наставе која се заснива на предавању садржаја и изношењу информација које ученици треба да упамте ка настави која ће олакшавати учење и помагати, подстицати и подржавати ученике у процесу учења.

Наглашава се да приступ настави који традиционално преовладава у Србији, као и у многим земљама широм света, где наставник држи предавање а ученици памте и репродукују чињенице и информације, не може уистину да одговори на изазове којима је изложено образовање у 21. веку (Оквир националног курикулума – основе наставе и учења/нацрт, 2015).

У нацрту *Оквира националног курикулума – основе наставе и учења* (2015) наводи се да је потребно променити и допунити традиционални приступ настави зато што он више одговара укупној усмерености образовања на улазне, него на излазне квалитете. Компетенције, биле оне опште, трансверзалне, међупредметне или предметне, не могу да се развијају само на основу познавања чињеница и информација.

У овом документу експлицитно се наводи да је добро познато да настава која се углавном заснива на предавању предметног градива често не успева да подстакне ученике да се активно укључе, да се истински баве садржајима и материјалима пред којима се налазе и да озбиљно размишљају о питањима која се постављају. Такође, оваква настава често не води дубљем разумевању смисла и значења онога што је упамћено, као ни повезивању са оним што је раније научено. Њој често недостаје део који ученике доводи у ситуацију да оно што уче примењују у стварним животним околностима и решавању стварних проблема са којима се суочавају. Ма колико да се стручно и квалитетно оваква настава планира и изводи, није сигурно да ће заиста довести до учења, а сасвим је сигурно да се учење не одвија као њена аутоматска, неизбежна и нужна последица.



Ипак, потребно је рећи да се данас израз традиционална настава користи у различитим значењима, те да нужно не означава наставу која се одликује претходно наведеним слабостима. Наиме, познато је да квалитетна предавачка настава може довести до смисленог вербалног рецептивног учења.

Рецептивно учење по свом карактеру није механичко, јер многе појмове, генерализације и принципе ученик може смислено усвојити и користити, а да их није претходно самостално открио. Смислено вербално рецептивно учење јесте облик активне наставе у најбољем смислу речи, јер доводи до интелектуалног (а не било каквог, на пример, мануелног) активирања ученика. Пре него усвоји неко значење, ученик мора да га разуме, појми његов смисао, а поимање нових значења и њихово интегрисање у постојећу когнитивну структуру јесте активан процес. На жалост, не постоји идеално решење које би осигуравало да овај тип наставе не склизне у вербализам и прикривено „бубање“. Смислено вербално рецептивно учење јесте „зона високог ризика“ и може се много тога учинити да се тај ризик смањи, али не и да се дефинитивно избегне (Ивић, Пешикан & Антић, 2001).

Као што је поменуто, уместо израза традиционална настава прикладнији израз вероватно би био трансмисивна настава. Термин трансмисивна дефинише угао наставника, да наставник преноси, предаје, презентује знање које треба да стигне до ученика. Међутим, процес школског учења по својој изворној природи јесте интерактиван јер он укључује два врло различита партнера, наставника и ученика, који би морали имати заједнички циљ – усвајање нових знања и нових компетенција. Међутим, показало се да школска пракса уме да поништи интерактивност педагошког рада и да у средиште процеса доведе само наставника.

„У свим оним ситуацијама када се ученик не узима у обзир на адекватан начин (не проверава се припремљеност ученика за ново градиво, не ствара се мотивација за учење и заинтересованост за оно што следи, не активирају се знања која ученици већ имају а од значаја су за разумевање новог градива, не ствара се атмосфера за слободно постављање питања, ни на који начин се не проверава да ли ученици разумевају излагање итд.) имамо мање или више чисте облике трансмисивне наставе“ (Ивић, Пешикан & Антић, 2001, стр. 35). Овакав облик наставе дуго је и често присутан у школама, те отуда вероватно и потиче употреба термина традиционална настава за приступ који се у основи ослања на реализовање трансмисивне наставе.

У заједници физичара који се баве образовањем у нашој земљи израз традиционална настава најчешће се користи управо у значењу трансмисивне наставе. Недавно, разматрајућу важност образовног конструктивизма, Нешић (2015, стр. 90) истиче:

„Традиционална настава физике у школи предавачка је и, на тај начин, једносмерна. У таквој ситауцији сматра се добрим резултатом ако ученик стекне декларативно знање о садржајима који су наведени у школском програму. То значи да је он у стању да репродукује научено знање (онако како га је научио и за ситуације које су разматране на часовима), опише, дефиниције, законе, моделе, математичка извођења. Слабим резултатом се сматра мањкаво декларативно знање, тј. ситуације када ученик неке од тих ствари није у стању да репродукује јер их није научио.“

Такође, Жекић и сарадници (2017, стр. 251), тражећи узроке слабих постигнућа студената Физичког факултета на FCI тесту у уобичајеном начину организовања наставе у средњим школама и на факултетима и непримењивању актуелних, доказано ефикаснијих, наставних стратегија усмерених на учење, наводе:

„Традиционални начин рада у форми излагања наставника ученике и студенте поставља у улогу посматрача. У дијалогу често учествује само мали број ученика, при чему остали остају у магли неразумевања и све већег одбијања од физике. Ученици у нашем школском систему нису навикнути на самостално учење и претходно припремање за час. То се сматра неприхватљивим јер се од предметног наставника очекује да пружи сва потребна знања, укаже на „проблематичне“ детаље, подстакне и задовољи знатижељу активних ученика. Време трајања једног или два школска часа у току радне недеље је далеко од довољног за све. Велики проблем представља навикавање ученика на диктирање само основних информација и захтевање само њихове репродукције.“

У домену истраживања процеса наставе и учења, као и приликом креирања савремених образовних политика, данас је општеприхваћен одговор на нове изазове, али и на осведочене недостатке традиционалног приступа настави постепен прелаз ка настави која је усмерена на учење и ученика.

Настава усмерена на учење је интерактиван процес, жива размена компетенција између самих ученика, или ученика и наставника. „Полазна основа интерактивног (кооперативног) учења јесте да се учи кроз интеракцију, и то асиметричну када су партнери наставник и ученик, али да и мање компетентан партнер (дете има мање специфичних и општих знања и искуства) у ову интеракцију улази са базом претходних знања и умења и да их активно улаже, он је активни конструктор свог знања. Наставник не зида сам у дететовој глави грађевину знања, већ то чине заједнички кроз интеракцију, па је учење/настава процес ко-конструкције знања“ (Ивић, Пешикан & Антић, 2001, стр.36).

Са друге стране, и даље смо сведоци веома широке примене традиционалног приступа настави. Познато је да се наставни план и програм остварује са много чињеница и

великом количином речи, што охрабрује предавачки облик наставе (Leonard & Chandler, 2003). Осим тога, истраживања показују да наставници налазе разлоге за непримењивање метода усмерених на активно стицање знања који су донекле слични и у свету и код нас.

На пример, у студији која је обухватила преко триста наставника издвојено је неколико фактора које наставници сматрају узроком недовољне заступљености активног учења у редовној настави (Niemi, 2002):

- Недостатак времена потребног за реализовање свих активности у преобимном наставном плану и програму;
- Настава у великим групама није погодна за активно учење;
- Недостатак материјала и наставних средстава потребних за активан приступ настави и учењу;
- Недостатак метакогнитивних способности и мотивације код ученика;
- Наставници сматрају да ученици преферирају традиционалну наставу;
- Отпор према променама у начину реализовања наставе карактеристичан је за колеге са више искуства у настави;
- Постоји противљење родитеља променама у уобичајеном начину реализовања наставе.

У исто време, у нашој земљи, током вишегодишњег реализовања обуке за примену метода активног учења/наставе Ивић и сарадници (2001) издвојили су неколико заблуда о активном учењу/настави које се јављају код наших наставника:

- Активно учење/настава јесте врста забаве, „играрија“, атрактивна активност за разбијање озбиљног и напорног школског рада и успутно мотивисање ученика за рад;
- Активним учењем/наставом могу се реализовати само неки, парцијални циљеви, као на пример, развијање способности комуницирања и дијалога, али не и већина важних васпитно-образовних циљева;
- Активним учењем/наставом није могуће реализовати предвиђени план и програм, јер то није опште применљив метод рада, већ метод ексклузивно употребљив за поједине лекције, блок градива или тип часа, као што је обрада новог градива.
- Активно учење/настава захтева примену информационо-комуникационе технологије у наставном процесу;
- Активно учење/настава захтева богато опремљене школе;

- Активно учење/настава може се, уствари, свести на учење путем открића;
- Активно учење/настава је, уствари, овладавање вештинама тј. подразумева споља видљиве активности;
- Активно учење/настава јесте примена психолошких радионица у школи;
- Активно учење/настава јесте збирка „рецепата“ које сваки наставник може директно да примен;
- Активно учење/настава је лако за примену;
- Активно учење/настава нужно захтева разбијање предметно-разредно-часове структуре школског рада;
- Активно учење/настава исто је што и групни облик рада;
- Активно учење/настава карактерише се *laissez-faire* начином руковођења групом, тј. у учионици влада хаос.

Јасно је да се неке од наведених заблуда ослањају на објективне проблеме какви су истакнути и у свету, као што је преобиман наставни план и програм, док су друге одраз непознавања саме природе активног учења и наставе.

Не треба заборавити ни чињеницу да активни приступ настави и учењу обично захтева више рада и од наставника и од ученика (Scheyvens, Amy & Griffin, 2008), као и да поједина истраживања говоре да постоје ученици који преферирају наставу која омогућава њихово пасивно учешће, где наставник презентује наставни материјал на јасан начин и решава све проблеме за које се очекује да ће бити укључени на њиховим тестовима (Slater, 2003), што додатно може бити разлог за неговање традиционалног приступа.

### **2.7.1. Савремени поглед на природу учења у наставном процесу**

У методици наставе физике застарелим и несврисходним се сматра увођење нових концепата и релација међу концептима формалним дефиницијама, вербално или представљеним у облику закона израженим формулама. Уместо тога, треба их уводити кроз проблемске ситуације у којима ученици, најчешће на основу експеримента, у току расправе сами увиђају да је у циљу прецизнијег описивања појаве пожељно увести нови концепт или нову релацију која повезује неколико концепата. При томе је постојеће знање једини основ на коме се може дограђивати ново знање. Због тога је за наставника веома битно да има идеју о томе какво је знање ученика, односно да ли и у којој мери постоје ученичке алтернативне концепције (Нешић, 2015).

Овакав поглед на наставу физике одговара савременом схватању процеса учења које је у основи конструктивистичко.

Различита становишта о учењу дају различите практичне импликације за наставу. У табели 4 дат је резиме неколико становишта о учењу (Vulfolk, Hјuz & Volkar, 2014 према Marshall, 1992). У оквиру сваког од њих постоје варијације које се разликују по ономе што истичу. У конструктивистичким становиштима такође постоје преклапања.

**ТАБЕЛА 4.** Четири становишта о учењу

	Когнитивистичко		Конструктивистичко	
	Бихејвиористичко	Обрада информација	Психолошко/индивидуално	Социјално/ситуационо
	Скинер	Ц. Андерсон	Пијаже	Виготски
<b>Знање</b>	Устаљен корпус знања које се усваја	Устаљен корпус знања које се усваја	Корпус знања који се мења, конструише га индивидуа у социјалном свету	Социјално конструисано знања
	Споља стимулисано	Споља стимулисано Претходно знање утиче на то како се информација обрађује	Надограђује се на оно што ученик доноси	Надограђује се на оно што ученици доносе, конструишу заједно
<b>Учење</b>	Усвајање чињеница, вештина, концепата	Усвајање чињеница, вештина, концепата и стратегија	Активно конструисање, реструктурирање претходног знања	Заједничка конструкција друштвено дефинисаног знања и вредности
	Одвија се путем тренинга, вођеног вежбања	Одвија се путем ефикасног примењивања стратегија	Одвија се путем вишеструких прилика и различитих процеса како би се повезало са оним што је већ познато	Одвија се путем социјално конструисаних прилика
<b>Поучавање</b>	Преношење	Преношење	Постављање изазова, вођење мишљења ка целовитијем разумевању	Знање заједнички конструисано са ученицима
	Излагање	Води ученика ка „прецизнијем“ и целовитијем знању		
<b>Улога наставника</b>	Руководилац, супервизор	Поучава и моделује ефикасне стратегије.	Помагач, вођа	Помагач, вођа
	Исправља погрешне одговоре	Исправља погрешно разумевање	Слуша актуелне концепције, идеје и мишљење ученика	Коучесник - заједнички конструише различите интерпретације знања; слуша социјално конструисане концепције

<b>Улога вршњака</b>	Обично се не узима у обзир	Није неопходна, али може да утиче на обраду информација	Није неопходна, али може да стимулише мишљење, да намеће питања	Редован део процеса конструкције знања
<b>Улога ученика</b>	Пасивно примање информација	Активно обрађује информације, користи стратегије	Активно конструисање у уму	Активна заједничка конструкција са другима и са собом
	Активно слуша, следи упутства	Организује и реорганизује информације	Активно мисли, објашњава, интерпретира, поставља питања	Активно мисли, објашњава, интерпретира, поставља питања
		Памти		Активно учествује у друштву

У покушају приближавања научних истраживања и школске праксе настао је извештај под називом „Како људи уче“ у коме је начињен резиме релевантних истраживања чији закључци дају основу преовлађујућег теоријског погледа на учење (Bransford, Brown & Cocking, 1999). Утемељен на емпиријским налазима, овај оквир чине конструктивистичка теорија (Пијаже), социоконструктивистичка теорија (Виготски), асимилациона теорија и механизми осмишљавања (Аусубел), као и културолошке теорије (Брунер, Коле и Валзнер).

Независно од тога, у нашој земљи годинама је реализовано акционо истраживање „Активно учење“ (Ивић, Пешикан & Антић, 2001) са истом намером да се савремена теоријска схватања о психологији учења уграде у свакодневну наставну праксу.

Полазећи од ова два извора, Антић (2010) издваја неколико параметара који чине шири оквир савременог схватања природе учења у наставном процесу:

- Учење је процес самосталне изградње знања и разумевања (активна конструкција знања).
- Самостална мисаона изградња знања и разумевања одвија се помоћу механизма осмишљавања, успостављањем смислених веза између постојећих когнитивних шема и онога што се зна са новим садржајем.
- Учење је по својој природи интерактивно и зато се најбоље описује синтагмом ко-конструкција знања у асиметричној интеракцији одраслог и/или деце која су на различитим нивоима когнитивне зрелости.
- У фокусу подучавања требало би да буде сам процес, а не само крајњи исход сазнавања.
- Школско учење је формативно за когнитивни развој јединке. Између развоја и школског учења постоји двосмеран однос: не само да учење прати ментални развој, него и обрнуто, школско учење може да претходи менталном развоју и да га подстакне. Осим тога, школско учење има незаобилазну формативну улогу јер правилно усвајање система научних појмова омогућава даљи когнитивни развој једине. Само у судару спонтаних и научних појмова ствара се когнитивни кофликт који доводи до усвајања научних појмова и до даљег когнитивног развоја (о чему је овде већ било речи у делу о концептуалним променама).
- Учење је прилагођено развојним могућностима просечног детета одређеног узраста, али при томе треба водити рачуна о индивидуалним разликама, индивидуалним когнитивним стилевима и индивидуалним потенцијалима јединки у развоју.



- Деца долазе у систем формалног образовања са значајним опусом постојећих знања, вештина и уверења која значајно утичу на то како опажају своје окружење и како га интерпретирају. Уважавање овог феноменолошког нивоа учења, тј. шта онај који учи зна, и како види, разуме и доживљава садржаје учења, циљ и смисао задатака јесте један од важнијих предуслова ефикасног учења.
- Школско учење требало би да одсликава нераскидиву везу процеса учења са садржајем који се учи. У основи сваког облика учења јесу неки ментални процеси и активности специфичне и релеванте за природу предмета које указују на начин мишљења у тој научној дисциплини.

Тако на пример, од недавно постоји изражен тренд у заједници која се бави наставом природних наука да се основни принципи научних истраживања укључују у свакодневну праксу у учионицама (Bybee, 2011; Schweingruber, Keller & Quinn, 2012; Erduran & Dagher, 2014). Аутори се слажу да је конструисање и тестирање објашњења централни део научног метода.

- Учење се увек одвија у контексту, физичком и социјалном. Непосредан контекст школске учионице и параметри који га одређују у великој мери могу утицати на учење.
- Да би се остварило разумевање, подучавање би требало да уважи све чиниоце који су битни за развој саморегулације, укључујући развој метакогниције која настаје у процесу развоја система појмова. Ученици најпре морају бити способни да уоче када нешто разумеју, а када не, затим, морају знати шта им је још потребно да би боље разумели (још додатних информација, времена, примера...) и воља да тако воде даље свој процес учења.

Пешикан (2010) такође истиче социоконструктивистичке теорије као парадигму која данас доминира у психологији образовања.

Говорећи о природи учења истиче да је учење резултат активне конструкције: „Ученик је онај који аутономно конструише знање и при томе има свест о сопственом учењу, прати га, управља њиме, контролише га и процењује његове ефекте. Наставник постаје партнер у процесу учења, у процесу изградње знања у датим ситуацијама, а настава се оријентише на развијање стратегија учења и мишљења код ученика“ (Пешикан, 2010, стр. 158).

Наглашава се да из конструктивистичког приступа учењу, обогаћеног социокултурном теоријом, следи да је „знање активно, да није пасивна копија, „отисак“ стварности, да је субјективно, релативно и у развоју, да је процес (а не резултат) у чијем настанку социјални фактори имају важну формативну улогу. Знање се не може директно пренети, не може се дати говорењем и примити у неком готовом виду, већ га ученик изграђује

властитом, самосталном менталном активношћу“ (Пешикан, 2010, стр. 161). Уз то се истиче да је учење зависно од претходних знања ученика, као и да је регулисање властитог процеса учења (метакогниција) важно за активно конструисање знања.

Затим се говори о интерактивној природи учења која има три аспекта: (а) изградња знања кроз асиметричну интеракцију наставник-ученик, (б) размена знања, идеја и искустава међу самим ученицима и (в) комуникација ученика са средином у којој се учи, посебно са инструктивним материјалом попут уџбеника.

Осим тога, и у овој анализи истакнуто је да је учење зависно од садржаја који се учи, да се учење одвија у контексту (социјална природа учења), као и да планирање наставе/учење мора уважавати типичне карактеристике људског развоја, али уз остављање простора за развој индивидуалних карактеристика ученика.

Као главне педагошке импликације овог приступа наводе се следеће препоруке (Пешикан, 2010):

- Настава мора обезбедити интеграцију развоја научних и свакодневних појмова детета.
- У настави се морају користити интерактивне методе рада.
- Главна улога наставника је осмишљавање и стварање наставне ситуације која ће ученике „увући“ у активну партиципацију.
- Однос ученика међусобно и ученика и наставника је сараднички.
- Важно је не само шта дете може да уради само, већ колико може уз спољну подршку уколико му се у прави час и на адекватан начин помогне (одмереност и прилагођеност помоћи).
- Дисциплина је поштовање „правила игре“ и уважавање других.
- Не треба заборавити да имплицитне теорије о дечијем развоју и учењу утичу на обликовање образовне праксе, те је одговарајуће иницијално образовање наставника и стручно усавршавање веома важно.
- Школски планови и програми морају садржати узорак научних и културних знања уграђених у систем, као и когнитивне и метакогнитивне стратегије рада са тим садржајима.
- Учионица није изоловано острво за учење већ је треба повезати са разним видовима образовних извора и ресурса.
- Потребно је поштовање и легитимизација разлика међу ученицима.

Вулфолк и сарадници (2014) истичу да не постоји једна конструктивистичка теорија, али да су за већину конструктивиста две идеје заједничке: да су ученици активни у конструисању сопственог знања и да су социјалне интеракције важне за конструкцију знања (према Bruning et al., 2004). Учење је више од примања и обраде информација које преносе други људи или писани материјали, оно је пре активно и лично конструисање знања (De Kock, Sleegeres & Voeten, 2004). Циљеви учења укључују развој способности налажења и решавања слабо структурираних проблема, критичко мишљење, истраживање и отвореност за различита становишта (Powell & Kalina, 2009).

Многи конструктивистички приступи препоручују следеће услове за учење (Vulfolk, Hјuz & Volkar, 2014 према Driscoll, 2005; Marshall, 1992):

- Уграђивање учења у сложене, реалистичне и релевантне средине за учење.  
Свет изван школе пружа мало једноставних проблема или упутстава корак-по-корак, тако да би школе требало да осигурају да сваки ученик има искуство решавања комплексних проблема. При томе се под комплексним проблемима не подразумевају само они који су тешки, већ проблеми који имају више елемената који су у интеракцији, те су могућа вишеструка решења.
- Обезбеђивање социјалног преговарања и интеракције међу ученицима, као и подељене одговорности при вредновању заједничког рада.
- Подржавање различитих становишта и вишеструког представљања садржаја.  
Ревидирање истог градива у различито време, у промењеним контекстима, у различите сврхе и из различитих концептуалних перспектива кључно је за остваривање знања. Ово је у складу са Брунеровом идејом спиралног курикулума где се велике идеје уводе на раном школском узрасту, а онда се током времена предмети ревидирају у све сложенијим облицима (Vulfolk, Hјuz & Volkar, 2014 према Spiro et al., 1991; Bruner, 1966).
- Неговање самосвесности и разумевања да се знање конструише.
- Подстицање „власништва над учењем“: конструктивистички поглед на учење подразумева драматичну промену фокуса подучавања, стављајући лични труд ученика да разуме оно што се учи у средиште образовног процеса (Vulfolk, Hјuz & Volkar, 2014 према Prawat, 1992), што не значи да се наставник одриче одговорности за поучавање.

Примењивање конструктивистичког приступа доводи до развијања нових улога наставника у складу са активностима које подстичу смислено учење (Windschitl, 2002):

- Наставници провоцирају идеје и искуства ученика у односу на кључне теме и онда обликују ситуације учења које ученицима помажу да разрађују или реструктурирају своје тренутно знање;
- Ученицима се често пружају прилике да се посвете комплексним, смисленим активностима заснованим на проблемима;
- Наставници ученицима пружају разноврсне изворе информација као и средства неходна за посредовање у учењу;
- Ученици заједнички раде и добијају подршку да се посвете међусобним дијалозима који су оријентисани на задатак;
- Наставници ученицима експлицитно откривају сопствене процесе мишљења и подстичу их да раде то исто путем дијалога, писања или скицирања;
- Од ученика се редовно тражи да примењују знање у различитим и аутентичним контекстима, објашњавају идеје, интерпретирају текстове, предвиђају феномене и конструишу аргументе на основу доказа, уместо да се фокусирају искључиво на усвајање претходно установљених тачних одговора;
- Наставници употребљавају различите стратегије процењивања како би разумели начин на који се идеје ученика развијају и пружили повратне информације о процесима, као и о продуктима њиховог мишљења.

### **2.7.2. Примена конструктивистичких ставова у настави**

Конструктивистички поглед на наставу и учење наглашава активну улогу ученика, његову интеракцију са околином и тумачење информација у односу на његова претходна искуства (Trowbridge, Bybee & Powell, 2000).

Примена конструктивистичког схватања природе учења у образовном процесу препознаје се на основу активности ученика и наставника које су детаљно описане у претходном поглављу (2.7.1).

Према Вулфолк, Хјуз и Волкап (2014) може се издвојити неколико приступа настави који ученика стављају у средиште образовног процеса. Ови приступи подразумевају:

- Учење истраживањем;
- Учење засновано на решавању проблема;
- Инструктивни разговори;
- Когнитивно шегртовање;

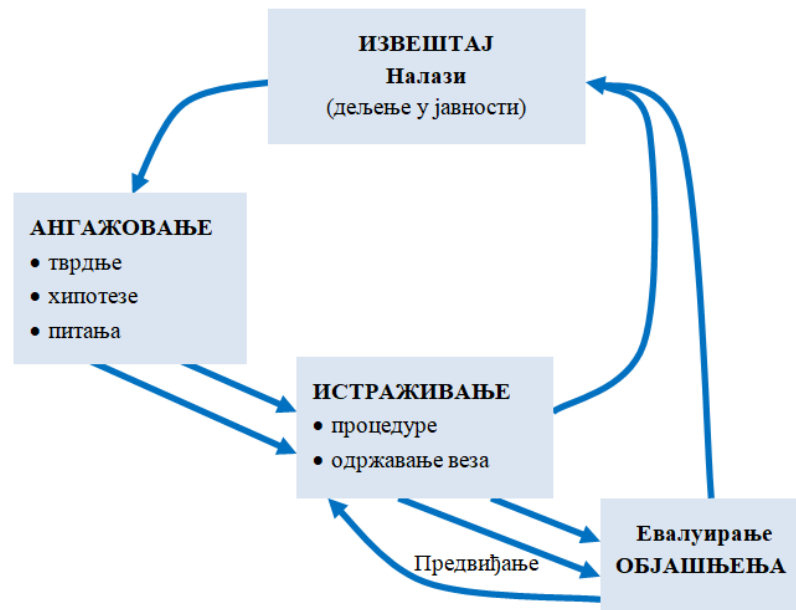
- Учење путем сарадње.

У суштини није неопходно строго дефинисање и разграничавање појединих метода због преклапања њихових елемената, али пре свега због потребе да се поједине методе комбинују у циљу реализовања ефикасне наставе. Тако на пример, методе учења истраживањем и учења заснованог на решавању проблема имају сличности пре свега у смислу иницирања истраживања које мора бити брижљиво планирано и организовано.

Основну форму **учења истраживањем** описао је још Дјуи (1933), мада је било много адаптација овог приступа. Учење истраживањем омогућава да се учи и о садржајима и о самом процесу истраживања у исто време и обично обухвата неколико елемената (Echevarria, 2003) - наставник најпре поставља питање или проблем, а потом ученици:

- Формулишу хипотезе како би објаснили догађај или решили проблем;
- Прикупљају податке како би тестирали хипотезе и
- Износе закључке,

при чему размишљају о првобитном проблему и процесима мишљењима који су потребни да би се он решио.



СЛИКА 1. Модел учења истраживањем (према Vulfolk, Hјuz & Volkar, 2014/ Palincsar et al., 1998)

На слици 1 дат је приказ једног модела учења истраживањем у области природних наука. Праве линије показују редослед фаза, а криве линије показују циклусе који се могу понављати током учења/наставе.

Циљеви учења заснованог на решавању проблема такође су развијање флексибилног знања које се може применити у многим ситуацијама, насупрот инертном знању (информацијама које се меморишу, али се ретко користе) које код ученика изазива пасивност и учење ниског нивоа (Brown et al., 1997). Други циљеви учења заснованог на решавању проблема су подстицање интринзичке мотивације и вештина решавања проблема, заједничког рада и саморегулисаног учења. Код овог облика учења од наставника се очекује оријентисање ученика на проблем, организовање ученика за истраживање, помагање у независном и групном истраживању, развијање и приказивање резултата истраживања, анализирање и евалуирање процеса решавања проблема (Vulfolk, Hјuz & Volkar, 2014).

**Инструктивни разговори** заснивају се на социоконструктивистичкој теорији Виготског која имплицира важност интеракције и разговора. Према овој теорији потребно је да се ученици суочавају са проблемском ситуацијом у оквиру зоне наредног развоја уз подршку коју пружа интеракција са наставником или компетентнијим вршњаком. У синтагми инструктивни разговори реч инструктивни указује да су осмишљени да унапреде учење, док реч разговори указује да се не ради о предавањима или класичним дискусијама, већ да се одвијају у малим групама. Елементи инструктивних разговора су:

Тематски фокус; Активација и коришћење претходног знања; Директно подучавање (ако је потребно); Подстицање комплекснијег језика и изражавања; Развијање основе за изјаве или становишта; Постављање питања која могу имати више различитих одговора; Реаговање наставника на доприносе ученика; Повезани дискурс; Атмосфера која је изазовна, али није угрожавајућа; Опште учествовање, укључујући и самостално бирање свог реда при томе (Vulfolk, Hјuz & Volkar, 2014).

**Когнитивно шегртовање** такође се заснива на интензивирању интеракције између ученика и ученика и наставника. Вођењим учествовањем у реалним задацима долази до усвајања знања, вештина и вредности. Док уче почетници су пред изазовом да овладају комплекснијим концептима и вештинама и да их примењују у различитим околностима (Shuell, 1996), а у овом процесу ученици се обично обраћају за помоћ најпре једни другима, па тек онда наставнику (Holmes & Greik, 1998).

**Учење путем сарадње (колаборативно учење)** подразумева да ученици раде заједно, у мањим или већим групама, међутим није сваки рад у групи нужно учење путем сарадње.

Наиме, ученици могу радити у групи тако што свако појединачно доприноси остварењу заједничког циља у складу са договором, али када говоримо о сарадњи ученици раде и разговарају како би размењивали мишљења и заједно напредовали. Рад у групи може бити користан, али истинско учење путем сарадње захтева много више од једноставне поделе ученика у групе и даје значајније ефекте. Заговорници пијажеовског становишта тврде да интеракција у групи може довести до когнитивног конфликта и неравнотеже што је услов за концептуалну промену, док према Виготском учење путем сарадње пружа друштвену помоћ и подржавање које је ученицима потребно да би се у учењу кретали напред.

Управо проучавајући улогу социо-когнитивног конфликта у развоју научних појмова у настави физике Петровић (2013) предлаже увођење значајних промена у постојећу праксу. Ове препоруке су у складу са конструктивистичким погледом на наставу/учење:

- „Наставници морају да буду упознати са природом наивног знања, те да погрешна тумачења научних садржаја од стране ученика нису случајна или *ad hoc*, већ да су произведена на ширим експликативним шемама или обрасцима разумевања физичке стварности;
- У настави треба систематски радити на актуализовању постојећих, наивних физичких знања и то у свесном, артикулисаном и експлицитном виду како би ови били доступни за дикусију и разматрање у односу на научне појмове;
- Колаборативно учење у вршњачкој групи треба користити на почетку увођења нових садржаја као ефикасан начин евоцирања и освешћивања наивних физичких тумачења и идеја;
- Колаборативно учење треба користити у фазама вежбања или примене претходно учених садржаја, с тим да се ово практиковање користи у градуираним, од више ка мање познатим ситуацијама;
- Да би колаборативни рад био ефикасан когнитивна асиметрија између чланова групе не треба да буде велика, и нарочито да „когнитивна моћ“ не буде концентрисана у једном ученику или појединцу. Те у приликама, када није могуће избећи ову врсту асиметрије онда је више продуктивно да у групи која има више чланова, бар два члана буду добрих и приближних компетенција“ (Петровић, 2013, стр. 339).

Резултати многих студија указују да колаборативно учење може значајно утицати на постизање циљева учења и напредовање, развој вештина сарадње и јачање позитивног става према школи, себи и другима (Johnson, Skon & Johnson, 1980; Johnson & Johnson,

1990; Johnson, Stanne & Garibaldi, 1990; Sharan, 1980; Slavin, 1990; Springer, Stanne & Donovan, 1999; Qin, Johnson & Johnson, 1995).

Када говоримо о примени конструктивистичких становишта у настави физике на различитим нивоима школовања, треба рећи да се временом развило више програма који подстичу стварање конструктивистичког окружења за учење, односно активности као што су учење истраживањем и учење засновано на решавању проблема уз сарадњу у групама. Неки од ових програма су:

- Problem-Based Learning - PBL (Duch, Groh & Allen, 2001);
- Cooperative Group Problem Solving (Heller, Keith & Anderson, 1992);
- Physics by Inquiry (McDermott et al., 1996);
- Tutorials in Introductory Physics (McDermott & Shaffer, 2002);
- Workshop Physics (Laws, 1991);
- Studio Physics (Hoellwarth et al., 2005);
- Student Centered Active Learning Environment for Undergraduate Programs - SCALE-UP (Beichner et al., 2007);
- Investigative Science Learning Environments - ISLE (Etkina & Van Heuvelen, 2007; Etkina et al., 2010).

На овом месту детаљније ћемо се осврнути на два приступа настави која се снажно ослањају на конструктивистичко становиште о учењу. То су **Inquiry-based science education (IBSE)** и **Peer Instruction & Just-in-Time Teaching** .



## IBSE приступ настави

Inquiry-based science education (IBSE) јесте наставни приступ у области природних наука чији се назив на наш језик преводи као учење путем истраживања, учење засновано на питањима или истраживачко учење (настава), мада је ипак реч о једном ширем приступу настави/учењу. Да би се ово додатно нагласило неки аутори задржавају оригинални термин на енглеском језику (инквјери)<sup>11</sup>, што ће бити урађено и у овој студији, у смислу коришћења скраћенице IBSE.

Иако се IBSE сматра савременим приступом настави природних наука (Нешић, 2015), то суштински није нов концепт у образовању имајући у виду да се ослања да активну улогу деце у развоју њихових идеја и разумевању света око себе истакнуту још у радовима Пијажеа и Дјуиа, који су између осталих, у првој половини XX века, указали на важност дечје радозналости, имагинације и неопходности интеракције и истраживања у процесу учења (Harlen, 2013).

Недавно експлицитно навођење значаја ученичког ангажовања у процесима посматрања, постављања питања, сакупљању, анализи и интерпретацији података као и саопштавању резултата приликом креирања образовних политика широм света чини IBSE приступ веома актуелним и у овом тренутку.

Национална фондација за науку САД (National Science Foundation), дефинисала је IBSE као приступ настави који ученику омогућује да гради своје разумевање фундаменталних

---

<sup>11</sup> Термин инквјери уобичајено се користи у оквиру пројекта „Рука у тесту“ и у публикацијама повезаним са овим пројектом (нпр. Јокић, 2017).

„Рука у тесту“ („*La main à la pâte*“) је једна од водећих иницијатива покренутих у свету, 1996. године, са циљем промовисања ефикаснијих начина предавања садржаја природних наука, која је своје деловање усмерила на узраст од 3 до 12 година. Иницијативу „Рука у тесту“ у Србији је 2001. године покренуо проф. др Стеван Јокић, а школске 2003/2004. године у наставни план и програм уведен је изборни предмет *Рука у тесту – откривање света*. Одржано је низ семинара за учитеље, преведено је и издато двадесетак књига и креиран је сајт (<http://rukautestu.vin.bg.ac.rs/>). Све ово имало је за циљ да помогне учитељима да што боље и лакше предају садржаје природних наука, не само у оквиру изборног предмета *Рука у тесту*, већ и у обавезним предметима *Свет око нас* и *Природа и друштво*. Након тога, уследио је пројекат Фибоначи (FIBONACCI), који има за циљ популаризацију и ширење IBSE приступа настави природних наука у школама, као и успостављање европске мреже за развој и ширење овог концепта образовања. Ове вишегодишње активности пратила су многа истраживања која говоре о резултатима и позитивним ефектима постигнутим у оквиру ових пројеката (Бошњак, 2015).

научних идеја кроз директно експериментисање материјалом, консултовањем књига и других ресурса, експерата, као и кроз аргументацију и међусобну дискусију (NSF, 1997).

У Европској Унији имплементација IBSE приступа настави снажно је подржана у оквиру иницијативе Европске комисије под називом „Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe“ (Rocard et al., 2007).

Глобална мрежа академија наука (IAP) у оквиру свог Програма научног образовања формулисала је, на основу резултата више различитих пилот пројеката у последњој декади, дефиницију научног образовања заснованог на IBSE приступу:

IBSE подразумева да ученици прогресивно развијају кључне научне идеје кроз учење како да истражују и граде своје знање и разумевање света који их окружује. Употребљавају вештине које користе научници, односно постављају питања, сакупљају податке, резонују и преиспитују добијене податке у светлу оног што је већ познато, извлаче закључке и дискутују добијене резултате (IAP, 2012).

Учење применом IBSE приступа је комплексан процес у коме су знање и разумевање, и вештине сакупљања и употребе података интерактивно повезани. Вештине које се сматрају изузетно важним у конструкцији знања и разумевању света око себе су како физичке тако и менталне, а односе се на генерисање података и њихову употребу при тестирању идеја које би могле да помогну објашњењу неког догађаја или феномена који се разматра. Истовремено, употреба вештина укључује знање и разумевање, не само како да се генеришу, сакупе и интерпретирају подаци него и да се разуме зашто је важно радити у складу са научним принципима. Постоји потреба за равнотежом између концептуалног учења и учења о томе како научити да се учи. Учење о начину постављања питања није довољно само по себи, јер постављање питање имплицитно подразумева и тражење одговора. С друге стране, налажење одговора на неко питање није довољно, него је потребно узети у обзир и како ће дати одговор помоћи активност учења у неком новом контексту (Harlen, 2013).

Као што је већ речено, кроз образовање у области природних наука ученици би требало, пре свега, да развију:

Разумевање фундаменталних научних идеја; Разумевање природе науке и научног истраживања и резоновања; Научне компетенције сакупљања и употребе података; Вештине које подржавају целоживотно учење; Способност комуникације употребом одговарајућег језика и разноврсних начина презентовања и Препознавање и процену доприноса науке друштву и начина на који је употребљена у технологији и инжењерству.

IBSE приступ, ако се ваљано примењује, нуди могућност постизања наведених циљева знатно успешније него применом традиционалног приступа настави и учењу у области природних наука (Stobart, 2008).

Притом, мора постојати критичка резервисаност, односно нагласак на ваљаности примене IBSE приступа. Комплексност IBSE приступа прати низ важних изазова. Његова имплементација може захтевати фундаменталне промене у неколико педагошких аспеката, почев од аранжирања простора за учење (тако да ђаци могу да раде у групама) до питања које поставља наставник, повратне информације коју даје и добија од ученика и природе његове интеракције са њима, као и ученичке међусобне и интеракције са предметима и феноменима које испитују. Захтевани степен промена може се добити поређењем активности ученика у оквиру наставе засноване на IBSE приступу и оне засноване на трансмисивном (предавачком) приступу, што је приказано у табели 5 (Harlen, 2013).

IBSE приступ сматра се инспиративним начином учења природних наука јер се фокусира на сопствене интересе ученика и стимулише активно учење кроз сопствено истраживање (Braund & Driver, 2005; Murphy & Beggs, 2003; Rocard et al., 2007). Имајући у виду да мотивација и лична интересовања ученика позитивно утичу на њихова постигнућа (Tella, 2007) IBSE може бити ефикасан приступ у учењу научних концепата и разумевању природе науке у којем је процес истраживања кључан (Uum, Verhoeff & Peeters, 2016).

IBSE приступ дозвољава ученицима да развију научне концепте природних појава (Minner, Levy, & Century, 2010) и вештине научног истраживања, као што је формулисање истраживачких питања (Zion, Cohen, & Amir, 2007). Такође, ученици стичу знања о томе како се конструишу научна знања (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002).

Педагошки оквир IBSE приступа настави односи се на циклус учења (Levy et al., 2011).

**Циклус учења**, оригинално предложен од стране Карплуса (1967), представља једну од важних наставних стратегија на којој се заснива учења путем истраживања. Обухвата три основне фазе ученичког ангажовања: истраживање („exploration“), увођење концепата („concept introduction“) и проширивање идеја - примену концепата („concept application“). Ове фазе укључују главне поставке Пијажеове теорије когнитивног развоја са посебним освртом на охрабривање ученика да користе сопствене менталне процесе формирања концепата и решавања проблема у сврху повећања ефикасности учења.

**ТАБЕЛА 5.** Различите активности ученика у зависности од приступа настави (IBSE/трансмисивна настава)

<b>Активности ученика</b>	
<b>IBSE приступ настави</b>	<b>Трансмисивна настава</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ученици се ангажују у решавању питања која идентификују као своја чак и када их је поставио наставник;</li> <li>• Не знају одговор на питање које истражују;</li> <li>• Довољно знају о теми која је укључена у питање;</li> <li>• Дају претпоставке засноване на својим идејама проистеклим у вези теме;</li> <li>• Учествоју у планирању истраживања које има за циљ тестирање њихових предвиђања;</li> <li>• Сами реализују истраживање;</li> <li>• Употребљавају изворе и методе сакупљања података релевантних за проверу својих предвиђања;</li> <li>• Дискутују о оном што су пронашли у односу на своја почетна очекивања и предвиђања;</li> <li>• Извлаче закључке и покушавају да их искористе при објашњењу оног што су нашли;</li> <li>• Пореди своје налазе и закључке с оним што су нашли и закључили други;</li> <li>• Воде забелешке и друге врсте евиденције током свог рада.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ученици следе упутства дата у уџбенику или од стране наставника уз незнатну пажњу посвећену ономе што раде у контекст покушаја давања одговора;</li> <li>• Могу да прочитају о начину вођења истраживања, али им се пружају незнатне могућности да га и сами искусе као процес;</li> <li>• Могу да посматрају наставникову демонстрацију али не морају да разумеју разлоге због којих је она и урађена;</li> <li>• При практичној реализацији активности следе дате инструкције уз незнатно самостално размишљање о оном што се ради;</li> <li>• Експерименти које изводе или посматрају су дизајнирани тако да потврде већ познат закључак („експериментом се доказује да ...“);</li> <li>• Не знају увек зашто су предузети неки кораци у експерименту или истраживању;</li> <li>• Пишу извештај о истраживању у структурираној форми, копирајући га често из књиге или диктирањем од стране наставника;</li> <li>• Бележе „прави одговор“ чак и када нису опазили оно што је требало да се деси;</li> <li>• Раде независно или у пару и немају храбрости да покрену дискусију о свом раду.</li> </ul>

У фази истраживања, ученици кроз практичне активности прикупљају податке о научним феноменима. Истраживање изазива одређени ниво неравнотеже или когнитивног

конфликта код ученика, док покушавају да нађу смисао у ономе што су учили и искусили и да то повежу са већ постојећим концептима и шемама резоновања.

У следећој фази, током увођења концепата, наставник наводи ученике на организовање и презентацију прикупљених података. Коришћењем података, кроз међусобну комуникацију, уз излагање идеја и закључака и повратну информацију од наставника, долази до увођења научних концепата. Након што су ученици постигли разумевање концепта, наставник им може дати одговарајућу научну терминологију или ознаке.

У трећој фази, током примене концепата, ученици продубљују своје разумевање коришћењем концепта у различитим контекстима. Наставници могу омогућити примену концепата коришћењем рачунарских програма, видео снимака, читања, лабораторијских испитивања, демонстрација или дискусије. Кроз активности примене, ученици организују концепт у односу на оно што им је већ познато и додатно везују концепт за стварна искуства.

Важно је да током циклуса учења ученици раде у колаборативним групама; да представљају податке и дају интерпретације у различитим облицима (графикони, табеле, писмени или усмени описи); да се укључују у активни дискурс са другим ученицима и наставником. Наставник обликује процес учења постављајући подстицајна питања, без откривања концепта и одговарајуће терминологије, док ученици не конструишу и не објасне своја схватања.

Истраживања су показала да је циклус учења веома ефикасан у омогућавању ученицима да формирају научне концепте и развијају вештине резоновања (Bybee et al., 2006). Такође, показало се да је циклус учења делотворан и у постизању сродног циља: преласка од здраворазумских погледа на свет ка научним концептима, између осталог и кад је у питању концепт пливања и тоњења тела (Gang, 1995).

Један од новијих модела заснованих на оригиналном Карплусовом циклусу учења је „5Е“ (Bybee, 1997). Он обухвата следеће фазе:

- Engagement - изазивање интересовања ученика и постављање проблема уз повезивање са њиховим претходним знањем;
- Exploration - постављање хипотеза, планирање истраживања, испитивање ресурса, прикупљање података и њихова анализа;
- Explanation - ученик разјашњава оно што је разумео, дели информације о томе са другим ученицима и наставником у разним облицима да би добио повратну

информацију, формулише уопштавања, анализира их и побољша тј. формира нове концепте и вештине;

- Elaboration - спровођење активности које омогућавају ученицима да формиране концепте примене у различитим контекстима и да прошире своје идеје и разумевање, тј. омогућавање трансфера учења;
- Evaluation - оцењивање знања, вештина и способности, односно ефективности учења.

Моделу учења засновани на циклусу учења стално се унапређују. Један од њих је проширена верзија претходно описаног модела - „7E“ (Elicit, Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate, Extend) у којој су начињене одређене измене да би се нагласила важност појединих елемената претходног модела: пре свега прве фазе где се додатно инсистира на утврђивању (изазивању) постојећих ученичких концепција о некој појави (elicit) и додавање фазе extend која омогућава не само „близак“ трансфер учења, већ и примену знања у ситуацијама и задацима који нису директно увежбавани (Eisenkraft, 2003).

Аутори указују на неколико нивоа истраживачких активности у оквиру IBSE приступа настави: структуриране, вођене и отворене активности, у зависности од степена самосталности ученика у појединим фазама истраживачког циклуса, односно врсте ангажовања наставника у том процесу (Zion, Cohen & Amir, 2007). Уопште узев, постоји неколико корака у истраживачком циклусу. То су истраживачко питање, хипотезе, непосредно истраживање, нпр. експериментисање, анализа, моделовање и евалуација решења (White, Shimoda & Frederiksen, 1999).

У структурираном истраживању питања и поступак истраживања предочени су од стране наставника, док ученици формирају објашњење на основу прикупљених и анализираних података. Вођено истраживање подразумева да наставник поставља истраживачка питања, док ученици осмишљавају поступак тестирања хипотеза, прикупљају и анализирају податке, доносе, презентују и евалуирају закључке. На највишем нивоу, ученици воде отворена истраживања, што се односи на самостално формулисање истраживачких питања и самостално реализовање истраживања. Комбиновани приступ подразумева различит, мањи или већи, утицај наставника у појединим корацима истраживачког циклуса (Levy et al., 2011).

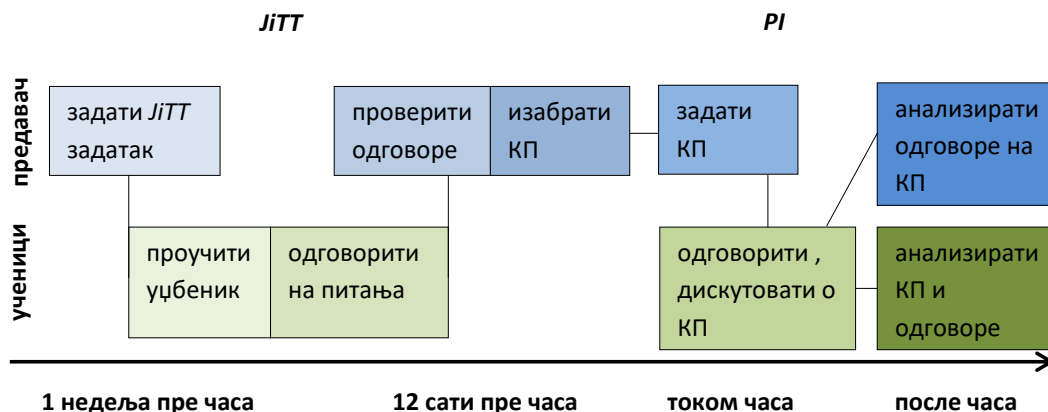
На крају, треба рећи да иако истраживања о ефикасности IBSE приступа настави повремено обухватају мешовите или негативне резултате, преовлађујући закључак јесте да постоји довољно доказа о значајном добитку у учењу у поређењу са традиционалном предавачком наставом природних наука (Anderson, 2002; Harlen, 2013; Levy et al., 2011).

Обимна синтеза резултата истраживања између 1984. и 2002. године показала је јасан и конзистентан тренд међу 138 студија у корист позитивних резултата учења применом IBSE приступа, односно праксе засноване на истраживањима и примени стратегија које наглашавају активно размишљање ученика и одговорност за учење, који је у складу очекивањима оних који имају конструктивистички поглед на образовни процес (Minner, Levy & Century, 2010). Рад Вилсон и сарадника (Wilson et al., 2010) такође показује растући тренд доказа у корист ефикасности IBSE приступа. У том контексту, истраживачи се тренутно више баве факторим који утичу на ефективност IBSE него самим поређењем IBSE са традиционалном наставом. Ови фактори се могу односити на искуства и концепције ученика (нпр. узраст, идеје о природи науке и учења, искуство коришћења технологије), искуства наставника (нпр. знање и уверења о настави и учењу, искуство професионалног развоја усмереног на истраживање, сарадња са наставницима који имплементирају савремене приступе), као и на саме карактеристике школског окружења (Lee et al., 2010).

### **Peer Instruction и Just-in-Time Teaching наставне стратегије**

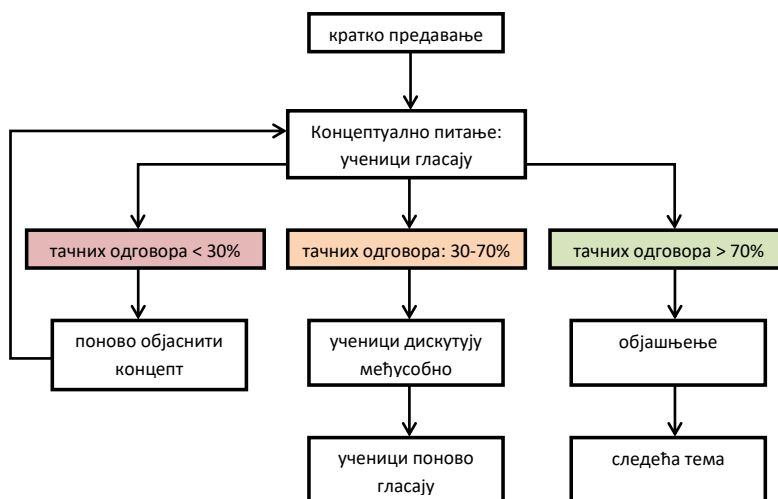
**Peer Instruction** (PI) представља интерактивни наставни приступ којим се подстиче активност свих ученика у одељењу (Crouch & Mazur, 2001; Crouch et al., 2007; Mazur, 1997; Watkins & Mazur, 2010). Ученицима се поставља концептуално питање на које треба да одговоре после краћег размишљања. Након тога ученици имају прилику да у малим групама продискутују своја решења и да поново дају свој одговор. Да би ово био ефикасан метод учења, потребно је да ученици познају основне елементе градива које се обрађује. Зато се PI метод успешно комбинује са **Just-in-Time Teaching** (JiTT) наставном стратегијом (Watkins & Mazur, 2010).

Док PI ставља у фокус учење током самог часа, JiTT захтева да ученици посвете извесно време одабраном наставном материјалу код куће, пре самог часа, те да се на тај начин припреме. Припремљеност за час, као и степен разумевања дате материје утврђује се неком врстом улазног теста који уобичајено обухвата три задатка. Прва два задатка су концептуална питања која се односе на задату материју, док је трећи, додатни задатак увек исти и подразумева да ученици издвоје конкретан сегмент који им је током учења био најкомпликованији или збуњујући, а ако нема оваквих елемената да наведу шта им је било најинтересантније током учења. Рок за предавање решења улазног теста оставља наставнику неколико сати да изврши анализу ученичких одговора, одговори ученицима на исказане недоумице и припреми концептуална питања за предстојећи час. Ово омогућава да се време на часу користи ефикасније, односно да од се уместо традиционалног предавања, на часу заиста реализује процес учења уз континуирану размену информација на релацији ученици-наставник (Watkins & Mazur, 2010). Шематски приказ активности ученика и наставника у овом процесу дат је на слици 2.



СЛИКА 2. Активности ученика и наставника – PI & JiTT приступ (према Watkins & Mazur, 2010)

На часу, након кратке лекције, не дуже од 15 минута, фокус се пребацује са наставника на ученике и отпочиње се низом концептуалних питања. Постављањем концептуалног питања са вишеструким одговорима, наставник ученике увлачи дубље у саму проблематику. Након пар минута ученици дају одговоре на постављено питање, а у зависности од процента тачних одговора наставник одлучује да ли ће покренути дискусију или не (слика 3). У случају да је на тесту било мање од 30% тачних одговора, наставник мора да ревидира концепт и боље објасни материју, те да понови тест питање. Ако је на тесту било више од 70% тачних одговора, наставник може да пређе на следеће питање, а ако је проценат тачних одговора између 30-70%, наставник упућује ученике једне на друге да продискутују своје одговоре, притом не говорећи који је одговор тачан. Ученици могу да дискутују са паром до себе или у малим групама, при чему наставник упућује ученике да нађу пара за дискусију који је изабрао различит одговор (Watkins & Mazur, 2010).



СЛИКА 3. Имплементација PI у разреду (према Watkins & Mazur, 2010)



Истраживања су показала да након кратке дискусије између ученика, резултати на поновљеном питању готово увек буду бољи него у првом кругу (Crouch & Mazur, 2001). Иако наставник не учествује у дискусији, ученици брзо уче једни од других, а неретко боље разумеју концепт када додатна објашњења добију од вршњака него од наставника. То се не дешава зато што наставник не познаје материју довољно добро, већ зато што је ученицима стечено знање „свеже“ и још увек су свесни потешкоћа које су имали при усвајању одређеног концепта (Mazur, 1997).

Када је у питању настава природних наука, ПИ може значајно допринети ефикасности извођења демонстрација повећавајући ангажовање свих ученика у учионици. Наиме, интерактивне демонстрације имају значајно већи образовни učinak од класичних (Sokoloff & Thornton, 1997, White & Gunstone, 1992). Реализовање демонстрација у облику предвиди-посматрај-објасни активности резултира већим концептуалним разумевањем (Crouch et al., 2004), а ПИ омогућава додатно ангажовање свих ученика кроз међусобне дискусије у различитим фазама овог процеса (Mazur, 1997).

Осим тога, ПИ може обухватити различита питања, од оних која се тичу општих теорија и дефиниција, до питања која захтевају примену концепата у различитим контекстима или оних у којима се од ученика тражи да процене важност различитих претпоставки у научној хипотези. Посебно су значајна концептуална питања у којима су дистрактори одабрани тако да се односе на ученичке алтернативне концепције.

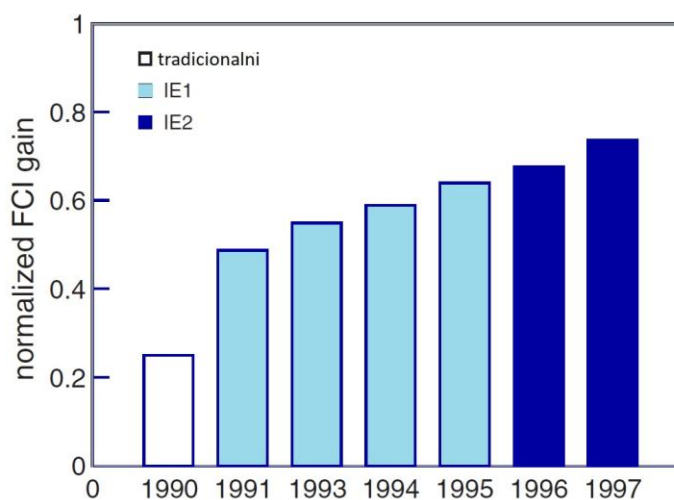
Наставник има веома сложен задатак да одабере она концептуална питања која ће активирати ученичке идеје о одабраном проблему и довести до продуктивне дискусије. Иако постоје бројне базе алтернативних концепција, радови или књиге о алтернативним концепцијама (нпр. Driver et al., 1994), ЈИТТ активности могу бити од велике помоћи при утврђивању ученичких претходних знања у једној конкретној групи ученика какво је одељење у коме наставник предаје. Постављањем ЈИТТ задатака пре часа, наставници добијају важне повратне информације о знању њихових ученика и разумевању материјала, што им омогућава да припреме час на коме ће се заиста одвијати учење. На овај начин време на часу се користи рационално и смислено уместо изношења низа информација од стране наставника, што је данас препознато у различитим варијантама приступа који се често назива *flipped classroom* – изокренута учионица (Bergmann & Sams, 2012).

ЈИТТ задаци постављени пре часа, не би требало да се односе само на памћење кључних појмова и дефиниција, већ да подстакну изградњу научних концепата. Осим тога, од ученика се додатно тражи да укажу на своје недоумице што промовише рефлексивно размишљање код ученика и пружа наставницима формативне повратне информације о процесима размишљања ученика.

Сама PI структура пружа могућности за развијање вештина критичног мишљења и аргумендовања код ученика које се могу користити ван учионице (Gokhale, 1995), при чему ова врста кооперативног учења ствара позитивно окружење заједнице која учи (Hoekstra, 2008), што додатно подстиче интересовање и мотивацију ученика (Cross, 1998).

Осим тога, и PI и ЈиТТ подстичу ученике да преузму одговорност за сопствено учење и доприносе развијању вештина саморегулисаног учења (Watkins & Mazur, 2010).

Треба нагласити да је природа обе наставне стратегије (PI и ЈиТТ) флексибилна, те да их наставници могу прилагодити свом стилу и циљевима учења у датом тренутку уз комбиновање са другим методама као што су примена туторијала (McDermott & Schaffer, 2002), решавање проблема у малим групама (Heller, Keith, & Anderson, 1992), већ поменуте интерактивне демонстрације или предавања (Watkins & Mazur, 2010).



**СЛИКА 4.** Нормализовани напредак (normalized gain) на FCI тесту на традиционалном и интерактивним уводним курсевима физике на Универзитету Харвард - IE1 (PI) и IE2 (ЈиТТ, PI и друге интерактивне технике) (према Crouch & Mazur, 2001)

Вишегодишња истраживања Мазура и сарадника (Crouch & Mazur, 2001) потврдила су налазе већ поменуте студије која је обухватила преко 6000 испитаника (Hake, 1998) у којој се истиче да настава заснована на активностима ученика кроз дискусију са вршњацима и/или наставником уз континуирано давање повратних информација о напредовању доводи до значајнијег концептуалног разумевања у односу на традиционални приступ (слика 4). Подаци са уводних курсева физике на Универзитету Харвард потврдили су овај налаз за примену PI наставне стратегије (1991-1995), као и за примену PI, ЈиТТ и других интерактивних техника, као што су туторијали (1996,1997) у односу на традиционална предавања (1990). Истраживања се односе на концептуално разумевање силе, проверавано

помоћу FCI теста на почетку и на крају курса. Напредовање је изражавано као нормализовани напредак (normalized gain) који представља однос оствареног и могућег напретка на пост-тесту у односу на пре-тест:  $G = (\text{post} - \text{pre}) : (100\% - \text{pre})$  (Hake, 1998).

На крају треба напоменути да је код примене PI и JiTT наставних стратегија важно обезбедити довољно добре начине реализације уводног тестирања и примене концептуалних питања на самом часу. У ту сврху могуће је користити много техника, од најједноставније усмене провере, преко коришћења картица са обележеним словима (флеш-картице), преко класичних респондера (бежични уређаји Clickers) све до различитих онлајн и офлајн апликација (Kahoo, Socrative, Plickers, HotPotatoes) као и комплексних система за управљање учењем (LMS-Learning Management System) као што је Moodle или Blackboard. Осим тога, на Универзитету Харвард развијен је систем Interactive Learning Toolkit (<http://www.deas.harvard.edu/ilt>) који касније прераста у Learning Catalytics - врло софистициран систем за управљање учењем који подстиче ангажовање ученика и колаборативно учење (<https://learningcatalytics.com>).

Иако технологија није нужна за успешну имплементацију PI и JiTT наставних стратегија (Lasry, 2008), она може у великој мери олакшати добијање правовремених повратних информација које усмеравају ученичке активности и наставничке интервенције током часа, као и њихову припрему за час, али и анализу остварених резултата учења (Watkins & Mazur, 2010).

Најновија истраживања Мазура и сарадника усмерена су на разматрање ученичког ангажовања у онлајн дискусијама задатака у flipped classroom окружењу (Miller et al., 2016), као и на испитивање утицаја примене PI наставне стратегије на ученичке ставове и уверења о науци (Zhang, Ding & Mazur, 2017).

Иако су у овом раду на више места представљени налази који указују на предности интерактивног приступа настави у односу на традиционална предавања, поглавље о примени конструктивистичких становишта у настави може се завршити изношењем података о мета-анализи 225 студија које су поредиле резултате испита или проценат пролазности на испитима у STEM области (Science, Technology, Engineering and Mathematics) на основним студијама након традиционалних предавања односно активног учења (Freeman et al., 2014).

Анализирано је 158 студија које су дале нумеричке резултате и 67 које се односе на пролазност на испитима, а реализоване су у периоду од јуна 1998. године до првог јануара 2010. Студије су морале да испуне неколико критеријума:

- Поређен је традиционални приступ и активно учење, али да разлика у трајању часова између ова два приступа није већа од 30 минута недељно;
- Односе се на редовне основне студије у STEM области (природне науке, техника, инжењерство и математика);
- Односе се на редовне часове;
- Обухватају курсеве из биологије, хемије, физике, компјутерских и инжењерских наука, геологије, математике и статистике;
- Садрже податке о неком аспекту студентских академских достигнућа.

Показало се да су, у просеку, резултати студената на испитима и концептуалним тестовима бољи услед изложености активној настави за 0.47 стандардних девијација. Шанса за падање на испиту била је 1.5 пута већа за студенте који су били на традиционалној настави у односу на оне који су били изложени активној настави.

Анализе хетерогености показале су да резултати важе у свим STEM областима, као и да се резултати на концептуалним тестовима поправљају више него резултати на испитима и да је активно учење ефикасније код студијских група свих величина, мада најбоље резултате даје у малим групама, са мање од 50 студената.

Интересантно је уочити да је величина ефекта активне наставе у односу на традиционалну најизраженија на курсевима физике који су анализирани у 31 студији у односу на све друге области (биологија, хемија, компјутерске науке, инжењеринг, геологија, математика и статистика).

### **2.7.3. Саморегулисано учење**

Конструктивистички поглед на природу учења у наставном процесу снажно подстиче „власништво над учењем“, односно сопствену одговорност ученика за напредовање, као и важност развијања вештина саморегулисаног учења (Мушановић, 1998; Vulfolk, Нјуз & Волкар, 2014). Данас се самосталност и саморегулација сматрају кључним претпоставкама за целоживотно учење на коме се заснивају идеје о друштву које учи и о друштву које је засновано на знању (Оквир националног курикулума – основе наставе и учења/нацрт, 2015).

Конкретне упамћене чињенице и процедуре из многих области професионалних и личних активности појединца убрзано застаревају због све бржег темпа научног и технолошког развоја. Због тога је од критичне важности да се образовни системи реорганизују тако да обезбеде дугорочне користи ученицима тиме што ће их научити дубљим, основним концептима, уместо плитких коначних исхода тих концепата, тако што ће подстицати

креативност, критичко мишљење и способност изражавања (OECD/CERI, 2008). У суштини, ученици треба да науче основне принципе научног резоновања, тако да могу да наставе са учењем самостално, или у сарадњи са другима, током целог трајања њихових активних живота, дуго пошто су завршили своје формално образовање. Саморегулисано учење се, са својим израженим фокусом на ученички оријентисано рефлексивно размишљање и учинак у решавању проблема, сматра једном од најважнијих вештина за учење током целог живота (Ifenthaler, 2012). Последњих деценија саморегулисано учење се посматра као важан нови конструкт у образовању (Boekaerts, 1999; Low & Jin, 2012; Zimmerman & Schunk, 2013).

Што се тиче метакогнитивних аспеката учења, саморегулишући ученици планирају, постављају циљеве, организују, самостално прате и процењују постигнуте резултате у различитим тренуцима током процеса учења. Они су такође врло мотивисани, показују висок степен самоуверености, преузимања одговорности и усађено интересовање за задатаке које треба обавити. Поред тога, они знају и прихватају да су резултати учења бољи уз више напора и упорности и у оквиру одговарајућег окружења за учење (Zimmerman, 1990). Успех саморегулисаног учења зависи од способности ученика да активирају и на најбољи начин користе метакогнитивне, мотивационе и бихејвиоралистичке ресурсе и стратегије.

Према Цимерману процес саморегулисаног учења чине три фазе (Zimmerman, 2002):

- Фаза промишљања или планирања;
- Фаза реализације и
- Фазе саморефлексије.

У фази планирања ученици активирају сво неопходно знање и вештине да би разумели задати проблем и праве план решавања.

У фази реализације они прате свој напредак, да ли су се појавили неки неочекивани или нејасни детаљи и верификују исправност делимичних и коначних решења.

Фаза рефлексије је најважнија фаза саморегулисаног учења. Током ње, ученици треба да погледају уназад и критички процене њихов целокупни учинак да би утврдили шта је научено а шта није. У потоњем случају, они покушавају да утврде могуће узроке неуспешног учења. Да би им се помогло у рефлексији, ученицима треба дати адекватне и благовремене повратне информације у сваком делу секвенце учења.

Још један модел саморегулисаног учења развили су Вине и Хадвинова (Winne & Hadwin, 1998 према Vulfolk, Hјuz & Volkap, 2014).

Овај модел (слика 5) се заснива на становишту да су ученици агенсни. Агенсност представља капацитет за усклађивање вештина учења, мотивације и емоција како би се постигли циљеви. Агенсни ученици контролишу многе факторе који утичу на то како они уче. Ученици које се саморегулишу при учењу вежбају агенсност када се укључују у циклус од четири основне фазе:

- Анализирање задатка;
- Постављање циљева и осмишљавање планова;
- Ангажовање у учењу и
- Прилагођавање свог приступа учењу (Vulfolk, Hјuz & Volkar, 2014).



СЛИКА 5. Циклус саморегулисаног учења (према Vulfolk, Hјuz & Volkar, 2014)

И модел Винеа и Хадвинове и други модели, као што је Цицерманов циклус саморегулисаног учења, наглашавају цикличну природу саморегулисаног учења: свака фаза увире у следећу, а циклус се наставља како ученици наилазе на нове изазове у учењу. Оба модела почињу информисањем о задатку тако да се могу поставити добри циљеви. Имати репертоар стратегија и тактика учења такође је неопходно у оба модела, а праћење сопственог напретка, уз модификовање планова, ако је потребно, кључно је за оба модела. Посебно треба обратити пажњу да начин на који ученици размишљају о задатку и својој способности да га реше, односно њихов осећај ефикасности у саморегулацији представља веома значајан фактор (Vulfolk, Hјuz & Volkar, 2014).

Када говоримо о саморегулисаном учењу не треба заборавити важну улогу наставника. На пример, чак и када активност, као што је вођење обавезног дневника учења, може, у принципу, да промовише саморегулисано учење, то се не дешава без додатне интервенције наставника. Да би ствари биле горе, одсуство интервенције наставника, односно правовремених повратних информација може довести до смањене мотивације ученика (Fabriz et al., 2013).

Повратне информације су важне не само зато што мотивишу ученике већ и зато што помажу ученицима да верификују свој напредак, самообјашњавајући шта су пропустили и ојачавајући добро усвојена знања, односно подстичући саморегулацију.

Истраживања о образовним аспектима повратних информација истичу да је погодније анализирати процес примања у односу на процес тражења повратних информација (Maуer & Alexander, 2011). Међутим, у окружењу које је оптерећено скоро искључиво традиционалним, предавачким приступом настави, неопходно је посветити одређену пажњу овом делу процеса и утврдити да ли ученици поседују макар основне вештине тражења повратних информација и способност да их користе. Било би корисно када би ученици могли да поставе питања као што су „Шта сам урадио добро (или лоше)?“, „Које друге стратегије решавања проблема могу да користим?“ или „Како боље могу да пратим свој напредак?“, не само да би дошли до додатних информација, већ и да би комплетан процес учења учинили транспарентнијим, како на личном нивоу, тако и за наставника (Radovanović & Sliško, 2014a).

Ове информације помажу не само ученику, већ и наставнику да постави јасне и одговарајуће циљеве учења. Одговоре на ова питања ученик може добити и од других ученика, имајући у виду да се њихова перцепција заједничких саморегулисаних искустава може разликовати (Jones, Alexander & Estell, 2010). Повратне информације од других ученика имају додатну корист да подстичу атмосферу сарадње у учионици и помажу ученицима да прихвате рад и напредак групе као свој. На индивидуалном нивоу, повратне информације од других ученика дају могућност да се саморегулација унапреди тако што

ће ученици бити изложени супротстављеним мишљењима и подстицањем рефлексивних и самоанализирајућих питања.

Показало се да другачији, нетрадиционални приступ домаћим задацима из физике може бити бољи начин за постепено увођење саморегулисаног учења у наставну праксу, као и за подстицање одговорности ученика за сопствено напредовање у односу на уобичајено задавање низа питања и рачунских задатака који траже примену научених чињеница и устаљених шаблона (Radovanović & Sliško, 2014a; Radovanović & Sliško, 2014b).

### **Улога домаћих задатака**

Једним од истраживања, реализованих у оквиру TIMSS програма (TIMSS-FT 2007), прикупљени су, између осталог, подаци о контекстуалним варијаблама које одређују ниво и квалитет ученичког постигнућа у нашој земљи. Анализа добијених података указала је на недовољно подстицање ученика на самосталност у школском раду, као и да наставници природних наука најчешће примењују традиционална предавања, док знатно ређе посвећују време научноистраживачким активностима у настави. Што се домаћих задатака тиче, иако наставници природних наука сматрају да они доприносе дубљем разумевању наставних садржаја, знатно их ређе задају у односу на наставнике математике (Ђерић, Луковић & Студен, 2007). Додатни проблем представља то што се као домаћи задаци најчешће постављају питања или нумерички проблеми који захтевају једноставну репродукцију дефиниција и примену устаљених шаблона.

Истраживање функције и ефеката домаћих задатка има дугу традицију. Многа истраживања показала су да домаћи задаци могу позитивно утицати на постигнућа ученика, али су избор врсте и начини постављања задатака веома важни (Cooper et al., 2006).

Што се природних наука тиче, показало се да различите врсте истраживачких домаћих задатака могу имати веома важну улогу у побољшању ученичких постигнућа, али да би ове активности заиста довеле до успеха наставници морају (Newby & Winterbottom, 2011):

- Пажљиво одабрати предмет истраживања, тако да он захтева размишљање, а не „сору - paste“ приступ;
- Пружити разне теме и презентацијске формате како би се подстакло што више ученика на рад;
- Пажљиво описати критеријуме за оцењивање како би се осигурало да ученици добро разумеју како ће изгледати успешан домаћи задатак;



- Оставити довољно времена за анализу и дискусију решења домаћег задатка уз могућност да ученици након тога предају ревидирану верзију свог рада и
- Систематично оспособљавати ученике у коришћењу самопроцене и процене рада својих вршњака уз фокусирање на целину, а не само на тражење очигледних пропуста.

Осим тога, већ је истакнуто да научни концепти, који због своје универзалности морају бити апстрактни, могу изгледати као да су потпуно одвојени од свакодневног живота, посебно када деца о њима уче ван контекста у којем би могли бити примењени (Fleer, 2009). Иако је активно „бављење“ науком једини начин да ученици овладају научним концептима, ове методе често захтевају пуно времена за реализацију. Због тога би било добро организовати одређене секвенције учења ван учионице и то као адекватно дизајниране истраживачке домаће задатке који подстичу самостално активно учење физике.

Експерименти које ученици самостално изводе, као и закључци до којих на основу њих долазе, имају у сазнајном смислу много већу вредност него учење чињеница из уџбеника и осталих писаних материјала (Цвјетићанин, Сегединац & Халаши, 2010). Уколико су добро осмишљени и пажљиво планирани, домаћи задаци помажу ученицима да увиде значај онога о чему уче кроз примену знања у решавању проблема из свакодневног живота. Пажљиво креирани истраживачки домаћи задаци подстичу ученика на постављање и тестирање хипотеза, осмишљавање и реализацију експеримената, доношење закључака и анализу добијених резултата, те су као такви добра основа за унапређивање ученичког постигнућа (Милошевић & Луковић, 2006).

Ипак, често је тешко мотивисати ученике да раде домаће задатке, посебно када је реч о адолесцентима, што од наставника захтева стално усавршавање типова и начина задавања домаћег рада (Newby & Winterbottom, 2011).

Показало се да истраживачки домаћи задаци које ученици решавају по сопственом избору могу бити добро решење. Истражујући подстицање активног учења о сили потиска и појавама везаним за њу испитиван је утицај претходних знања ученика и начина постављања истраживачког домаћег задатка о феноменима пливања и тоњења (Radovanović & Sliško, 2014b). Ученици су подељени у две групе. У једној групи задатак је био обавезан – уколико ученик не преда задатак то се негативно одражава на оцену. У другој групи ученици су могли одабрати да ли ће решавати постављени истраживачки задатак или не, уз напомену да свако детаљно, јасно представљено решење позитивно утиче на оцену. У свакој групи ученици су даље разврстани у три подгрупе према оценама из физике, на ученике високог, средњег и слабог постигнућа.

Показало се да је квалитет домаћих задатака значајно бољи у групи ученика који су задатак радили по сопственом избору, као и да су најизраженије разлике између две групе ученика код оних са средњим постигнућима из физике (оцене 3 и 4). Осим да слобода избора може подстаћи одговорност ученика према сопственом раду и напредовању, ово истраживање је потврдило да ученици истраживачке домаће задатке доживљавају далеко кориснијим у односу на класичне рачунске задатке, као и да далеко више уживају у њиховој изради (Radovanović & Sliško, 2014b).

Осим тога, имајући у виду раније поменуте слабе тачке традиционалног приступа настави, осмишљена је секвенција учења физике која обухвата израду задатака на више нивоа: код куће и у школи, кроз индивидуалне и активности у групи, као и уз размену информација са вршњацима и наставником (Radovanović & Sliško, 2014a). Основни циљ ове активности јесте увођење праксе саморегулисаног учења у наставу физике у основним школама уз подстицање самосталности код ученика, развијање вештине презентације и аргументације и побољшавање квалитета интеракције између самих ученика, као и ученика и наставника.

Задатак је организован на неколико нивоа, обезбеђујући ученицима, појединачно и у групи, вишеструке прилике за:

- Активирање ресурса и стратегија неопходних за активно учење (когнитивних, метакогнитивних, мотивационих и бихејвиоралних);
- Практиковање свих фаза саморегулисаног учења (планирање, реализацију и саморефлексију).

Задатак обликован да подстакне активно учење и принципе саморегулације обухвата следеће фазе:

- *Прва фаза „Индивидуални домаћи задатак“*

Као и код традиционалних домаћих задатака, ученици појединачно треба да реше постављени проблем код куће. У новом дизајну, од ученика је додатно затражено да детаљно наведу све недоумице и потешкоће које су имали приликом решавања задатка.

- *Друга фаза „Сарадња у групи на часу“*

У малим групама, на часу, ученици упоређују своја индивидуална решења и дискутују о недоумицама. Један од чланова групе саставља извештај о раду групе на часу и бележи питања за наставника која су остала неразјашњена и након дискусије у групи.

- *Трећа фаза „Кориговани домаћи задатак“*

На основу дискусије у групи и повратне информације од наставника на исказане недоумице након заједничког рада, ученици појединачно, код куће раде на финалној,

коригованој верзији задатка. Ова верзија треба да садржи детаљан опис начињених грешака у индивидуалној фази и начина на који су оне превазиђене.

Иницијална имплементација и евалуација описаног модела показала је значајан напредак ученика у савладавању одабране материје: Финалне, кориговане верзије домаћег задатка значајно су квалитетније од иницијалних, индивидуалних верзија код свих ученика. При томе, квалитет финалне верзије, не зависи толико од иницијалне, колико од квалитета дискусије и заједничког рада у групи (Radovanović & Sliško, 2014a).

#### **2.7.4. Наставне стратегије усмерене на активну конструкцију знања о пливању и тоњењу тела**

На крају дела о обликовању наставе усмерене на учење биће детаљније описано неколико наставних стратегија које снажно подржавају конструктивистички поглед на учење, а које су развијене са циљем да ученици активно стичу знања о сили потиска и појавама везаним за њу, у првом реду о феноменима пливања и тоњења тела (Gang, 1995; Hardy et al. 2006; Yin, Tomita & Shavelson, 2008; Yin, Tomita & Shavelson, 2013).

Јин и сарадници (2008) истичу да је за остваривање концептуалне промене код ученика неопходно да наставници:

- Идентификују ученичке алтернативне концепције;
- Подстакну ученике да схвате ограничења својих алтернативних концепција и
- Омогуће ученицима да препознају универзалност научних концепата.

На основу истраживачке литературе и студије која је обухватила преко хиљаду ученика старијих разреда основне школе Јин је са сарадницима издвојила десет најчешћих алтернативних концепција о пливању и тоњењу које се јављају код ученика (табела 6). Ови резултати подстакли су дизајнирање дијагностичког теста који обухвата десет питања у којима се од ученика тражи да предвиде да ли ће тело потонути или испливати када се нађе у течности. Аутори препоручују да се дијагностички тест користи пре започињања учења о сили потиска и појавама везаним за њу како би наставници стекли увид о ученичким претходним знањима.

Када је у питању креирање наставних ситуација које ученицима могу обезбедити да уоче ограничења својих алтернативних концепција и универзалност научних концепата, Јин и сарадници (2008) наводе два директна приступа:

- Попуњавање табеле за и против и
- Предвиди-посматрај-објасни активности.

**ТАБЕЛА 6. Алтернативне концепције о пливању и тоњењу тела (према Tomita, 2008 и Yin, Tomita & Shavelson, 2008)**

<b>Алтернативна концепција</b>	<b>Опис</b>
1. Маса/величина	Велике и тешке ствари тону, а мале и лаке пливају.
2. Ваздух	Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају.
3. Шупљине	Шупље ствари тону.
4. Облик	Пљоснати предмети пливају.
5. Ивице	Оштра ивица предмета чини да он потоне.
6. Оријентација	Предмет у вертикалном положају тоне, а у хоризонталном плива.
7. Текстура	Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају.
8. Допуњавање материјалом који плива	Допуњавање материјалом који плива помаже тешким стварима да пливају.
9. Количина течности	Велика количина течности чини да ствари пливају.
10. Лепљивост течност	Лепљива течност чини да ствари пливају.

Да би омогућили ученицима да схвате ограничења својих алтернативних концепција, Лин и сарадници предлажу да ученици најпре дискутују о њима и попуне радни лист у којем треба да наведу доказе у прилог и против уобичајених погрешних схватања. Радни лист садржи кратак опис десет алтернативних концепција и две колоне у које треба написати доказе за и против.

Тек када увиде да сва погрешна схватања имају противдоказе, ученици могу разумети да те концепције нису универзална научна правила. Насупрот њима, за научно важеће концепције, као што је густина, нема противдоказа, и могу се користити као универзална правила која објашњавају зашто тела пливају или тону.

Радни лист се може попунити и о њему дискутовати најпре у мањим групама, а потом на нивоу читавог одељења, тако да ученици остваре богат и широк спектар доказа и противдоказа за разматрање. Један школски час обично је потребан за попуњавање и дискусију о радном листу.

Поред тога, када ученици не могу да дођу до противдоказа за своје алтернативне концепције, потребно је организовати предвиди-посматрај-објасни активности. Од ученика се тражи да: (а) предвиде шта ће се догодити током експеримента; (б) посматрају шта се заправо дешава и (в) на крају објасне шта се заиста догодило и зашто. Због укорењених алтернативних концепција, предвиђања ученика често су у супротности са оним што ће бити опажено, али управо таква ситуација доводи до могућности за остваривање концептуалне промене.

Лин и сарадници (2008) наводе неколико примера предвиди-посматрај-објасни активности у којима се може користити комад глине:

- Ученици често верују да тешке ствари тону, а да лаке ствари пливају. Наставник покаже две глинене кугле, једну велику а другу малу. Од ученика се тражи да предвиде шта ће се догодити када се те две кугле ставе у воду. Ученици који имају алтернативну концепцију „Тешке ствари тону“ предвиђају да ће велика потонути, али да ће мала испливати. Наставник онда покаже да обе кугле тону. После посматрања, од ученика се тражи да објасне зашто обе кугле тону. Када ученици дискутују о објашњењима, потребно их је навести да размотре разлике и сличности између две кугле - Запремина? Маса? Густина? Ученици онда уочавају да густина, а не само запремина или маса, одређује да ли ће предмет потонути или испливати.
- Слично томе, предвиди-посматрај-објасни активност може се реализовати да би ученици пронашли противдоказ за алтернативну концепцију „Пљоснати предмети пливају“. Ученицима треба показати глинену коцку која тоне у води. Затим се коцка преобликује у раван лист, а од ученика се затражи да предвиде шта ће се десити ако се глинене лист стави у воду. Када виде да и пљоснати глинене лист тоне у води, ученици схватају да чињеница да је тело пљоснато или није не одређује да ли оно плива или тоне.

Сврха предвиди-посматрај-објасни активности је да се ученицима обезбеде чулна искуства на која се могу ослонити када усвајају научне концепте. Ове активности се реализују као демонстрације које посматра читаво одељење и о њима дискутује. Предвиђено је да се ове активности и дискусија такође реализују током једног школског часа.

Практично, ове две стратегије се спроводе у фазама које подстичу и дају основу ученицима да идентификују своје алтернативне концепције и самостално их анализирају. У почетку се од ученика тражи да забележе своје идеје. Онда ученици размењују идеје у мањим групама, а потом групе размењују идеје у разреду. Ученицима се онда покаже демонстрација, или им се пруже други докази који се супротстављају уобичајеним

погрешним схватањима. На крају се од ученика тражи да поново процене своја схватања, у светлу нових доказа (Yin, Tomita & Shavelson, 2008).

Исти аутори наставили су истраживања о концептуалним променама везаним за феномене пливања и тоњења тела, али са нагласком на значај формативног процењивања приликом дизајнирања активности у настави (Tomita, 2008; Yin, Tomita & Shavelson, 2013).

Формативна процена представља скуп активности наставника и/или ученика које дају повратне информације корисне за модификовање текућих активности у процесу наставе/учења (Black & Wiliam, 1998). То укључује, поред традиционалних писаних провера, и друге активности као што су разговор, дискусија на нивоу групе, практичне активности, самооцењивање, процењивање са другим ученицима и домаће задатке (Harlen, 2013).

Формативно процењивање уобичајено обухвата четири фазе: утврђивање очекиваног нивоа знања, прикупљање информација о стварном нивоу, одређивање разлике између очекиваног и стварног нивоа, и, на крају, предузимање акције да се та разлика смањи или уклони. Формативне процене помажу ученицима да размишљају експлицитније о својим постојећим концепцијама, уводе јасно дефинисан очекивани циљ учења и подстичу ученике да смање разлику између тренутних и очекиваних концепција. Могу бити импровизоване, унапред планиране или формално дефинисане и уграђене у курикулум са циљем да се добије информација да ли су ученици достигли планирани ниво пре преласка на следеће теме (Tomita, 2008; Yin, Tomita & Shavelson, 2013).

У свом раду Јин и сарадници (2013) анализирали су ефекат формативног процењивања уграђеног у курикулум на концептуалне промене и постигнуће ученика у области пливања и тоњења тела.

Истраживање је обухватило 56 ученика шестог разреда који су случајним избором додељени експерименталној или контролној групи. Обе групе су училе о пливању и тоњењу кроз исте активности, засноване на IBSE приступу (Foundational Approaches in Science Teaching curriculum – Pottenger, 1992) под вођством једног наставника, који је уједно и један од аутора ове студије. Додатно, експериментална група је добила три скупа задатака намењених формативном процењивању уз квалитативне повратне информације о томе како да унапреде своје разумевање, у складу са очекиваним напретком у учењу. За то време, ученици у контролној групи су се додатно бавили активностима које су већ биле заступљене у претходној секвенцији учења.

Настава је била организована током 12 недеља, при чему су часови одржавани готово свакодневно, а свака седмица била је посвећена истраживачким активностима у оквиру

једне лекције (теме), при чему су постојале 4 секвенције. Прва обухвата лекције 1, 2, 3 и 4, друга 5, 6 и 7, трећа 8, 9 и 10 и последња 11 и 12.

У првој секвенцији ученици се суочавају са проблемима који се односе на пливање тела у течности, а затим истражују сет примера пливања којим успостављају однос између масе и дубине потапања (већа масе/дубље тоне). У другом делу ученици проверавају универзалност хипотезе већа маса/дубље тоне увођењем величине, површине и запремине као варијабли. Ученици долазе до сазнања да се и маса и запремина морају узети у обзир приликом одређивања дубине тоњења. У трећем делу, уводи се концепт густине, а у четвртном се разматра однос густине тела и течности. Ученици одређују густине плутајућих и потопљених предмета и различитих течности. Откривају да је пливање/тоњење тела последица односа између густина тела и течности .

Кроз све теме ученици вежбају руковање лабораторијском опремом, користе мерне инструменте, цртају и интерпретирају графике, уз стално развијање вештина истраживачког рада и међусобне сарадње (Pottenger, 1992).

Студија је трајала три месеца. Реализовани су уводни и завршни тест за обе групе, као и три теста током рада да би се пратио напредак. Настава је спроведена на исти начин, али је експериментална група добила три скупа формативних процена и одговарајуће повратне информације.

Ова три скупа формативних процена реализована су након лекција 4, 7 и 10 које су представљале кључне, критичне тачке (4 - маса или запремина, 7 - маса и запремина, 10 - густина тела), док је релативна густина проверавана на завршном тесту. У формативним проценама коришћене су предвиди-посматрај-објасни активности са циљем да се утврди да ли ученици и даље имају алтернативне концепције, као и да се ученици усмере на коришћење научног ради превазилажења критичне тачке. Пре преласка на нову секвенцију, ученицима су постављана питања у којима су требали да предвиде понашање тела (пливање или тоњење) у новом контексту коришћењем напредног концепта. На пример, на крају секвенције о маси (након лекције 4), очекивало се да ученици разматрају и запремину као фактор, односно да после лекције 7 (маса и запремина) узму у обзир и густину, итд.

Формативне процене су подразумевале да ученици прво забележе своје одговоре, затим да их продискутују у малим групама, да би на крају група поделила своје одговоре са целим одељењем ради дискусије. Самопроцењивање, процењивање од вршњака и наставника било је комбиновано током овог процеса.

Гледано у целини, експериментална група је остварила већи степен концептуалних промена од контролне. Експериментална група је имала и боље резултате на тесту општих постигнућа, тако да се може рећи да ова студија поткрепљује став да је уграђивање формативних процена у планиране секвенце организоване око очекиваног напретка у учењу користан начин да се промовишу концептуалне промене у настави природних наука (Yin, Tomita & Shavelson, 2013).

Анализирајући нивое научних концепција у фазама након лекција 4, 7 и 10 и на завршном тесту, уочено је да експериментална група има боље резултате, али да су значајно виши у односу на контролну само у фази 10. Обе групе су, временом, развиле научне концепције, али је број ученика који је то учинио већи у експерименталној групи него у контролној, посебно у фази 10. Број алтернативних концепција у експерименталној групи био је мањи у свим фазама и на завршном тесту у односу на контролну групу.

Аутори издвајају три основне разлике ове студије у односу на традиционалне методе изазивања когнитивног конфликта. Прво, коришћена је еволуирајућа серија когнитивних конфликта насталих током формативних процена уместо једног конфликта. Друго, формативне процене су усклађене са очекиваним напретком у учењу. Треће, уместо директног конфронтирања са ученичким алтернативним концепцијама, ученици су наведени да сами открију слабости алтернативних концепција кроз дискусију и истраживања.

Аутори такође наглашавају да се у случају овако организованог учења постављају питања да ли ученици морају да овладају делимичним разумевањима пре доласка до коначног циља и да ли могу да прате неку другу путању напредовања да би дошли до истог циља. Неки ученици су успели да достигну напредно разумевање пратећи план и уз помоћ наставника, док су се други зауставили на делимичном разумевању, које је остало такво и пошто је завршено планирано учење. У неким курикулумима, пливање и тоњење се објашњава односима сила (потиска и гравитационе) а не густином. Пут којим би се дошло до научног разумевања на тај начин могао би бити бољи за неке ученике (Yin, Tomita & Shavelson, 2013).

Иако сами аутори то не наглашавају, мора се запазити да је ова студија један од примера уважавања конструктивистичког становишта о програмским садржајима познатог под називом „дубина на рачун ширине“ (Нешић, 2015), али је велико питање у којој мери би једна студија овог обима могла бити организована на узорку ученика у нашим школама. Свеједно, њене импликације о важности формативног процењивања су од великог значаја за обликовање наставе која за циљ има концептуалну промену.



Осим поменутих радова Јин и сарадника, важне смернице за обликовање наставе која доводи до активне конструкције знања о појавама пливања и тоњења тела могу имати и студије које су реализовали Харди и сарадници (2006), а посебно Ганг (1995).

Харди и сарадници (2006) користили су дизајн са поновљеним мерењима (уводни тест, завршни тест и накнадни тест после годину дана) да би упоредили два наставна приступа теми пливања и тоњења у оквиру конструктивистичких окружења за учење, али са различитим, нижим и вишим, степеном подршке од стране наставника.

У истраживању је учествовао 161 ученик трећег разреда основне школе. Оба окружења била су заснована на конструктивистичким принципима, са великим уделом активног експериментисања од стране ученика, приликама да сами открију односе између физичких величина и научних принципа независним групним радом уз дискутују хипотеза и открића са целим одељењем.

Варијација наставне подршке била је заснована на прилагођавању секвенце тако да блиско прати очекивани ток концептуалног развоја ученика. На пример, у обе групе било је постављено питање „Зашто велики челични брод плива на води?“, али је само у групи са већом наставном подршком анализа тог питања раздвојена на више малих јединица. Експериментисање са различитим аспектима пливања и тоњења постојало је у обе групе, али је у групи са већом подршком унапред структурирано тако да представља секвенцу која се креће од основних концепата, као што је врста материјала, ка комплекснијим, као што је поређење густина или однос између силе потиска и гравитационе силе.

Што се тиче подршке процесу рефлексije код ученика, дискусије су у групи са већом подршком биле много више структуриране од стране наставника који их је когнитивно активирао коментарима везаним за супротстављене ставове и хипотезе ученика. У групи са мањом подршком, ученици су сами реаговали на коментаре других, а наставник је био у улози организатора.

Материјали коришћени током наставе (стиропор, дрво, метал, восак, глина, итд.) нису се разликовали међу групама. Коришћени су свакодневни објекти, али и посебно дизајнирана тела, као што су коцке исте запремине, али од различитог материјала, тела исте масе, али различите запремине, као и пуна и шупља тела исте масе и од истог материјала. Та тела су дизајнирана тако да суоче ученике са уобичајеним алтернативним концепцијама. Група са мањом подршком имала је приступ материјалима и местима за извођење експеримената током целог периода наставе, док је у групи са већом подршком приступ био одређен конкретном темом која је обрађивана на часу. На овај начин је комплексно почетно питање раздвојено на мања истраживачка питања.

На завршном тесту, обе групе су показале значајан напредак у разумевању концепата густине и потиска у односу на контролну групу (без подршке). Годину дана касније, група која је имала интензивнију наставну подршку била је боља у погледу смањења присуства алтернативних концепција и усвојености научних концепата. Резултати су показали да су, дугорочно гледано, ученици из групе са већом подршком боље задржали знање. Група са мањом подршком је показала значајан пад на тесту после годину дана и поново су се појавиле алтернативне концепције. Супериорност групе са већом подршком видела се и на тесту трансфера знања где су успешније применили научне концепте на нове ситуације (Hardy et al. 2006).

Иако нешто старијег датума, истраживање које је реализовао Ганг (1995) даје важне и данас веома актуелне смернице за обликовање наставе о сили потиска и појавама везаним за њу. Ово истраживање може бити основа за планирање наставе физике која се ослања на конструктивистичко схватање школског учења у многим сегментима.

У раду је веома детаљно описана примена циклуса учења (Karplus, 1967) на наставу о сили потиска и појавама везаним за њу у седмом разреду основне школе уз нагласак на превазилажење ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела.

Аутор истиче да су са мало навођења, али углавном уз висок степен самосталности, ученици (Gang, 1995):

- Изнели почетне проблеме (питања и ставове о сили потиска и појавама везаним за њу) и припремили и извели експерименте да би проверили постављене хипотезе током *фазе истраживања*;
- Извели закључке из експерименталних резултата и усвојили изразе везане за битне концепте током *фазе стварања концепта* и
- Протумачили закључке, извели општије принципе из тих тумачења и верификовали изведене принципе даљим експериментима током *фазе проширења идеје*.

Имајући у виду да је централна тема био Архимедов закон, у фази истраживања најпре је реализована припремна обука – како одредити бројну вредност силе потиска. Подстицајним питањима наставник (аутор овог рада) навео је ученике да нађу начин за одређивање бројне вредности силе потиска која делује на потпуно или делимично потопљено тело (камен), као и на тело мање густине које плива на води (комад дрвета).

Следећи корак у фази истраживања јесте предлагање и формулисање проблема које треба испитати. Имајући у виду дубоку укореењеност система алтернативних концепција, аутор истиче да је неопходно да наставник умешно води дискусију у којој ће бити формулисани и одабрани истраживачки задаци.

Да би ослободио сваког ученика могућих психолошких препрека и обезбедио услове да сваки ученик поставља питања слободно, да дискутује и расправља о различитим ставовима наставник је ученике поделио у мање групе, на добровољној бази. Наставник је поставио низ подстицајних питања која су изазвала живу дискусију. На пример:

- Да ли сила потиска коју трпи потопљено тело зависи од његове величине?
- Да ли сила потиска којом течност делује зависи од врсте течности?
- Да ли сила потиска коју трпи потопљено тело зависи од његовог облика? На пример, да ли потопљена камена коцка трпи исту силу потиска као квадар од камена исте запремине?
- Када се комади гвожђа и дрвета исте величине потопе у воду, да ли трпе исту силу потиска?
- Претпоставимо да хомогено тело само од себе тоне у води. Замислимо сада да га поделимо на два дела, од којих је један много мањи, и самим тим, много лакши од другог. Да ли ће сада оба дела потонути?

Укупно је десет проблема за истраживање произашло из дискусије. Из ових проблема, и дискусије о њима, било је евидентно да ученици имају систем „здраворазумских“ убеђења о сили потиска и појавама везаним за њу, укључујући „лака тела пливају а тешка тону“, „тела са већом основицом трпе већу силу потиска, а тела са мањом основицом мању“, „што дубље тело потоне, већа је сила потиска која делује на њега“; и „што више воде потопљено тело има испод себе, трпи већу силу потиска“ (Gang, 1995).

Аутор истиче да су ученици учествовали у активностима показујући високу дозу ентузијазма у постављању питања и изражавању свог мишљења. Они су жељно расправљали и бранили своја мишљења и оповргавали супротстављена. Понекад су изражавали немогуће идеје, држали се неразумно квази-чињеница и одбијали су да промене своје мишљење. Са психолошког и наставног становишта, међутим, ове манифестације су позитивне. Оне дају прилику наставнику да даље усавршава и унапређује сопствену педагошку праксу и принципе (Gang, 1995).

Следећа активност односи се на припрему истраживања. Ганг сматра да је кључно дати ученицима да сами припреме истраживачке експерименте. Наставников допринос укључује помоћ у планирању и дизајнирању експеримената, одабиру одговарајућих инструмената и материјала и састављању и организовању апаратуре. Када материјали нису доступни у школи, ученике треба подстаћи да их сами нађу или направе замене.

У овој фази ученици су научили како да мере запремину и густину неправилних тела, како да одаберу прикладне динамометре, како да одреде густину течности и како да

припреме растворе различите густине неколико врста течности, што је неопходно за успешно спровођење експеримента.

Након тога, сваки од ученика је или учествовао или пратио све истраживачке експерименте. Без обзира на то, често је било неопходно да покушају да их ураде поново. Заправо, одлука да се експерименти понове одражавала је ученичке жеље, пошто су сумњали, или једноставно нису веровали у оно што су видели у експериментима. Ово је било посебно тачно за оне експерименте који су били у супротности са њиховим алтернативним концепцијама. Ганг тврди да је апсолутно неопходно ученицима омогућити такве прилике и да је најважнија ствар у формирању научних концепта код ученика да он или она прихвате као чињеницу оно што им је пред очима.

На жалост, традиционални приступ демонстрације узима као здраво за готово да ученик верује да је оно што види „чињеница“. Овај традиционални приступ превиђа да ученик можда неће прихватити као „чињеницу“ оно што први пут види, ако су он или она под утицајем већ постојећих, супротног алтернативних концепција (Gang, 1995).

Након што су проверили своје хипотезе о сили потиска и појавама везаним за њу кроз истраживачке експерименте, ученици су наставили дискусију о својим закључцима. Ово је фаза увођења научних концепата у којој су вођећи наставниковим питањима ученици самостално формулисали Архимедов закон.

У фази проширивања идеја кроз дискусију на нивоу одељења додатно су објашњавани резултати експеримента. Разматрано је више проблема: Узрок деловања силе потиска; Однос густина тела и течности као услов за пливање и тоњење тела; Да ли на тело које је на дну мора делује сила потиска; Зашто човек плута на води када је у лежећем положају, али тоне када је усправан итд.

На крају ове фазе циклуса учења, пошто су ученици сами завршили са решавањем својих питања, затражено је да продискутују о томе како би могли употребити знања о сили потиска, Архимедовом закону и појавама пливања и тоњења. Понудили су три примене које се односе на израчунавње густине хомогеног тела и густине течности, подизање тела из течности, на пример потопљеног брода или потапање тела у течност (подморница). Иако нису предложили ништа ново на општем плану, били су врло задовољни својим сугестијама и сматрали су их оригиналним (Gang, 1995).

Пар недеља након завршетка описаних активности, реализован је тест чија се питања односе на алтернативне концепције о сили потиска и појавама везаним за њу.

Просечне оцене на тесту биле су високе, 92 поена од 100. Педесет осам од шездесет пет ученика добило је одличну оцену, а недовољних оцена није било (Gang, 1995).

Ако се осврнемо на претходно описане студије и могућности имплементације разматраних приступа настави о сили потиска и појавама везаним за њу на часовима физике у нашим основним школама, јасно је да се лако могу уочити извесна ограничења. У првом реду то је чињеница да се, у складу са актуелним наставним планом и програмом, овој теми не може посветити ни приближно времена колико у неким студијама (Yin, Tomita & Shavelson, 2013) или да је тешко остварити врло високу мотивисаност свих ученика као што је то био случај код испитаника који „похађају школу која је на веома високом академском нивоу“ (Gang, 1995).

Ипак, неоспорно је да су наведене студије и наставне стратегије примењене у њима добар пример конструктивистичког приступа учењу коме се мора тежи уколико је циљ наставе активна конструкција знања о сили потиска и појавама везаним за њу, уз развој широких компетенција ученика. Уважавање реалног контекста нашег образовног система додатни је изазов за обликовање модела наставе усмерене на активно учења о поменутиим феноменима.

### 3. Методологија истраживања

#### 3.1. Проблем и предмет истраживања

Проблем овог истраживања односи се на превазилажење ученичких алтернативних концепција у настави физике. Иако у свету постоје бројне студије које се баве феноменом алтернативних концепција<sup>12</sup>, у нашој средини ова појава није довољно препозната и проблематизована (Антић, 2007). Када је у питању методика наставе физике, у нашој земљи постоји врло мало публикација које се баве овим проблемом.

Осим тога, познато је да се у настави заснованој на традиционалном приступу који доминира у нашем образовном систему не уважавају у довољној мери ученичка претходна знања (Ивић, Пешикан & Антић, 2001), што за последицу има да ученичке алтернативне концепције уобичајено не бивају идентификоване нити се предузимају активности неопходне за концептуалну промену. Са друге стране, пред нашим образовним системом су озбиљне промене и изазови који подразумевају прихватање и постепено усвајање приступа усмереног на учење и активну конструкцију знања уз развој широког спектра компетенција (Стратегија развоја образовања у Србији до 2020. године, Сл. гласник РС, бр. 107/2012).

Када је у питању промена приступа настави од традиционалног ка оном усмереном на учење, истраживања показују да је у нашој средини то још увек питање афинитета и ентузијазма појединих наставника или, евентуално, развијене добре праксе у појединим школама (Бауцал & Павловић Бабић, 2016; Бошњак, 2015; Радуловић, & Митровић, 2011). Ако се образовни систем сагледава у целини, јасно је да постоји снажна потреба за подстицањем примене приступа усмереног на учење и развој компетенција, што подразумева адекватну обуку наставника кроз иницијално образовање и програме стручног усавршавања, али пре свега обликовање одговарајућих наставних модела и њихово тестирање у пракси уз анализу остварених резултата. Другим речима, неопходна су истраживања о иновираним наставним процесу, у првом реду поређења са традиционалним приступом, спроведена у реалним условима наших школа.

Стога је предмет овог истраживања управо поређење ефеката два наставна приступа у превазилажењу ученичких алтернативних концепција: традиционалног, који се карактерише вербалним преношењем знања и пасивном улога ученика, и експерименталног модела, који се заснива на подстицању метода активног учења у одабраној области.

---

<sup>12</sup>За преглед у области природних наука видети нпр. Duit, 2009

Оба модела обухватају различите облике учења који ангажују менталне процесе различите врсте и степена сложености. Под активним методама учења подразумеваћемо оне које захтевају сложеније и више менталне процесе, креативност, повезивање знања, примену знања у непознатим ситуацијама, самосталност, иницијативност, слободу избора и изражавања ученика у односу на оне који захтевају једноставније и ниже менталне процесе, активности репродукције, имитирање модела, примену научених образаца и шаблона рада, а који су карактеристични за традиционални модел наставе (Ивић, Пешикан & Антић, 2001).

Ефекти ова два наставна приступа поређени су на примеру наставе о сили потиска и појавама везаним за њу у седмом разреду основне школе, док се сама концептуална промена односи на разумевање услова за пливање и тоњење тела. Ова концептуална промена одабрана је имајући у виду налазе истраживача који истичу њену комплексност и сврставају је у један од најизазовнијих задатака за наставника у овој области (Chi, 2005; Gang, 1995; Yin, Tomita & Shavelson, 2008).

### ***3.2. Циљеви и задаци истраживања***

Основни циљ овог истраживања јесте проширивање знања о феномену алтернативних концепција у настави физике, са нагласком на алтернативне концепције о пливању и тоњењу тела и поређење ефеката традиционалне наставе и метода активног учења на њихово превазилажење.

Осим тога, циљ рада био је обликовање експерименталног модела наставе о сили потиска и појавама везаним за њу у складу са савременим, конструктивистичким погледом на природу учења у наставном процесу (Антић, 2010; Bransford, Brown & Cocking, 1999; Ивић, Пешикан & Антић, 2001; Милутиновић, 2011; Муџановић, 1998; Пешикан, 2010) уз намеру да се наставницима пружи увид у начине имплементације интерактивних наставних приступа и стратегија које су доказано ефикасније од традиционалног приступа када је у питању конструкција научних појмова, али и квалитет и трајност стечених знања (Freeman et al., 2014; Hake, 1998; Minner, Levy & Century, 2010). То је у првом реду IBSE приступ настави (Harlen, 2013; Levy et al., 2011) који се заснива на циклусу учења (Bybee et al., 2006; Eisenkraft, 2003; Karplus & Butts, 1977; Lawson, 1989), уз специфичне активности које погодују остваривању концептуалних промена, као што су демонстрација физичких појава кроз предвиди-посматрај-објасни активности (White & Gunstone, 1992) или уважавање значаја вршњачке интеракције (Crouch & Mazur, 2001). Такође, једна од одлика експерименталног модела наставе јесте подстицање одговорности ученика за сопствено напредовање, као и принципа саморегулисаног учења (Zimmerman, 2002).

Имајући у виду наведене циљеве, јасно је да су задаци истраживања комплексни, те да се одвијају на више нивоа, односно кроз више фаза истраживања.

Наиме, основни задатак у првој фази истраживања која се може сматрати припремно, односи се на обликовање експерименталног модела наставе усмерене на активно учење о сили потиска и појавама везаним за њу на основу литературе о савременом схватању природе учења и конструктивистичком погледу на наставни процес, као и о алтернативним концепцијама и условима за остваривање концептуалних промена.

Такође, у овој фази задатак је био припрема за реализацију наставе на традиционалан начин. Ове припреме подразумевале су разговор са наставником физике у школама које ће бити обухваћене узорком, као и посету његовим часовима, а све у циљу прикупљања података о одликама његове уобичајене наставне праксе пре почетка главног дела истраживања. Током ове фазе припремљено је неколико инструмената истраживања.

Главни део истраживања односи се на педагошки експеримент са две паралелне групе (Банђур & Поткоњак, 1999) реализован са циљем поређења ефеката традиционалне наставе и експерименталног модела усмереног на активно учење о сили потиска и



појавама везаним за њу на превазилажење ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела. Током главног дела истраживања било је потребно релизовати неколико задатака:

1) Идентификовање степена заступљености различитих алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела код ученика седмог разреда непосредно пре реализације наставе о сили потиска и појавама везаним за њу уз:

- Утврђивање повезаности степена когнитивног развоја ученика са присуством алтернативних концепција;
- Испитивање врсте ученичких искустава из свакодневног живота повезаних са различитим концепцијама о пливању и тоњењу тела.

2) Поређење ефеката традиционалне наставе и примењеног модела активног учења физике на превазилажења ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела на основу резултата добијених на уводном и завршном дијагностичком тесту (пре-тест/пост-тест).

Такође, у оквиру овог истраживачког задатка било је потребно испитати повезаност степена когнитивног развоја ученика са напретком на дијагностичком тесту, као и утицај ширег знања ученика израженог преко општег успеха и оцене из физике на полугодишту.

3) Поређење постигнућа ученика у области примене стечених знања о сили потиска и појавама везаним за њу на неklasичним задацима:

- На крају секвенције учења, кроз критичку анализу решеног рачунског задатка и тумачење снимка неуобичајених физичких појава;
- Три месеца након реализоване секвенције учења, кроз низ концептуалних задатака.

Осим ове три групе истраживачких задатака које се односе на реализовани педагошки експеримент са две паралелене групе, постављен је још један, додатни задатак који се односи на наставу у експерименталној групи.

Наиме, у оквиру имплементације експерименталног модела наставе о сили потиска додатни задатак био је испитивање могућности побољшања ученичких постигнућа током различитих фаза предвиди-посматрај-објасни активности демонстрације силе потиска директним подстицањем вршњачке интеракције, односно применом Peer instruction наставне стратегије. Овом приликом упоређивана су предвиђања и објашњења ученика формирана након дискусије у малим групама са њиховим претходним, индивидуалним одговорима.

### **3.3. Истраживачка питања**

Имајући у виду да је у области методике наставе физике у нашој земљи ово истраживање практично прво којим се феномен алтернативних концепција јасно истиче и детаљно проблематизује, може се сматрати да је овај рад готово експлоративног карактера. За истраживања експлоративног карактера адекватнији научни поступак јесте постављање истраживачких питања, на која желимо да добијемо одговоре, него хипотеза у којима су унапред претпостављене везе између испитиваних феномена (Stepanović, 2007).

У складу са циљем и задацима истраживања може се поставити неколико истраживачких питања:

1) Прва група истраживачких питања односи се на:

- Степен заступљености различитих алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела код ученика седмог разреда непосредно пре реализовања наставе о сили потиска и појавама везаним за њу;
- Повезаност присуства алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела са степеном когнитивног развоја и ученичким свакодневним искуствима о овим феноменима.

Студије реализоване у свету указују на широку заступљеност алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела код ученика различитих узраста (Gang, 1995; Hardy et al. 2006; Yin, Tomita & Shavelson, 2008; Yin, Tomita & Shavelson, 2013). У контексту нашег образовног система, потребно је поставити питање о степену заступљености ових алтернативних концепција код ученика који тек треба да усвоје знања о сили потиска и појавама везаним за њу, али су кроз градиво претходног разреда упознати са концептом густине тела и условима за пливање и тоњење израженим преко односа густина тела и течности.

Осим тога, имајући у виду преоптерећеност наставног плана и програма у нашој земљи, важно је утврдити да ли су неке од алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела описане у поменутиим студијама заступљеније од других на узорку наших ученика. Ови резултати би могли помоћи у планирању адекватних, али уједно и рационалних наставних стратегије чији је циљ концептуална промена.

Полазећи од резултата студија које указују на комплексност разумевања услова за пливање и тоњење тела (Grotzer, 2003; Howe, 2002; Perkins & Grotzer, 2005; Xu & Clarke 2012; Yin, Tomita & Shavelson, 2013), као и на повезаност степена когнитивног развоја ученика са способношћу усвајања научних концепата (Araz & Sungur, 2007; Chandran, Treagust & Tobin, 1987; Ding 2014; Lawson & Weser, 1990; Lawson & Worsnop, 1992;

Tsitsipis, Stamovlasis & Papageorgiou, 2012; Zeitoun 1989), поставља се питање да ли је и у којој мери присуство алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела повезано са степеном когнитивног развоја.

Узимајући у обзир схватање о важности ученичких свакодневних искустава у формирању научних појмова, који је истицао још Виготски (1977), поставља се питање да ли постоји повезаност ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела са њиховим свакодневним искуствима.

2) Имајући у виду да је основни циљ овог истраживања поређење ефеката традиционалне наставе и примењеног модела активног учења о сили потиска и појавама везаним за њу на превазилажења ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела, основно истраживачко питање може се поставити на следећи начин:

Да ли примењени модел активног учења о сили потиска и појавама везаним за њу омогућава ефикасније превазилажење ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела у односу на традиционални приступ настави?

У теоријском оквиру овог истраживања наведене су бројне студије које указују на предности интерактивних приступа настави у односу на традиционалну предавачку наставу (на пример мета-анализа Freeman et al., 2014). За потребе овог истраживања обликован је експериментални модел интерактивне наставе о сили потиска и појавама везаним за њу у складу са савременим, конструктивистичким погледом на природу учења у наставном процесу (Антић, 2010; Ивић, Пешикан & Антић, 2001; Пешикан, 2010), заснован на IBSE приступу настави (Harlen, 2013) у чијој основи је циклус учења (Karplus & Butts, 1977), уз специфичне активности које подстичу остваривање концептуалних промена кроз изазивање когнитивног конфликта (Chinn & Brewster 1993), као што су демонстрација физичких појава кроз предвиди-посматрај-објасни активности (White & Gunstone, 1992) и уважавање значаја вршњачке интеракције (Crouch & Mazur, 2001). Једна од одлика експерименталног модела наставе јесте подстицање одговорности ученика за сопствено напредовање, као и принципа саморегулисаног учења (Zimmerman, 2002).

Обликовани модел наставе усмерене на активно учење о сили потиска и појавама везаним за њу широко је заснован на резултатима теоријских и емпиријских истраживања и обухвата имплементацију поменутих, доказано ефикасних приступа и наставних стратегија, али посматрано у целини, и пре свега у контексту образовног система наше земље, он представља оригиналан покушај да се унапреде постигнућа ученика у превазилажењу алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела, те је неопходно поставити питање да ли је и у којој мери ефикаснији од традиционалног приступа настави. Ово питање је додатно оправдано чињеницом да постоје налази који указују да у

срединама где је доминантно присутна традиционална предавачка настава постоји отпор не само наставника, већ и ученика увођењу интерактивног приступа настави (Slater, 2003).

3) Ефикасност једне наставне стратегије огледа се не само у постизању специфичног циља као што је у овом случају превазилажење ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела, већ и у развијеној способности ученика да се усвојена знања адекватно примене у новим и непознатим ситуацијама, као и у погледу трајности знања.

Имајући у виду налазе о важности блиског и удаљеног трансфера знања (Chena & Klahrb, 2008; Simons, 1999), потребно је поставити истраживачка питања о примени стечених знања о сили потиска и појавама везаним за њу на неklasичним задацима:

- На крају секвенције учења, кроз критичку анализу решеног задатка и тумачење снимка неубичајених физичких појава;
- Три месеца након реализоване секвенције учења, кроз низ концептуалних питања.

Ови задаци нису директно усмерени на откривање присуства алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела, али дају једну ширу и комплетнију слику о врсти и квалитету ученичких знања.

4) Као што је речено, у експерименталној групи примењен је модел интерактивне наставе усмерене на учење о сили потиска и појавама везаним за њу. Једна од основних одлика у којој се овај модел разликује од традиционалног приступа настави јесте уважавање значаја вршњачке интеракције. Имајући у виду да вршњачка интеракција може бити веома важан фактор у остваривању когнитивног конфликта (Mazur, 1997; Петровић, 2013), постављено је додатно истраживачко питање које се односи само на експерименталну групу:

Да ли директно подстицање вршњачке интеракције, односно увођење елемената Peer instruction наставне стратегије може допринети побољшању ученичких постигнућа у појединим фазама предвиди-посматрај-објасни активности демонстрације силе потиска?

### **3.4. Начин, организација и ток истраживања**

Примењено је неколико начина, односно метода истраживања уз коришћење одговарајућих техника.

1) Метода теоријске анализе односи се на проучавање досадашњих сазнања о феномену алтернативних концепција, условима за остваривање концептуалних промена и традиционалном, односно конструктивистичком приступу овом проблему. Разматрана су досадашња теоријска сазнања о комплексности концепата пливања и тоњења тела, као и повезаност степена когнитивног развоја са разумевањем комплексних процеса. Такође, извршена је опсежна анализа разноврсних студија о обликовању наставе усмерене на учење.

2) На основу теоријских и емпиријских налаза бројних студија о савременом погледу на природу учења у наставном процесу и примени конструктивистичких становишта у настави, моделован је експериментални приступ настави усмерен на активну конструкцију знања о сили потиска и појавама везаним за њу.

3) Главни део истраживања реализован је у облику педагошког експеримента са паралелним групама и обухватио је више фаза:

- У првој фази истраживања извршено је тестирање формално-операционалног мишљења као индикатора нивоа когнитивног развоја ученика. За испитивање нивоа развијености формалних операција коришћен је Бондов тест логичких операција (Bond's Logical Operations Test - BLOT) преведен и прилагођен примени у нашој средини (Stepanović, 2004; Stepanović, 2007).

Након тога утврђена је заступљеност различитих алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела. У ту сврху коришћен је модификовани дијагностички тест заснован на истраживању које су обавили Јин и сарадници (Yin, Tomita & Shavelson, 2008).

Тестирање степена когнитивног развоја и уводни дијагностички тест реализовани су током два школска часа, посебно организована у ту сврху, две недеље пре започињања фазе интервенције.

На крају прве фазе извршена је подела узорка на контролну и експерименталну групу тако што су ученици различитих одељења седмог разреда из две школе са територије Ужица на случајан начин сврстани у једну од две групе. Поред тога групе су на самом почетку уједначене по општем успеху и успеху из физике (на полугодишту), док су накнадно тестиране разлике у погледу осталих контролних варијабли (образовни статус родитеља и ниво когнитивног развоја).

- Друга фаза истраживања је фаза интервенције и трајала је три недеље (шест школских часова).

Током ове фазе, у експерименталној групи извршена је имплементација модела наставе усмерене на активну конструкцију знања о сили потиска и појавама везаним за њу. Наставу у експерименталној групи реализовао је истраживач.

У исто време, у контролној групи реализована је настава о сили потиска и појавама везаним за њу на традиционалан начин, уобичајен за наставника који и иначе предаје у школама обухваћеним истраживањем. Реч је о наставнику са двадесетпетогодишњим радним искуством. У циљу представљања основних одлика реализоване традиционалне наставе о сили потиска и појавама везаним за њу у контролној групи, часови су посматрани од стране истраживача уз коришћење Обрасца за посматрање и вредновање школског часа (*Прилог 3-7*).

У завршном делу ове фазе истраживања испитивана су постигнућа ученика обе групе на неklasичним задацима о сили потиска и појавама везаним за њу. Реч је о задацима који захтевају примену научних концепата кроз критичко разматрање решења рачунског задатка и откривање грешке (Radovanović, Sliško & Stepanović Pić, 2014), односно тумачење понашања тела у гасу чија је густина већа од густине ваздуха, а које код ученика у први мах изазива неверицу (Radovanović & Sliško, 2013).

На крају фазе интервенције, на посебно организованом часу, ученици обе групе решавали су поновљени дијагностички тест који је идентичан уводном. Ученици нису знали да ће поново решавати овај тест.

- У трећој фази, три месеца након реализоване секвенције учења о сили потиска и појавама везаним за њу, спроведен је тест којим се испитује могућност примене и трајност стечених знања кроз низ концептуалних задатака о сили потиска и пливању/тоњењу тела. Тест је састављен на основу релевантне литературе (Hardy et al., 2006; Mazur, 1997; Tomita, 2008; Yin, Tomita & Shavelson, 2013).

Треба напоменути да је додатно, током главног дела истраживања, у фази интервенције, у експерименталној групи, спроведено испитивање могућности побољшања постигнућа ученика током различитих фаза предвиди-посматрај-објасни активности демонстрације силе потиска директним подстицањем вршњачке интеракције, односно применом Peer instruction наставне стратегије.

4) У финалној фази истраживања, на основу прикупљених и одговарајућим техникама обрађених података, примењена је компаративна метода – упоређивање ефеката традиционалне наставе и експерименталног модела активног учења на превазилажење ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела, као и на квалитет и

трајност знања о сили потиска и појавама везаним за њу. Осим тога, изведени су закључци из додатног истраживања о могућностима побољшања ученичких постигнућа у појединим фазама предвиди-посматрај-објасни активности демонстрације деловања силе потиска применом Peer instruction наставне стратегије. У том циљу упоређиван је квалитет ученичких одговора пре и након дискусије у малим групама.

### 3.5. Узорак истраживања

Узорак истраживања био је пригодан (Банђур & Поткоњак, 1999). Испитивани су ученици две основне школе са територије Ужица (табела 7). Две школе третиране су као целина када су ученици сврставани у експерименталну и контролну групу, тако да су одељења која су ушла у састав две групе насумично изабрана из заједничког узорка одељења тих школа.

У истраживању је учествовало 153 ученика седмог разреда (78 дечака и 75 девојчица), при чему је контролну групу чинило је 79, а експерименталну 74 ученика.

ТАБЕЛА 7. Број ученика и одељења у контролној и експерименталној групи

Назив школе	Број ученика и број одељења	
	Контролна група	Експериментална група
ОШ „Слободан Секулић“	25 (1)	49 (2)
ОШ „Нада Матић“	54 (2)	25 (1)
Укупно	79 (3)	74 (3)

Као што је поменуто, експериментална и контролна група уједначене су у погледу општег успеха и оцене из физике на полугодишту. Поред тога анализа варијансе показала је да нису нађене статистички значајне разлике између две групе у погледу степена когнитивног развоја ученика мереног ВЛОТ тестом, нити су утврђене разлике у вези образовног статуса родитеља ученика ове две групе.



## **3.6. Инструменти истраживања**

### **3.6.1. Бондов тест логичких операција (BLOT)**

За испитивање нивоа развијености формалних операција коришћен је Бондов тест логичких операција (Bond's Logical Operations Test - BLOT). У питању је оригинални тест, преведен на српски језик (Stapanović, 2004.) Тест је више пута коришћен у нашој средини и показало се да у потпуности одговара изворној енглеској верзији теста (Stapanović, 2004; Stapanović, 2007). Специфичност овог теста је у томе што је директно изведен из Пијажеовог теоријског концепта стадијума формалних операција. Чини га 35 питања са вишеструким избором која у потпуности одговарају карактеристикама овог развојног стадијума и логичко-математичком моделу којим га је Пијаже представио. Још једна важна карактеристика овог теста, због које је и одабран, састоји се у томе да обухвата ране фазе развоја формалних операција што га чини погодним за примену у овом истраживању.

Више о тесту може се видети у раду Иване Степановић из 2007. године, а сам тест дат је као *Прилог 3-1* у одељку 6.4.

### **3.6.2. Модификовани дијагностички тест о пливању и тоњењу тела**

Пре и након реализације наставе о сили потиска и појавама везаним за њу примењен је модификовани дијагностички тест за утврђивање присуства алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела. Реч је о тесту који је настао модификовањем дијагностичког теста који је развила Јин са сарадницима након обимног истраживања (Yin, Tomita & Shavelson, 2008).

Познато је да упркос својој концептуалној сложености, пливање и тоњење тела представљају веома уобичајене феномене тако да већина ученика има одређена искуства и сопствене „теорије“ или мисаоне моделе којима објашњава зашто тела пливају или тону (Carey, 2000; Gang, 1995). На основу истраживачке литературе и студије која је обухватила преко 1000 ученика старијих разреда основне школе Јин је са сарадницима издвојила десет најчешћих алтернативних концепција о пливању и тоњењу које се јављају код ученика, а које можемо формулисати на следећи начин:

- 1) Велике и тешке ствари тону, а мале и лаке пливају;
- 2) Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају;
- 3) Шупље ствари тону;
- 4) Равне ствари пливају;
- 5) Оштра ивица предмета чини да он потоне;

- 6) Предмет у вертикалном положају тоне, а у хоризонталном плива;
- 7) Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају;
- 8) Допуњавање материјалом који плива помаже тешким стварима да пливају;
- 9) Велика количина воде чини да ствари пливају;
- 10) Лепљива течност чини да ствари пливају.

Полазећи од оригиналног дијагностичког теста за утврђивање присуства алтернативних концепција (Yin, Tomita & Shavelson, 2008), направљен је тест који се састоји од десет питања, праћених илустрацијама, са понуђеним одговорима - плива или тоне. Свако питање конципирано је тако да може јасно показати присуство једне од десет наведених алтернативних концепција.

Додатак у овом истраживању био је захтев да ученици поред избора одговора плива или тоне дају његово детаљно образложење. На овај начин се могу добити поузданији подаци о ученичком резонувању у датој ситуацији (Furtak & Ruiz-Primo, 2008). Ово је утицало на другачији систем бодовања ученичких одговора у односу на оригинални тест. Наиме, **одабир одговора (плива или тоне) и давање образложења тог одговора чине једну целину**. Могуће категорије ученичких одговора су:

1. **Научна концепција/објашњење** (исправно одабран одговор са тачним образложењем које укључује навођење односа густина тела и течности као узрока пливања/тоњења тела);
2. **Алтернативна концепција/објашњење** (погрешно одабран одговор са образложењем које јасно указује на присуство испитиване алтернативне концепције);
3. **Погрешан одговор** (одговор уз образложење које је погрешно, а није алтернативна концепција или одговор са образложењем које указује на неуважавање услова задатка);
4. **Одговори без образложења** (одабран један од два понуђена одговора без давања било каквог образложења).

На пример, у првом задатку дијагностичког теста приказана је скица предмета А и Б који пливају на води (слика 6). Од ученика се тражи да одговоре шта ће се догодити ако се ова два предмета залепе један за други.



СЛИКА 6. Пример илустрације на дијагностичком тесту

Ученици који имају алтернативну концепцију о томе да велике и тешке ствари тону, а мале и лаке пливају, изабраће одговор тоне уз одговарајуће објашњење. Ученици који имају научно схватање пливања и тоњења тела изабраће одговор плива дајући објашњење које укључује навођење односа густина тела и течности.

Оригинални ученички одговори на питања дијагностичког теста независно су процењивани од стране два истраживача при чему је остварен висок степен слагања (98%).

Ради поређења разлика у постигнућу ученика на завршном тесту у односу на уводни, свакој категорији ученичких одговора придружене су вредности од 0 до 3: *Одговори без образложења* – 0; *Погрешни одговори* – 1; *Алтернативне концепције* – 2 и *Научна објашњења* – 3.

Додатно, приликом израчунавања нормализованог напретка, вредност 0 додељена је одговорима који су сврстани у прве три категорије (*Без образложења*, *Погрешни одговори* и *Алтернативне концепције*) док је четвртој категорији, *Научна објашњења*, додељена вредност 1. На овај начин омогућено је да се утврди стварни напредак на дијагностичком тесту у односу на могући у погледу степена усвојености научних концепата о пливању и тоњењу тела (Наке, 1998).

На уводном дијагностичком тесту од ученика је додатно затражено да уз сваки задатак наведу да ли у свом свакодневном искуству препознају неку ситуацију сличну наведеној и ако је то случај да је детаљно опишу. Ученички одговори на ово питање сврставани су у једну од четири категорије:

1. Могуће, релевантно искуство;
2. Могуће, нерелевантно искуство;
3. Немогуће искуство;
4. Без искуства.

Модификовани дијагностички тест за утврђивање присуства ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела дат је у целини као *Прилог 3-2* у одељку 6.5.

### 3.6.3. Радни лист: Критичка процена решења рачунског задатка и откривање грешке

На последњем часу фазе интервенције проверавана је примена знања о сили потиска и појавама везаним за њу. Ученици обе групе решавали су неklasичне задатке о овим феноменима. Један од њих је критичко разматрање решења рачунског задатка и откривање грешке.

Откривање и корекција грешке је важна животна и професионална вештина неопходна за успешно решавање проблема (Yeung et al., 2012). Учење из грешака (Learning from errors) данас је жива истраживачка област (Añino et al., 2014; Borasi, 1994; Grosse et al., 2007; Huelser et al., 2012; Ohlsson, 1996), а истраживања показују да различити типови задатака усмерених на откривање грешке могу имати важну улогу у настави физике и математике (Cox et al., 2011; Heemsoth et al., 2014; Tsovaltzi et al., 2012; Urone, 1998; Yerushalmi et al., 2013).

Ученици су добили радни лист који садржи текст задатка, његово детаљно решење и неколико питања. Одабран је следећи задатак: *„Тежина јабуке у ваздуху је 2,9 N. Уроњена у воду, она има тежину 0,9 N. Колика је густина те јабуке?“* (Крнета, Стевановић & Тошовић, 2010).

Задатак следи решење где су примењене коректне формуле, а рачун и мерне јединице су исправни (слика 7). Међутим, вредности у поставци задатка су такве се добија маса јабуке 296 грама и густина 1480 килограма по метру кубном. Јабука ове густине тонула би у води што није могуће.

Од ученика је затражено да процене да ли једна просечна, „нормална“ јабука може имати израчунату масу и густину и да детаљно образложе свој одговор. Овакав задатак овогућава да се кроз процену способности ученика да открију грешку сагледа степен разумевања концепта густине тела и феномена пливања и тоњења.

Оригинални ученички одговори на питања да ли је могуће да једна просечна јабука има изачунату масу и густину сврставани су у једну од категорија (табела 8):


- A. Одговор Да без образложења;
- B. Одговор Не без образложења;
- C. Одговор Да уз погрешно образложење;
- D. Одговор Не уз погрешно образложење;
- E. Одговор Да уз позивање на претходно искуство;

- F. Одговор Да уз позивање на коректан поступак решавања задатка;  
 G. Одговор Не уз позивање на претходно искуство;  
 H. Одговор Не уз научно објашњење.

ТАБЕЛА 8. Категорије ученичких одговора при процени масе и густине

Категорија	A	B	C	D	E	F	G	H				
Одговор	Да	Не	Да	Не	Да	Да	Не	Не				
Објашњење	без објашњења		погрешно објашњење		претходно искуство		исправан поступак		претходно искуство		научно објашњење	

1. Пажљиво прочитај задатак и размотри његово решење:



Задатак:

Тежина јабуке у ваздуху је 2,9 N. Уроњена у воду, она има тежину 0,9 N. Колика је густина те јабуке?

Решење:

Да бисмо одредили густину јабуке, потребно ја да израчунамо њену масу и запремину.

На основу формуле за тежину  $Q = mg$ , маса јабуке се израчунава на следећи начин:

$$m = \frac{Q}{g} = \frac{2,9 \text{ N}}{9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 0,296 \text{ kg} = 296 \text{ g}$$

Запремина јабуке се може одредити из израза за силу потиска која делује на јабуку уроњену у воду  $F_p = Vg\rho$ , где је густина воде  $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

Пошто је тежина јабуке у ваздуху 2,9 N, а у води 0,9 N, закључујемо да на њу у води делује сила потиска једнака разлици ових тежина. Значи:

$$F_p = 2,9 \text{ N} - 0,9 \text{ N} = 2 \text{ N}$$

$$V = \frac{F_p}{\rho g} = \frac{2 \text{ N}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 0,0002 \text{ m}^3.$$

Густина јабуке је:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,296 \text{ kg}}{0,0002 \text{ m}^3} = 1480 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

СЛИКА 7. Задатак и његово решење

Сваком одговору, од А до Н придружене су вредности од 0 до 7, редом.

Радни лист у целини дат је као *Прилог 3-3* у одељку 6.6.

### **3.6.4. Радни лист: Анализа снимка необичног понашања тела у гасу чија је густина већа од густине ваздуха**

Још један неklasичан задатак о сили потиска и појавама везаним за њу реализован у обе групе јесте задатак заснован на снимаку понашања балона и „чамца“ од алуминијумске фолије у гасу чија је густина већа од густине ваздуха. Реч је о снимку „SF6 denser than air“ на порталу [www.fizik.si](http://www.fizik.si). На први поглед, уочене појаве делују веома изненађујуће, готово нестварно (слика 8).



**СЛИКА 8.** Понашање балона и „чамца“ од алуминијумске фолије у гасу чија је густина већа од густине ваздуха

Снимак чине два дела која приказују: а) понашање балона испуњеног ваздухом најпре у посуди са ваздухом, а затим у истој посуди напуњеној гасом чија је густина већа од густине ваздуха; б) понашање чамца од алуминијумске фолије у посуди са истим гасом, а затим након доливања гаса у сам чамац. Од ученика је затражено да објасне уочене појаве

Ученички одговори сврставани су у једну од следећих категорија:

1. Без објашњења;
2. Погрешно објашњење;
3. Само навођење уочених чињеница;
4. Исправно објашњење.

Свакој категорији одговора придружене су вредности од 0 до 3, редом.

Радни лист је дат као *Прилог 3-4* у одељку 6.7.

### 3.6.5. Одложени тест

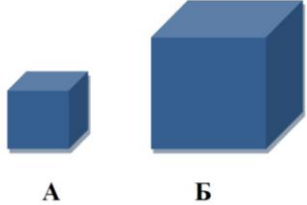
Трансфер знања подразумева способност активирања научних концепата и њихову примену у непознатим ситуацијама (Chena & Klahrb, 2008). Осим блиског трансфера какав је захтеван на крају секвенције учења о сили потиска, посебно важно место у процењивању квалитета стечених знања има такозвани удаљени трансфер (Simons, 1999).

Три месеца након реализације наставе о сили потиска и појавама везаним за њу испитаници обе групе решавали су тест који представља низ концептуалних задатака различитог степена сложености, састављен на основу релевантне литературе (Hardy et al., 2006; Mazur, 1997; Tomita, 2008; Yin, Tomita & Shavelson, 2013).

За успешно решавање првог задатка (слика 9) неопходно је да ученици примене знање о томе да сила потиска зависи од запремине потопљеног тела, али и да познају однос запремине коцке и њене ивице. Наиме, на слици су приказане две коцке чије су ивице 1cm и 3cm. Ученици треба да одаберу један од понуђених исказа којима се упоређују силе потиска које делују на коцке када се потопе у воду и да наведу објашњење.

1. На слици десно приказане су две коцке. Коцка А има ивицу дужине 1cm, а коцка Б ивицу дужине 3cm. Када се обе коцке потопе у воду:

- 1) На обе коцке делује једнака сила потиска,
- 2) На коцку Б делује 3 пута већа сила потиска него на коцку А,
- 3) На коцку Б делује 9 пута већа сила потиска него на коцку А,
- 4) На коцку Б делује 27 пута већа сила потиска него на коцку А,
- 5) Није могуће знати.



Заокружи број испред тачног одговора, а затим напиши образложење свог одговора.

СЛИКА 9. Први задатак одложеног теста

Други задатак такође је праћен илустрацијом и састоји се из два дела. У оба случаја приказана је коцка одређене масе која лебди под водом и низ коцки за које треба одредити да ли испливавају или тону када се спусте у воду. У првом случају запремина свих коцки је иста, а масе су резличите (слика 10А).

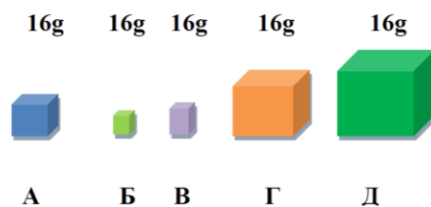
2. А) На слици десно приказано је пет коцки исте величине. Масе коцки су различите. Коцка А, масе 16 g лебди испод површине воде. Које коцке тону у води? Образложи свој одговор!



СЛИКА 10А . Други задатак одложеног теста (А)

У другом случају маса свих коцки је стална, али су запремине различите (слика 10Б). Да би исправно решили задатак ученици морају познавати услове за пливање, лебдење и тоњење тела и разумети концепт густине. Такође, образложења одговора у овом питању могу јасно показати присуство алтернативних концепција о величини тела као узроку пливања односно тоњења тела.

Б) На слици десно приказано је пет коцки исте масе. Коцке су направљене од различитих материјала. Коцка А, масе 16 g лебди испод површине воде. Које коцке испливавају када се ставе у воду? Образложи свој одговор!



СЛИКА 10Б . Други задатак одложеног теста (Б)

У трећем задатку (слика 11) приказано је дрвено дугме и понуђено неколико одговора који описују његово понашање када се стави у воду. Одабрани одговор јасно показује разумевање услова за пливање тела или присуство алтернативних концепција *Лаке ствари пливају односно Предмети са шупљинама тону.*

3. На слици десно је дрвено дугме. Када се спусти у воду, дугме:

- а) тоне зато што вода пролази кроз отворе,
- б) плива јер је мало и лагано,
- в) плива зато што дрво има мању густину од воде,
- г) тоне зато што дрво има већу густину од воде.



СЛИКА 11. Трећи задатак одложеног теста

У четвртном задатку (слика 12) приказане су две кугле исте запремине, али од различитих материјала. Кугла А лебди испод површине течности, док је кугла Б је испливала. Од



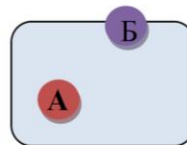
ученика се тражи да одаберу на коју куглу делује већа сила потиска у том тренутку и да образложе свој одговор.

4. Две кугле исте величине, али од различитог материјала налазе се у води. Кугла А лебди испод површине, кугла Б је испливала (слика десно). На коју куглу делује већа сила потиска у том тренутку?

1) На куглу А делује већа сила потиска,

2) На куглу Б делује већа сила потиска.

Образложи свој одговор!



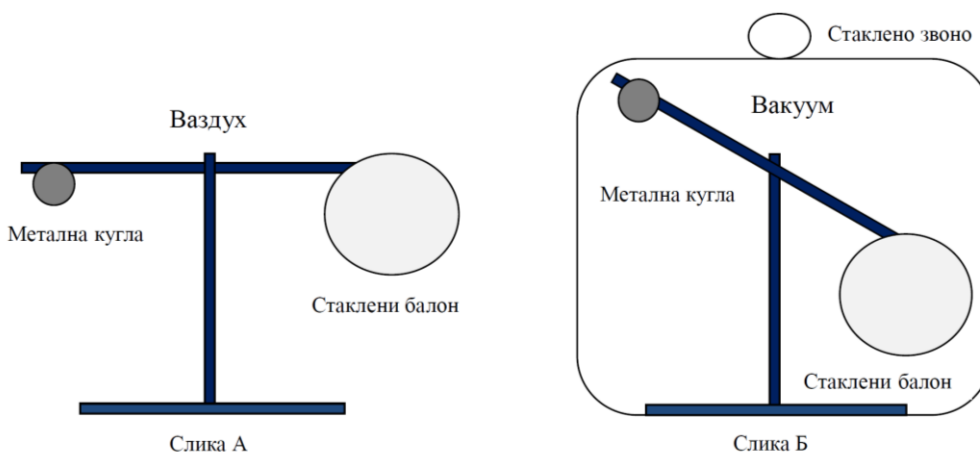
СЛИКА 12. Четврти задатак одложеног теста

Пети задатак (слика 13) садржи опис и илустрацију огледа којим се демонстрира деловање силе потиска у ваздуху и представља најсложеније питање на овом тесту. Захтева разумевање концепта силе потиска у гасу, познавање односа сила које делују на тело и услова за равнотежу полуке.

5. На слици испод приказана је полука на коју су закачена 2 тела: мала метална кугла и већи стаклени балон. Када се полука са телима налази у ваздуху, она је у стању равнотеже (слика А). Међутим, ако се полука са телима постави испод стакленог звона из кога се извуче ваздух помоћу вакуум пумпе, равнотежа ће се нарушити (слика Б). Објасни:

1) Зашто је полука у равнотежи када је у ваздуху?

2) Зашто долази до нарушавања равнотеже када је полука у безваздушном простору (вакууму)?



СЛИКА 13. Пети задатак одложеног теста

Представљена је полука на коју су окачени мала метална кугла и већи стаклени балон. Док се тела налазе у ваздуху, полука је у равнотежи. Када се систем стави под стаклено звоно и помоћу вакуум пумпе извуче ваздух, равнотежа полуке се наруши. Од ученика се захтева да објасне зашто је полука у равнотежи у ваздуху, а у вакууму није.

Резултати ученика на тесту изражени су као проценат освојених бодова. Тест у целини дат је као *Прилог 3-5* у одељку 6.8.

### **3.6.6. Радни лист: Предвиди-посматрај-објасни активност демонстрације силе потиска**

Реч је о инструменту примењеном само у експерименталној групи током предвиди-посматрај-објасни активности демонстрације силе потиска, а у циљу испитивања могућног позитивног ефекта размене мишљења у малим групама на постигнућа ученика током појединих фаза ове активности у односу на њихова индивидуална предвиђања и објашњења.

У основи активности је демонстрација деловања силе потиска помоћу врло једноставних елемената, као што су дечији балон и провидна посуда са водом (слика 14).



**СЛИКА 14.** Предвиди-посматрај-објасни активност: демонстрација силе потиска

Ова активност, осим што је потпуно прилагођена често сиромашним школским учионицама, има далеко већи педагошки потенцијал од класичних демонстрација: захтева менталну активност свих ученика у одељењу и пружа могућност да тестирају исправност својих теорија, али и прилику да у интеракцији са члановима групе дођу до исправних објашњења (Radovanović & Sliško, 2012, 2013). Активност се реализује кроз две целине:

- Први део „Измери-објасни“:

На врату ненадуваног балона фломастером се означе две линије на растојању од 1cm. Затим се балон напуни водом. Балон се држи за врх тако да виси у ваздуху. Уочава се промена растојања између линија. Лењиром се измери ново растојање између линија. Од

ученика се тражи да забележе вредност новог растојања на цртежу на радном листу и да одговоре на питање зашто се врат балона издужио.

- Други део „Предвиди-измери-објасни“:

Затим наставник најави да ће се овако напуњен балон полако уронити у посуду са водом, тако да ван воде остане само врат балона и од ученика затражи да предвиде колико ће тада бити растојање између линија на врату балона. Понуђено је неколико могућности. Ученик треба да образложи своје предвиђање. Потом се балон напуњен водом заиста урони у посуду са водом. Ученицима је постављено питање које предвиђање се остварило као и захтев да упишу на радном листу ново растојање између линија на врату балона. Затим се од ученика тражи да детаљно објасне опажену ситуацију.

Уважавајући значај размене идеја у малим групама ученика и налазе о томе да дискусија о физичким појавама може значајно допринети разумевању и прихватању научних концепата (Mazur, 1997), у ову активност су укључени peer instruction елементи. Наиме, ученици су радили у оквиру нехомогених група које чини 4 до 5 чланова. Након давања индивидуалних предвиђања и објашњења ученици су имали могоћност да обаве кратак разговор у групи и да напишу нову верзију одговора уколико желе.

Анализирани су ученички одговори, пре и након размене мишљења у малим групама, у оквиру три задатка:

- Објасни зашто се врат балона издужи када се у балон наспе вода;
- Предвиди растојање између линија на врату балона када се балон зарони у воду;
- Објасни уочено растојање између линија на врату балона када се балон зарони у воду.

Радни лист је дат као *Прилог 3-6* у одељку 6.9.

### ***3.7. Реализована настава о сили потиска и појавама везаним за њу – традиционални приступ и приступ усмерен на активно учење***

На овом месту потребно је представити кључне одлике реализоване наставе о сили потиска и појавама везаним за њу у контролној и експерименталној групи, након чега следи детаљан опис имплементације приступа настави усмереног на активну конструкцију знања о сили потиска и појавама везаним за њу у експерименталној групи.

На основу садржаја наставног програма за предмет физика у седмом разреду основне школе (*Прилог 2-3* у одељку 6.3) за област *Равнотежа тела* предвиђено је укупно 11 часова који су распоређени на следећи начин:

- Деловање две силе на тело дуж истог правца. (1+0)
- Појам и врсте равнотеже тела. Полука, момент силе. Равнотежа полуге и њена примена. (2+2)
- Сила потиска у течности и гасу. Архимедов закон и његова примена. Пливање и тоњење тела. (2+2)
- Систематизација и обнављање градива. (0+1)
- Лабораторијска вежба: Одређивање густине чврстог тела применом Архимедовог закона. (1)

За потребе овог истраживања, настава о сили потиска и појавама везаним за њу реализована је током шест школских часова, при чему су током првих пет часова у контролној и експерименталној групи примењени различити модели наставе. Последњи, шести час, реализован је тако да су ученици обе групе учествовали у једнаким активностима, а у циљу поређења постигнућа у примени знања на неklasичним задацима о сили потиска и појавама везаним за њу (критичка анализа решеног задатка и тумачење снимка неуобичајених физичких појава).

Имајући у виду да је основни циљ овог истраживања поређење ефеката традиционалне наставе и модела активног учења на превазилажење ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела, дајемо најпре основне одлике оба приступа, а потом детаљан опис имплементације експерименталног модела наставе усмерене на активну конструкцију знања о сили потиска и појавама везаним за њу.

### 3.7.1. Основне одлике традиционалне наставе реализоване у контролној групи

Настава о сили потиска и појавама везаним за њу реализована је у контролној групи према следећем плану:

- Час 1 - Сила потиска у течностима и гасовима; Архимедов закон (час изучавања новог градива);
- Час 2 - Одређивање густине тела применом Архимедовог закона (лабораторијска вежба);
- Час 3 - Сила потиска и Архимедов закон (час утврђивања знања);
- Час 4 - Пливање и тоњење тела (час изучавања новог градива);
- Час 5 - Сила потиска, Архимедов закон, пливање и тоњење тела (час утврђивања знања);
- Час 6 - Сила потиска и појаве везане за њу (час понављања и уопштавања).

Првих пет часова реализовано је према раније утврђеном плану, на начин уобичајен за предметног наставника, а у складу са моделом традиционалне наставе.

У договору са наставником, ових пет часова посматрао је истраживач. На основу аудио-записа реализованих часова и бележака насталих током и непосредно након одржавања сваког часа, а уз примену Обрасца за посматрање и вредновање школског часа (*Прилог 3-7*), може се извојити неколико важних одлика наставе реализоване у контролној групи:

- Настава о сили потиска и појавама везаним за њу реализована је кроз два часа изучавања новог градива, два часа утврђивања знања и један час посвећен лабораторијској вежби одређивања густине тела применом Архимедовог закона.
- Часови изучавања новог градива реализовани су кроз фронтални облик рада, а доминантна наставна метода примењивана том приликом била је метода усменог излагања. Такође, у мањој мери коришћене су метода разговора и метода демонстрација. У разговору, који је био ограничен на релацију ученик-наставник, обично је учествовао мали број ученика у одељењу. Основне активности ученика биле су слушање излагања, записивање диктираних дефиниција и бележење садржаја са табле.

Приликом усменог излагања наставник је јасно истицао циљеве часа и кључне појмове које ученици треба да усвоје. Делови часа били су логично повезани, а постојало је повезивање изучаваних садржаја са градивом шестог разреда (хидростатички притисак и густина тела) и претходним темама (равнотежа), али пре свега кроз захтеве да се наведу дефиниције или формуле о којима се учило

раније. Постојало је навођење примера из свакодневног живота, али пре свега од стране наставника или веома малог броја ученика који се укључе у разговор.

Ток усменог излагања наставника у великој мери пратио је садржај коришћеног уџбеника (Стевановић & Крнета, 2009). На пример, деловање силе потиска најпре је демонстрирано зарањањем камена окаченог о динамометар у посуду са водом, а потом је сила потиска дефинисана као разлика вертикалних сила које делују са доње и горње стране тела уз цртање скице на табли и детаљно извођење формуле, као што је приказано у уџбенику (Стевановић & Крнета, 2010, стр.100).

Усвојеност знања у завршним деловима часова обраде новог градива проверавана је пре свега питањима која захтевају навођење дефиниција или задацима који траже директну примену формула.

Наставник је након предавања проверавао да ли има нејасноћа или питања ученика, али ниједан ученик није поставио ниједно питање у оваквим приликама. Ово је у складу са описаном појавом „ритуалног“ позивања ученика да поставе питања која је карактеристична за трансмисивну наставу (Ивић, Пешикан & Антић, 2001, стр.35).

- Часови утврђивања знања такође су реализовани кроз фронтални облик рада, а доминантна наставна метода примењивана том приликом била је метода решавања задатака. Решавана су питања и рачунски задаци различитог степена сложености углавном из збирке задатака у оквиру комплета који ученици поседују (Крнета, Стевановић & Тошовић, 2010).

Наставник је углавном поступно постављао све захтевније задатке, од питања која траже репродукцију дефиниција и рачунских задатака у којима је потребно само заменити бројне вредности у одговарајућу формулу до оних у којима је потребно комбиновати више формула да би се дошло до решења.

Ученици су обично извесно време решавали задатке самостално, након чега би одговори и решења задатака били презентовани на нивоу одељења. Од ученика се очекивало да након што чују тачне одговоре или испрате решавање задатка на табли самостално исправе начињене грешке. Ученици који су решавали задатке пред таблом, на захтев наставника, покушавали су да објасне поступак решавања, мада се то углавном сводило на читање онога што се пише по табли. Наставник је давао додатна објашњења приликом израде задатака. Могло се уочити да што су задаци захтевнији све мањи број ученика покушава да их реши и да очекују решење на табли које ће само преписати.

Треба приметити да је међу питањима из збирке задатака која су била одабрана за рад на часу било и концептуалних питања за која се показало да су за ученике

захтевна, иако их је наставник постављао у почетним деловима часа заједно са једноставним питањима која траже репродукцију дефиниција.

На пример, тражено је да се упореде бројне вредности силе потиска која делује на више тела једнаке запремине која лебде у течности на различитим дубинама или су испливала (Крнета, Стевановић & Тошовић, 2010, стр. 42). Ученици су упорно грешили, а наставник је покушавао да њихове одговоре побољша давањем додатних објашњења о параметрима од којих зависи бројна вредност силе потиска уз навођење формуле ( $F_p = \rho Vg$ ).

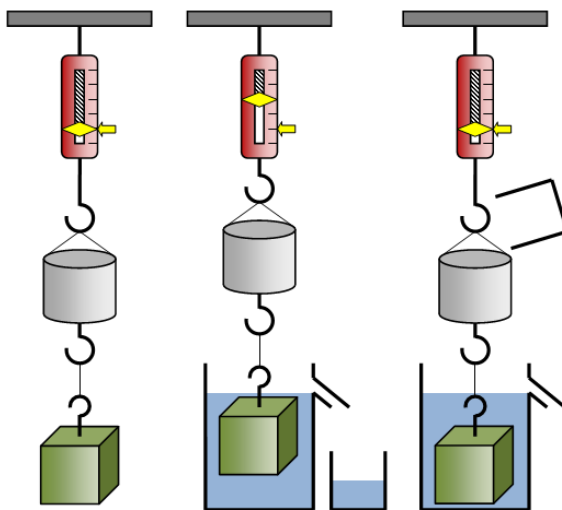
Треба истаћи да су ови задаци чак и у приручнику за наставнике погрешно окарактерисани као „једноставни задаци у којима се тражи најједноставија репродукција и требало би очекивати да их успешно ураде скоро сви ученици“ (Крнета & Стевановић, 2010, стр. 43). Показало се да чак и ученици који су „научили“ да је бројна вредност силе потиска директно сразмерна запремини потопљеног тела или дела тела, не успевају да дају тачан одговор, већ да се упорно држе уверења да „чим је тело испливало на њега мора деловати мања сила потиска него на оно које је цело под водом“.

- Када је у питању час планиран за лабораторијску вежбу о одређивању густине тела применом Архимедовог закона, уместо методе лабораторијских радова, примењена је демонстрација коју изводи наставник уз захтев да неко од ученика изврши читавање резултата мерења или прорачун на табли, док је већина ученика посматрала вежбу и бележила податке. Као домаћи задатак, ученицима је постављен захтев да опишу ток вежбе који су посматрали.
- Што се тиче домаћих задатака, ученици су након часова обраде новог градива добијали питања која се односе на основне појмове о сили потиска, тј. о пливању и тоњењу тела и углавном захтевају активности репродукције научених дефиниција. Осим тога, након часова утврђивања знања, постављено је неколико рачунских задатака различитог степена сложености. Одговори на питања и решења задатака изношени су на наредном часу уз додатна објашњења наставника. Том приликом ретко се развијала дискусија и то углавном онда када би се међу постављеним питањима нашло неко концептуално, на пример о томе да ли сва тешка тела тону. Уз помоћ наставника ученици су понудили примере из свакодневног живота, након чега би наставник дао објашњење које укључује појам средње густине тела.

Такође, ученици су као домаћи задатак имали описивање тока демонстрације одређивања густине тела применом Архимедовог закона, као и један некласичан домаћи задатак: да направе апаратуру за доказивање Архимедовог закона према усмено датом упутству наставника уз скицу начињену на табли (слика 15).

За израду апаратуре пријавило се неколико ученика, а наставник је на наредном часу помоћу једне од њих, заједно са учеником који ју је направио, доказивао Архимедов закон у виду демонстрације.

Иначе, реч је о доказивању деловања силе потиска на тело потопљено у течност и одређивању њеног интензитета на начин који је често приказан у уџбеницима физике (Распоповић, 2009; Чалуковић, 2009; Шетрајчић & Капор, 2009).



СЛИКА 15. Доказивање Архимедовог закона у контролној групи

- Када је реч о ученичким алтернативним концепцијама о пливању и тоњењу тела, повремено, пре свега у уводном делу часа обраде градива о овим феноменима, могло се чути да ученици на питања наставника зашто тела испливавају или тону наводе одговоре који указују на постојање различитих алтернативних концепција. То су пре свега о алтернативне концепције о маси тела, присуству ваздуха, шупљинама или облику тела. Наставник или мањи број ученика који су се укључили у разговор наводили су противдоказе овим тврдњама, након чега се врло брзо прешао на објашњење које укључује појам средње густине тела, а затим и навођење односа густина тела и течности као услова за пливање/тоњење тела (Стевановић & Крнета, 2010, стр.102).

Приликом утврђивања знања, често се инсистирало на задатку навођења односа густина тела и течности, односно гравитационе и силе потиска као услова за пливање/тоњење тела и могло се уочити да велики број ученика формално може да наведе ове услове исправно.

На основу изнетих карактеристика реализоване наставе у контролној групи, јасно је да она припада такозваном објашњавачко-показивачком типу наставе, односно да је реч о



традиционалној предавачкој настави (Нешић, 2015). Овом закључку додатно доприносе следеће уочене одлике:

- Исказана заинтересованост и активност ученика на часу генерално је ниска;
- Активности ученика најчешће не показују да ли су циљеви часа заиста остварени;
- Ученици нису на адекватан начин подстакнути да постављају питања и дискутују у вези предмета учења;
- Планирани задаци и предвиђени темпо рада једнак је за све ученике;
- Интеракција међу ученицима је минимална и не користи се у функцији учења;
- Не постоје активности које су усмерене на то да ученици самостално процењују свој напредак;
- Домаћи задаци не продубљују у довољној мери знања о изучаваној теми.

### **3.7.2. Основне одлике реализоване наставе усмерене на активно учење у експерименталној групи**

Настава о сили потиска и појавама везаним за њу у експерименталној групи реализована је током шест школских часова којима је приступано као целини, у складу са објективним могућностима организације наставе, а у циљу да ученици прођу кроз кључне фазе циклуса учења (Karplus & Butts, 1977) имајући у виду да је одабран IBSE приступ настави (Harlen, 2013). Основне фазе примењеног циклуса учења су:

- Фаза истраживања,
- Увођење концепата и
- Примена концепата у различитим ситуацијама.

Прва два часа заиста су повезана у целину од деведесет минута, док су преостала четири часа реализована на уобичајен начин, у трајању од четрдесет и пет минута, али тако да у уводном делу часа увек постоје активности ученика које су јасно повезане са садржајем претходног часа или са радом на домаћем задатку.

Ток свих часова био је флексибилан, али увек усмерен ка постављеном циљу и прилагођен ученичким постигнућима. Основни циљ наставе реализоване у експерименталној групи је:

**Активно стицање знања о појму и особинама силе потиска и Архимедовом закону, као и продубљивање знања о условима за пливање/тоњење тела.**

У оквиру овог модела наставе усмерене на активно учење једнака пажња се посвећује образовним, функционалним и васпитним задацима чиме се подстиче развој широког спектра компетности, од научне писмености и научног погледа на свет, преко вештина сарадње, решавања проблема, рада са подацима и информацијама до учења како се учи.

Основна одлика модела наставе усмерене на активно учење у овом случају је креирање прилика које ученицима обезбеђују да усвоје нове концепте тако што пролазе кроз кључне фазе истраживања: постављање проблема, формулисање хипотеза, њихово тестирање кроз практичне активности и доношење закључака (White, Shimoda & Frederiksen, 1999).

Осим тога, приликом изучавања новог градива, односно усвајања нових концепата, снажно се подстиче веза са ученичким претходним знањима, уз прихватање постојања ученичких алтернативних концепција као основе за учење. На пример, без обзира на то што су ученици о појму густине стицали знања током претходног разреда, не сме се подразумевати да су сви ученици заиста усвојили научни концепт густине и да га успешно примењују при тумачењу услова за пливање и тоњење тела, те се овом појму мора посветити адекватна пажња.

Једна од веома важних одлика овог модела јесте подстицање вршњачке интеракције у различитим фазама учења, како приликом истраживања и увођења нових концепата, тако и приликом примене концепата у различитим ситуацијама. Вршњачка интеракција је један од кључних елемената овог модела имајући у виду неколико аспеката:

- Размена мишљења у малим групама може бити прилика за подстицање когнитивног конфликта које је неопходан за остваривање концептуалних промена (Chinn & Brewer 1993; Mazur, 1997; Петровић, 2013);
- Дискусија у групи може бити важна у различитим фазама процеса саморегулисаног учења (Zimmerman, 2002) - за активирање неопходних знања и вештина да би се разумео задати проблем и начинио план решавања, за праћење сопственог напретка и верификовање исправности делимичних и коначних решења, као и за критичку процену целокупног учинка.
- Прихватање, а посебно давање објашњења у групи ученика одличне су стратегије учења (Hatzinkita et al., 2005). Добра објашњења су утемељена, тачна и довољно елаборирана да ономе ко их прима помажу да исправи оно што је погрешно, при чему најбоља објашњења указују и зашто је нешто погрешно. Такође, постоје докази да што ученик пружа више разрађених, промишљених објашњења другим ученицима у групи, то ће он лично више напредовати у учењу (Webb et al., 2002 према Vulfolk, Hјuz & Volkap, 2014). Давање објашњења захтева организовање

информација и њихово изражавање сопственим речима, осмишљавање примера ради повезивања са оним што је свима познато, као и тестирање разумевања постављем питања, што у целини доприноси изградњи сопствених квалитетнијих и трајнијих знања.

Осим подстицања интеракције у групи вршњака, важна одлика овог модела је стална интеракција између ученика и наставника. Размена адекватних и правовремених повратних информација ученике усмерава у процесу учења, док наставнику даје прилику да наставни процес води на ефикасан начин усмерен на активну конструкцију знања. Генерално, интервенције наставника у свим фазама циклуса учења обликоване су на основу информација које указују на степен напредовања ученика, односно на уочене потешкоће.

Када је у питању суочавање ученика са ограничењима њихових алтернативних концепција о сили потиска и појавама везаним за њу, пре свега о условима за пливање и тоњење тела, осим поменутог подстицања дискусије у групама, кључни елемент је демонстрирање различитих феномена кроз предвиди-посматрај-објасни-активности (White & Gunstone, 1992).

Задаци који се постављају ученицима у разлизитим фазама учења су разноврсни, а укључују практичне, концептуалне и рачунске проблеме. Што се тиче домаћих задатака, они имају важно место у овом моделу. Разноврсни су и омогућавају примену усвојених знања у различитим ситуацијама. На пример, након првог блока наставе о сили потиска ученици су решавали класичан домаћи задатак – низ питања и задатака којима се проверава стечено знање о основним појмовима о изучаваним појавама, док су преостала три домаћа задатка постављена на следећи начин:

- *Задатак о Архимеду* - други домаћи задатак намењен је раду у групи и захтева проучавање краћег текста о Архимеду као и дискусију о могућим начинима да се одреди од ког материјала је направљено неко тело;
- *Истраживачки домаћи задатак „Да ли јабуке тону у води?“* - трећи домаћи задатак који су ученици решавали по сопственом избору, уз напомену да сваки квалитетно урађен задатак позитивно утиче на крајњу оцену.
- *Задатак о сили потиска и појавама везаним за њу* - четврти домаћи задатак представља низ питања која следе лекцију у уџбенику уз два додатна задатка која се односе на текст дат у одељку *Занимљивости* након лекције.

### **3.8. Имплементација експерименталног модела активног учења о сили потиска и појавама везаним за њу**

Најпре наводимо основне елементе припреме за часове у сваком од одељења експерименталне групе (циљ, задаци, облици рада, тип часа, наставне методе и наставна средства), док је у наставку детаљно описан ток сваког часа, односно активности реализоване на појединим часовима.

**Циљ:** Активно стицање знања о појму и особинама силе потиска и Архимедовом закону, као и продубљивање знања о условима за пливање/тоњење тела.

**Задаци:**

- **Образовни** - Ученик треба да: уме да препозна деловање силе потиска на тело; зна који правац и смер има ова сила и од чега зависи њена бројна вредност; уме да одреди бројну вредност силе потиска; разуме Архимедов закон; има представу о томе ко је био Архимед; уме да одреди густину тела; разуме да пливање/тоњење тела зависи од односа густина тела и течности; зна у каквом су односу сила потиска и гравитациона сила које делују на тело које испливава, тоне или лебди испод површине течности; зна да сила потиска не делује само у течностима, већ и у гасовитим супстанцијама.
- **Функционални** - Развијање истраживачког приступа и научног погледа на свет; оспособљавање за самосталан рад и рад у групи; повезивање и примена знања у различитим ситуацијама; развијање вештина изражавања сопственог мишљења и аргументованог дискутовања; унапређивање вештина дигиталне комуникације.
- **Васпитни** - Развијање свести о важности стицања знања и позитивног става према природним наукама; развијање одговорности за сопствени рад и учење, као и за допринос напретку у раду групе; развијање свести о значају и сврси домаћих задатака.

**Облици рада:** Фронтални, групни (пет нехомогених група) и индивидуални облик рада.

**Тип часа:**

- Час 1 и 2 - Сила потиска (час изучавања новог градива);
- Час 3 - Сила потиска и Архимедов закон (час утврђивања знања);
- Час 4 - Примена Архимедовог закона; Пливање и тоњење тела (комбиновани час);
- Час 5 - Сила потиска и појаве везане за њу (комбиновани час);
- Час 6 - Сила потиска и појаве везане за њу (час понављања и уопштавања).

**Наставне методе:** Метода разговора, метода демонстрације, метода лабораторијских радова, метода рада са удбеником.

**Приступ настави:** IBSE (Inquiry Based Science Education).

**Наставна средстава:** Динамометри, ваге, посуде, кугле од пластелина, пинг-понг лоптице, камење, пластичне бочице, стаклена флашица, песак, течности различитих густина, дечији балон, већа провидна посуда, балон испуњен хелијумом, рачунар, пројектор, снимак експеримента „SF6 Denser than air“ ([www.fizik.si](http://www.fizik.si)), радни листови.

У наставку је описан ток сваког часа, односно дат је детаљан преглед активности реализованих на часовима у експерименталној групи.

### **Часови 1 и 2 - Сила потиска (час изучавања новог градива)**

Стицање знања о основним особинама силе потиска организовано је током два школска часа повезана у целину од деведест минута.

На почетку часа наставник истиче циљ - упознавање са новом силом и њеним особинама, уз кратко упутство о начину рада и правилима понашања на часу. Час се одвија кроз неколико целина са циљем да ученици стекну знања о следећим појавама и процесима:

#### **1) Када се јавља сила потиска и како утиче на тела?**

У првом делу часа активности ученика усмерене су на стицање искуства о сили потиска и подсећање на ситуације из свакодневног живота у којима је очигледно деловање ове силе. Ученици у групама изводе два једноставна огледа: испливавање лоптице у посуди са водом и подизање камена из воде. Огледи су реализовани уз разговор у форми предвиди-посматрај-објасни активности. Ученичка предвиђања очекивано су исправна (Лоптица ће „искочити“ из воде; камен је тежи у ваздуху него у води), а разнолика објашњења ових појава дају добру основу за даљи рад. Наиме, ученици при објашњавању понашања лоптице у води јасно наводе алтернативне концепције о пливању повезане са величином, масом, обликом тела или присуством ваздуха. Такође, тоњење камена објашњава се његовом великом масом. Наставник тражи да ученици забележе своја образложења. Осим тога, ученици долазе до закључка да и на лоптицу и на камен вода делује истом силом која лоптицу може да избаци на површину, али не и камен. Ученици уочавају да ова сила делује у течности чинећи да тела изгледају лакше него у ваздуху. Подстакнути наставниковим питањима, ученици закључују да ова сила делује у истом правцу као и гравитациона, али у супротном смеру („на горе“) и да баш зато тела у води делују лакше него у ваздуху. Води се и кратак разговор на тему маса-тежина, ради подвлачења разлика.

Тек након дискусије и након што су сви ученици радећи у групама записали закључке, наставник именује „нову“ силу, скицира лопту која плива на води и обележава гравитациону и силу потиска. Кроз разговор са ученицима, долази се до закључка да је лопта која плива на води у стању равнотеже, те да у том тренутку гравитациона и сила потиска које делују на лопту морају имати једнаке бројне вредности.

## **2) Како одредити бројну вредност силе потиска?**

Следећи задатак је одређивање бројне вредности силе потиска која делује на тело када се зарони у течност. Од ученика је затражено да на нивоу групе продискутују и практично провере могући начин одређивања вредности силе потиска уважавајући управо донете закључке о њеним особинама. Ученици у свакој групи имају на располагању посуду са водом, куглу од пластелина и динамометар. Након краћег разговора и практичних активности, све групе доносе исправан закључак да се сила потиска може израчунати као разлика тежине тела у ваздуху и у води. Добијене различите вредности силе потиска која делује на кугле од пластелина увод су у следећу активност.

## **3) Од чега зависи (а од чега не зависи) бројна вредност силе потиска?**

Све групе ученика исправно су одредиле силу потиска која делује на куглу од пластелина зароњену у воду, међутим добијене различите вредности у први мах код ученика изазивају недоумицу да ли су погрешили. Наставник тражи да представници свих група изађу пред разред, покажу коришћене кугле и наведу израчунате вредности. Врло брзо ученици схватају да вредност силе потиска којом течност делује на тело зависи од величине тела, односно од његове запремине. Ипак, одлучују да у својим групама провере зависност силе потиска од запремине тела, а потом наставник од ученика тражи да поставе хипотезе о томе шта још утиче на бројну вредност силе потиска уз давање образложења. Након размене идеја у групама и дискусије на нивоу одељења, одлучено је да свака од пет група провери по једну од следећих хипотеза:

- Сила потиска зависи од врсте течности: што је течност гушћа, потисак је већи.

Ученици предлажу да се као течност користи вода и „јестиво уље које је гушће“. Подстакнути наставниковим питањима неки од ученика указују да уље плива на води (на пример код супе) и проверавају у табели на зиду да је уље заиста мање густине од воде. Закључују да су и вода и уље погодни за оглед и да се очекује да вода делује на куглу већом силом потиска од уља.

- Сила потиска зависи од облика тела: на преобликовано (спљоштено) тело од пластелина сила потиска делује другачијом вредношћу него на куглу.

Ученици наводе да преобликовање кугле утиче на вредност силе потиска, али није постојао јединствен став о томе да ли се вредност повећава или смањује. Ученици су били сагласни око тога да „што је површина основе већа, тело лакше плива“, али нису били сигурни да ли то значи да је сила потиска мања или већа него када је тело лоптастог облика и „мањом површином додирује воду“.

- На вредност силе потиска утиче маса и густина тела које је потопљено у течност.

У почетку није постојао јединствен став да ли повећање масе и густине тела (чија се запремина одржава сталном) утиче на повећање или смањивање силе потиска. Ипак ученици су били сагласни да „што је маса тела већа оно лакше тоне“, те су закључили да ако је маса тела већа то је сила потиска мања.

Да би проверили хипотезу о утицају масе, односно густине тела на вредност силе потиска, ученици су морали осмислити начин како да одржавају запремину тела сталном, а да повећавају масу. После краће размене идеја одабрана је пластична бочица у коју је сипана различита количина песка.

- Сила потиска која делује на потпуно потопљено тело зависи од дубине на којој се тело налази: што се кугла дубље зарони у воду на њу делује већа сила потиска.
- Сила потиска зависи од количине течности у посуди: што је више течности у посуди, она делује на тело већом силом потиска.

Ове две хипотезе ученици образлажу искуством „што смо на већој дубини вода нас више притиска“, односно хидростатичким притиском који се повећава са повећањем дубине.

Ученици изводе огледе и дискутују закључке у оквиру својих група, а затим представници група износе одговоре на следећа истраживачка питања:

- Да ли вредност силе потиска зависи од запремине потопљеног тела?
- Да ли вредност силе потиска зависи од врсте течности?
- Да ли вредност силе потиска зависи од облика тела?
- Да ли вредност силе потиска зависи од масе и густине тела?
- Да ли вредност силе потиска зависи од дубине на којој се тело налази?
- Да ли вредност силе потиска зависи од количине течности у којој се тело налази?

Ученици дискутују на нивоу одељења и усмеравани од стране наставника формулишу следеће закључке:

- Сила потиска зависи од запремине потопљеног тела и од густине течности у којој се тело налази;

- Маса и густина тела не утичу на вредност силе потиска;
- Облик тела не утиче на вредност силе потиска;
- Пливање и тоњење тела није одређено само силом потиска већ односом силе потиска и тежине тела: да ли ће тело потонути или испливати зависи од тога која је од ових сила већа;
- На плавање и тоњење тела не утиче облик тела (и лопта и „потпуно спљоштено тело“ од пластелина тону у води);
- На вредност силе потиска не утиче дубина и количина течности, али сила потиска је на неки начин повезана са хидростатичким притиском течности.



СЛИКА 16. Ученици проверавају постављене хипотезе

Након што су се кроз разговор са наставником ученици подсетили шта је хидростатички притисак, како се преноси и од чега зависи, наставник даје објашњење на који начин је вредност силе потиска проузрокована разликом у хидростатичком притиску на доњу и горњу површину тела. Разматрају се силе којима течност делује на тело и проналази њихова резултанта: Пошто су силе које делују на бочне стране истог правца и бројне вредности, али супротног смера, њихова резултанта једнака је нули; у исто време, постоји разлика сила које делују у ветикалном смеру на горњу и доњу површину тела и та разлика уствари представља силу потиска. Ученици исправно уочавају да је због тога смер силе потиска нагоре.



Ученици још једном, на нивоу групе, праве резиме од чега зависи бројна вредност силе потиска, а потом покушавају да дају математичку формулацију директне зависности бројне вредности силе потиска од запремине потопљеног тела, густине течности и јачине гравитационог поља. Већина група успешна је и овом задатку, а један од ученика излази пред таблу и записује формулу  $F_p = \rho V g$ , објашњавајући употребљене ознаке физичких величина. Ученици уочавају да су запремина истиснуте течности и запремина тела међусобно једнаке, као и да израз на десној страни једнакости представља начин да се изрази тежина истиснуте воде. Наставник тражи од ученика да запишу овај закључак, а потом да по један ученик из сваке групе прочита шта је његова група забележила. Већина ученика даје следећу формулацију: *Сила потиска и тежина течности коју тело истисне су једнаке*. Наставник указује да ова реченица представља чувени Архимедов закон и најављује да ће на следећем часу ученици практично проверавати ову законитост, те да размисле о могућим начинима да се то изведе.

За крај часа, ученици разговарају са наставником о томе шта су радили током часа и шта су научили, а након тога подељен је домаћи задатак, радни лист са неколико питања о сили потиска и њеним особинама дат као *Прилог 3-8* (одељак 6.11).

### **Час 3 - Сила потиска и Архимедов закон (час утврђивања знања)**

У уводном делу часа извршена је кратка анализа домаћег задатка о сили потиска и њеним основним особинама. Од ученика је затражено да у оквиру својих група упореде решења домаћег задатка, размене мишљења о евентуалним разликама у датим одговорима и да представници група изнесу недоумице које су остале и након дискусије. Може се уочити да је већина ученика успешно одговорила на постављена питања о основним особинама силе потиска и начинима да се израчуна њена вредност, док се недоумице углавном односе на рачунски задатак о сили потиска: *„Колика сила потиска делује на тело запремине 200 ст<sup>3</sup> када се потопи у алкохол? Користи таблицу густина.“* (Крнета, Стевановић & Тошовић, 2010). Наиме, један део ученика имао је проблем око усклађивања мерних јединица за запремину тела, густину течности и гравитационо убрзање. Наставник указује на потребу да све величине буду изражене у основним мерним јединицама и подсећа ученике на то од којих је мерних јединица изведен један њутн. Ученици примењују ову инструкцију и поново раде задатак сарађујући у групама.

Главни део часа чине три целине:

#### **1) Демонстрација силе потиска у течности кроз предвиди-посматрај-објасни активност**

Након тога реализована је предвиди-посматрај-објасни активност демонстрације силе потиска уз уважавање значаја вршњачке интеракције, на начин који је детаљно

представљен приликом описивања инструмената истраживања у одељку 3.6.6. Након што је активност реализована на описани начин, са ученицима су фронтално продискутовани кључни сегменти:

- Објашњења зашто се врат балона издужи када се у балон наспе вода;
- Предвиђања растојања између линија на врату балона када се балон зарони у воду;
- Објашњења уоченог растојање између линија на врату балона када се балон зарони у воду.

Постигнућа ученика у индивидуалној фази, као и након размене мишљења у групама детаљно су представљена у одељку 4.4 у оквиру поглавља *Резултати и дискусија истраживања*.

## 2) Демонстрација деловање силе потиска у гасовима

Наредни сегмент часа посвећен је деловању силе потиска на тела која се налазе у гасовима. Са ученицима су размотрени услови зашто је вредност силе потиска која делује на неко тело у гасовима мања него у течностима, а потом је реализована кратка предвиди-посматрај-објасни активност са дечјим балоном испуњеним хелијумом. Ученичка предвиђања, заснована на искуству, била су исправна, док су приликом објашњавања подизања хелијумског балона у ваздуху неке групе ученика давале одговоре засноване на односу силе потиска и гравитационе силе, док се код појединих и даље могло уочити присуство алтернативне концепције о малој маси тела као узроку подизања балона.

## 3) Практичне активности ученика у циљу провере Архимедовог закона

Последња целина овог часа односи се на проверавање Архимедовог закона. Од ученика је затражено да још једном запишу како гласи Архимедов закон, а затим да у групама продискутују:

- 1) Шта значи проверити Архимедов закон и
- 2) На који начин се то може практично урадити.

Након краћег разговора са ученицима, одабрано је спровођење следећих корака:

- Одређивање силе потиска као разлике тежине кугле од пластелина у ваздуху и у води;
- Мерење масе воде која се прелије из потпуно напуњене посуде када се у њу зарони кугла од пластелина;

- Израчунавање тежине истиснуте воде као производа њене масе и гравитационог убрзања.
- Поређење добијених вредности силе потиска и тежине истиснуте воде.

У завршном делу часа ученици су добили домаћи задатак за рад у групи. Од ученика је затражено да пажљиво прочитају краћи текст о Архимеду, продискутују и покушају да одговоре на пар питања, као и да реше задатак који се заснива на легенди о Архимеду и круни. Задатак је дат као *Прилог 3-9* у одељку 6.12.

#### **Час 4 - Примена Архимедовог закона; Пливање и тоњење тела (комбиновани час)**

Четврти час започиње реченицама: „Еурека!“, „Дајте ми ослонац и померићу Земљу“ и „Не ремети моје кругове!“ које су исписане на табли и захтевом да ученици укратко опишу ситуације из Архимедовог живота и рада које су повезане са њима.

Пажња је посебно усмерена на прву реченицу која је везана за Архимедов допринос развоју хидростатике и за чувену анегдоту о Архимеду и круни. Наставник истиче да се прича о круни не појављује директно ни у једном од познатих Архимедових списа, као и да има више верзија ове приче, али да са друге стране постоје докази да се Архимед бавио проучавањем различитих појава које се тичу густине тела, силе потиска и услова за пливање и тоњење тела, као и практичном применом принципа који је открио а који је нама данас познат као Архимедов закон. Осим тога анегдота о Архимеду и круни добра је основа за разматрање начина да се провери од ког материјала је направљено неко тело, о чему се води краћа дискусија на нивоу одељења.

Главни део часа четвртог часа реализован је кроз две активности:

##### **1) Одређивање густине тела применом Архимедовог закона**

Свака група ученика добила је задатак да одреди густину кугле од пластелина користећи само динамометар и посуду са водом. Ученици су у свакој групи, уз договор, најпре одговорили на неколико питања постављених на радном листу (*Прилог 3-10* у одељку 6.13), а потом су приступили мерењу. Ученици су измерили тежину кугле у ваздуху и у води помоћу динамометра. На основу ових података израчунали су масу тела, а потом силу потиска и запремину тела. На основу добијене масе и запремине кугле од пластелина израчуната је њена густина.

Од ученика је затражено да размисле о томе како грубо могу проценити да ли је густина тела исправно израчуната. Након дискусије на нивоу одељења, неки ученици наводе да резултат сигурно није исправан ако је добијена густина пластелина мања од 1000

килограма по метру кубном пошто би то значило да ће кугла од пластелина испливати. Ова активност је увод у разматрање услова за пливање и тоњење тела.

## 2) Разматрање услова за пливање и тоњење тела

Од ученика је затражено да на нивоу група продискутују о томе када неко тело тоне, а када испливава, да запишу своје идеје, а потом да представници група изнесу закључке. У ученичким одговорима могу се опазити следећи елементи:

- Навођење односа силе потиска и гравитационе силе: Ако је гравитациона сила већа од силе потиска, тело ће потонути; Ако је сила потиска већа од гравитационе силе, тело ће испливати.
- Навођење односа густине тела и течности: Ако је густина тела већа од густине течности, тело ће потонути; ако је густина тела мања од густине течности, тело ће испливати.
- Алтернативне концепције о пливању и тоњењу тела: Да ли ће неко тело испливати или потонути одређено је његовом величином, масом, обликом или присуством ваздуха.

Треба напоменути да су неке групе давале одговоре који припадају само једној од наведених категорија, док су друге имале одговор који обухвата навођење односа густина тела и течности, али и односа сила које делују на тело. На пример: „Тело испливава када на њега течност делује већом силом потиска него што га Земља привлачи гравитационом силом. То се дешава онда када је густина тела мања од густине течности.“ Наставник овакве одговоре користи да ученицима да додатна објашњења о повезаности односа густина и односа сила као услова за пливање и тоњење тела.

Осим тога, веома су важни одговори ученика који су одраз алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела, као и они који су нека врста комбинације алтернативних и још увек неусвојених научних концепата. На пример: „Да ли ће тело да исплива или потоне зависи од густине тела и од његовог облика, односно да ли у њему има ваздуха.“

Наставник најављује да ће се на наредном часу детаљније бавити пливањем и тоњењем тела и поставља домаћи задатак. Ученицима је задато да код куће спроведу мало истраживање о понашању јабука у води под називом „Да ли јабуке тону у води?“ (*Прилог 3-11* у одељку 6.14). Затражено је да детаљно опишу све кораке истраживања и изведене закључке, уколико је могуће уз фотографије. Извештај о домаћем задатку ученици су у постављеном року могли предати у школи или послати на имејл специјално намењен оваквим активностима.

На крају, када се говори о условима за пливање и тоњење тела, треба нагласити да су ученици на часовима додатне наставе упознати са појмом површинског напона. У малобројним ситуацијама у којима површински напон има значајну улогу у исходу ученичког експеримента наставник је нагласио да је реч о посебној физичкој појави, на пример приликом постављања металне спајалице или веома малих парчића пластелина у воду.

## **Час 5 - Сила потиска и појаве везане за њу (комбиновани час)**

Пети час реализован је кроз две целине:

### **1) Анализа домаћег задатка о јабукама**

Најпре је извршена анализа домаћег задатка о јабукама. Помоћу пројектора приказано неколико одабраних радова (из различитих одељења, без приказивања имена ученика). Од ученика је затражено да у оквиру група продискутују евентуалне грешке. Наставник је усмеравао дискусију на нивоу одељења тако да чланови сваке групе могу прокоментарисати најмање један сегмент сваког приказаног рада.

Могло се уочити да ученици одлично запажају пропусте настале при мерењу запремине јабуке (на пример уколико није потопљена читава јабука или ако није добро одређена вредност најмањег подеока на мерној скали), као и грешке настале због неусклађености мерних јединица, али и случајеве када израчуната густина јабуке није у складу са чињеницом да јабуке пливају на води. Неки ученици су приликом анализе одабраних радова јасно показали да су постали свесни грешака које су и сами направили приликом истраживања, а поједини су чак изразили намеру да поново ураде задатак и своје грешке исправе.

У сваком одељењу наставник је дао општу слику о броју и квалитету предатих задатака уз навођење критеријума на основу којих је квалитет радова процењиван, а који се тичу исправности мерења масе и запремине јабуке, употребе одговарајућих мерних јединица и формуле за густину тела, као и повезивања добијеног резултата о густини јабуке са њеним испливавањем у води. Такође, на квалитет радова позитивно утиче залагање ученика да се сви кораци истраживања систематично представе и документују одговарајућим фотографијама. На основу наведених параметара дефинисано је неколико категорија домаћих задатака о јабуци: *Одличан задатак*, *Добар задатак*, *Слаб задатак* и *Неурађен задатак*.

У сваком одељењу експерименталне групе приказани су одговарајући подаци о расподели различитих категорија домаћих задатака по групама према оцени из физике на полугодишту, а за целу експерименталну групу ови резултати су представљени табелом 9.

Ако посматрамо читаву групу може се уочити да су ученици који имају више оцене из физике на полугодишту предавали квалитетније задатке, али да се посебно истакла група ученика са оценом 3 на полугодишту која је постигла одличне резултате на истраживачком задатку о јабуци.

**ТАБЕЛА 9.** Расподела различитих категорија домаћих задатака о јабукама по групама према оцени из физике на полугодишту

Оцена из физике на полугодишту	Одличан задатак	Добар задатак	Слаб задатак	Неурађен задатак
1	0	0	1	0
2	0	6	5	13
3	8	5	1	4
4	1	13	0	3
5	9	4	0	1
<b>Укупно</b>	<b>18</b>	<b>28</b>	<b>7</b>	<b>21</b>

## 2) Суочавање са алтернативним концепцијама о пливању и тоњењу – докази за и против

У овом делу часа реализована је активност намењена суочавању ученика са недостатком универзалности алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела.

Наставник подсећа ученике на дискусију са прошлог часа кад се говорило о условима за пливање и тоњење тела. Од ученика је затражено да прелистају своје белешке са претходних часова, додатно продискутују о томе шта све утиче на пливање и тоњење тела и изнесу све недомице које би требало проверити. Издвојило се неколико ставова:

- Тело малих димензија или мале масе плива, а тело које је велико или тешко тоне.
- Ако неко тело има у себи ваздуха, мора испливати.
- Тело које има шупљине увек тоне.
- Да ли ће нешто потонути или испливати зависи од положаја тела.
- Облик тела утиче на пливање и тоњење.
- Ако је течност лепљива она спречава испливање тела.

Потом је од ученика затражено да за сваки став покушају да дају пример који је доказ у прилог и пример који је доказ против. Ученици увиђају да свака од наведених реченица може бити тачна у некој ситуацији, али „да то не значи да је *увек* тако“.

У неким случајевима било је довољно навођење доказа против да би ученици прихватили недостатке изреченог става, али у извесним ситуацијама непоходно је било извести додатне демонстрације.

Наводимо неколико примера ученичких аргумената и реализованих додатних активности које се односе на исказане алтернативне концепције о:

- *Маси/величини тела*

„И мало и велико парче камена тоне у води, а мало и велико парче дрвета плива на води. Брод плива иако је огroman. Јабука и кромпир могу бити сличне величине, али јабука испливава а кромпир тоне у води.“

- *Присутву ваздуха*

„Брод може да потоне када у њега уђе довољно воде иако у броду има ваздуха.“

Пошто део ученика и даље изражава сумњу да тело које у себи има ваздуха може потонути, наставник изводи демонстрацију са стакленом флашицом запремине трећине литра у коју постепено досипа песак и зарања је у воду након сваког досипања. Демонстрација се изводи у форми кратке предвиди-посматрај-објасни дискусије на нивоу одељења. Тек након тога наставник ученицима објашњава концепт средње густине.

- *Шупљинама*

„Брод који се прошупљи потонуће када у њега уђе довољно воде, али дечија гума за пливање има велики отвор на средини и неће потонути. Читава даска, али и даска која је избушена плива на води.“

- *Положају тела*

„Како год да окренеш камен, он тоне. Гвоздена шипка тоне у свим положајима.“

Међутим, неки ученици су изнели став који би се могао формулисати на следећи начин: „Ако тело има већу густину од густине воде, потонуће у било ком положају. Али шта се дешава са телима мање густине? На пример, да ли дрвена оловка испливава када се убаци у воду вертикално, шиљатим делом окренутим на доле?“ Неки ученици одговарају да ће се оловка само окренути у води и испливати, док други нису сигурни док не испробају. Наставник усмерава дискусију и допушта ученицима да провере своје недоумице практично.

- *Облику тела*

Ученици су се сетили да су на првом часу проверили да лопта од пластелина и преобликовано, потпуно спљоштено тело од пластелина тону у води, те да пливање и тоњење тела није одређено његовим обликом. Питање наставника „Зашто чамац

настао преобликовањем лопте од пластелина не тоне у води?“ у први мах код ученика изазива збуњеност. Међутим, наком краће дискусије у групама, ученици дају објашњење које се заснива на појму средње густине тела.

- *Течности која је лепљива*

Ученици се присећају првог часа и чињенице да је уље мање густине од воде. Ипак неки од њих сматрају „да је битно и то што је уље лепљиво“. Одлучују да испробају шта ће бити са гумицом за брисање када је убаце у воду и у уље. Неки ученици су искрено запрепашћени исходом експеримента.

На крају часа ученици су још једном направили резиме о томе од чега зависи да ли тело испливава или тоне у течности, уз наглашавање који параметри сами по себи нису услов за пливање/тоњење.

За домаћи задатак затражено је да ученици још једном пажљиво проуче лекцију у уџбенику „Сила потиска и Архимедов закон“, да одговоре на питања која је следе и прочитају одељак дат на крају лекције под називом *Занимљивости* (Стевановић & Крнета, 2010). Осим тога, ученицима су постављена још два сложенија задатка која су заједно са питањима из уџбеника дата у *Прилогу 3-12* (одељак 6.15).

### **Час 6 - Сила потиска и појаве везане за њу (час понављања и уопштавања)**

На последњем часу реализоване су две активности планиране и у контролној и у експерименталној групи, а у циљу поређења постигнућа ученика на неklasичним задацима о сили потиска и појавама везаним за њу, као и кратка анализа домаћег задатка са претходног часа. Такође, ове активности су усмерене на понављање и уопштавање знања.

Ученици су најпре попуњавали радни лист намењен критичкој анализи решеног рачунског задатка који је детаљно описан у делу *Инструменти истраживања* и дат је као *Прилог 3-3* у одељку 6.6. Одмах након тога реализована је и активност заснована на снимку понашања тела у гасу чија је густина већа од густине ваздуха такође детаљно описана у делу *Инструменти истраживања* и дата као *Прилог 3-4* у одељку 6.7.

Након што су реализоване ове две активности, од ученика је затражено да изнесу своје недоумице и опишу проблеме које су имали приликом решавања постављених задатака.

Што се тиче задатка о јабуци, већина ученика имала је недоумицу да ли постоји јабука масе приближно 300 g, али су се сложили да „такве јабуке вероватно постоје, само што то сигурно нису јабуке просечне масе“. Осим тога, већина ученика је схватила да у поставци задатка постоји грешка која доводи до немогуће густине, пошто би таква јабука у води тонула.



Са наставником су размотрене могућности о томе каква је грешка у поставци задатка довела до оваквог резултата. Наставник је још једном подвукао неопходност разматрања физичког смисла решења сваког рачунског задатка, објашњавајући ученицима да физички немогуће решење може значити да постоји грешка у поставци задатка или да је начињена грешка у поступку решавања.

Када је у питању анализа снимка неубичајених појава везаних за силу потиска, ученици су истакли да су у први мах били веома изненађени оним што виде и да им је било најтеже да „натерају себе да уопште покушају да дају објашњење“, а потом „да се ослободе утиска о балону са хелијумом у ваздуху“, те да схвате „да се сипа неки гас који не да није хелијум који је мање густине од ваздуха, него је у питању нешто што је још веће густине од ваздуха“.

Осим тога, ученици су истакли да су ова два задатка тежа од класичних, рачунских задатака, али да их сматрају интересантнијим и кориснијим за напредовање у учењу.

Постигнућа ученика експерименталне групе на овим задацима детаљно су приказана у одељцима 4.3.1 и 4.3.2 у оквиру поглавља *Резултати истраживања са дискусијом*.

### **3.9. Варијабле истраживања**

А) Главна зависна варијабла у овом истраживању је напредак ученика на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни изражена на два начина:

- Као разлика скорова на завршном и уводном дијагностичком тесту и
- Као нормализовани напредак (G-фактор) који је дефинисан као количник оствареног напретка на тесту и укупног могућег напретка (Наке, 1998):

$$G = (\text{post} - \text{pre}) : (100\% - \text{pre}).$$

Притом су независне варијабле припадност ученика контролној или експерименталној групи, односно изложеност ученика традиционалном приступу настави или примењеном моделу наставе усмерене на активно учење о сили потиска и појавама везаним за њу и укупан скор на BLOT тесту, док су општи успех и оцена из физике на полугодишту контролне варијабле.

Б) У оквиру истраживачког задатка о постигнућу ученика на уводном дијагностичком тесту, зависна варијабла је постигнуће ученика на уводном дијагностичком тесту изражена преко фреквенције и процента различитих категорија ученичких одговора (научна концепција, алтернативна концепција, погрешан одговор и необразложен одговор), док је независна варијабла укупан скор на BLOT тесту и врста ученичких свакодневних искустава (могуће, релевантно искуство; могуће, нерелевантно искуство; немогуће искуство и без искуства).

В) У оквиру истраживачког задатка о примени и трајности усвојених знања о сили потиска и појавама везаним за њу, као зависне варијабле јављају се постигнуће ученика на посебним задацима реализованим на крају секвенције учења (критичко разматрање решења рачунског задатка и тумачење снимка неуобичајених физичких појава) и на одложеном концептуалном тесту, изражене укупним скоровима. Независна варијабла је припадност ученика контролној или експерименталној групи, односно изложеност ученика традиционалном приступу настави или примењеном моделу наставе усмерене на активно учење, док су укупан скор на BLOT тесту, општи успех и оцена из физике на полугодишту контролне варијабле.

### 3.10. Технике обраде података

За обраду прикупљених података коришћен је статистички пакет SPSS.

За проверу уједначености две групе у погледу степена когнитивног развоја ученика мереног BLOT тестом, општег успеха и оцене из физике на полугодишту и постигнућа на уводном дијагностичком тесту коришћена је анализа варијансе (ANOVA).

Приликом утврђивања постигнућа ученика на уводном дијагностичком тесту коришћене су дескриптивне статистичке мере (фреквенције и проценти ученичких одговора) за одређивање степена присуства научних и алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела, Пирсонова корелација за утврђивање везе између нивоа когнитивног развоја и степена присуства алтернативних концепција, као и анализа варијансе за поређење скорова ученика који имају научне и алтернативне концепције на тесту формалних операција. Осим тога, ради провере повезаност различитих категорија ученичких одговора на уводном дијагностичком тесту и врсте свакодневних искустава ученика о појавама пливања и тоњења примењен је  $\chi^2$  тест.

Приликом поређења постигнућа ученика на завршном дијагностичком тесту најпре су коришћене дескриптивне статистичке мере (фреквенције и проценти ученичких одговора) за одређивање степена присуства научних и алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела. Потом, ради утврђивања напретка на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни, примењена је анализа варијансе разлике скорова на завршном и уводном тесту, као и анализа варијансе вредности G-фактора у контролној и експерименталној групи.

Утицај врсте наставних искустава, односно изложеност ученика традиционој настави или моделу активног учења, ширег знања (школски успех и оцене из физике) и нивоа когнитивног развоја мереног BLOT тестом на напредак ученика на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни испитиван је регресионом анализом. Осим тога, ради додатне и детаљније провере повезаности нивоа когнитивног развоја мереног BLOT тестом и напредовања ученика на дијагностичком тесту извршена је анализе варијансе вредности G-фактора тако што су поређене две групе ученика које, условно речено, имају екстремна постигнућа на BLOT тесту. Доњу групу чине ученици чија су постигнућа на BLOT тесту најслабија и налазе се испод 25. перцентила<sup>13</sup>, док горњу групу чине ученици који постижу најбоље резултате и налазе се изнад 75. перцентила.

---

<sup>13</sup>Перцентил је скор на неком тесту испод кога се налази одређени проценат испитаника, у овом случају то је скор на BLOT тесту испод кога се налази 25%, односно 75% ученика.

Приликом поређења постигнућа ученика контролне и експерименталне групе при критичкој анализи решеног задатка коришћена је анализа варијансе скорова ученика на овом задатку, као и непараметарски Ман-Витни тест. За поређење постигнућа ученика контролне и експерименталне групе при објашњавању понашања тела у гасу чија је густина већа од густине ваздуха такође је коришћена анализа варијансе скорова ученика на овим задацима. Утицај врсте наставних искустава, ширег знања (школски успех и оцене из физике) и нивоа когнитивног развоја на постигнућа ученика на овим задацима испитиван је регресионом анализом.

Приликом поређења постигнућа ученика контролне и експерименталне групе на одложеном концептуалном тесту најпре су одређене фреквенције и проценти остварених скорова у контролној и експерименталној групи, а потом је извршена анализа варијансе остварених скорова у два групама. Утицај врсте наставних искустава, ширег знања (школски успех и оцене из физике) и нивоа когнитивног развоја на постигнућа ученика на одложеном тесту испитиван је регресионом анализом.

Ради испитивања могућности побољшања квалитета ученичких одговора у различитим фазама предвиди-посматрај-објасни активности демонстрације силе потиска применом Peer instruction наставне стратегије у експерименталној групи, одређене су, а затим упоређене фреквенције и проценти различитих категорија ученичких одговора пре и након размене мишљења у малим групама ученика.

## 4. Резултати истраживања са дискусијом

### 4.1. Постигнућа ученика на уводном дијагностичком тесту

Први истраживачки задатак дефинисан је као идентификовање степена заступљености различитих алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела код ученика седмог разреда непосредно пре реализације наставе о сили потиска и појавама везаним за њу. Додатно, у оквиру овог задатка било је потребно проверити повезаност степена когнитивног развоја ученика са присуством алтернативних концепција на уводном дијагностичком тесту. Такође, у оквиру овог задатка испитивана је заступљеност различитих категорија ученичких свакодневних искустава о појавама пливања и тоњења и њихова повезаност са врстом ученичких одговора на уводном дијагностичком тесту.

#### 4.1.1. Заступљеност различитих алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела

У циљу утврђивања степена присуства алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела израчунате су фреквенције и проценти различитих категорија ученичких одговора за сваки од задатака дијагностичког теста. Резултати за читав узорак представљени су у табели 10, док су резултати за контролну и експерименталну групу појединачно дати као прилог у одељку 6.16. Анализа варијансе (ANOVA) показала је да не постоје статистички значајне разлике у постигнућу ученика контролне и експерименталне групе на уводном дијагностичком тесту па ће овде бити разматрана само постигнућа на узорку у целини.

Из табеле 10 уочава се да су алтернативне концепције присутније у односу на научне на свим задацима, док на половини задатака оне доминирају и у односу на остале категорије ученичких одговора (погрешни одговори и одговори без образложења). То су задаци којима се испитује присуство следећих алтернативних концепција:

2. Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају;
4. Равне ствари пливају;
5. Оштра ивица предмета чини да он потоне;
6. Предмет у вертикалном положају тоне, а у хоризонталном плива;
7. Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају.

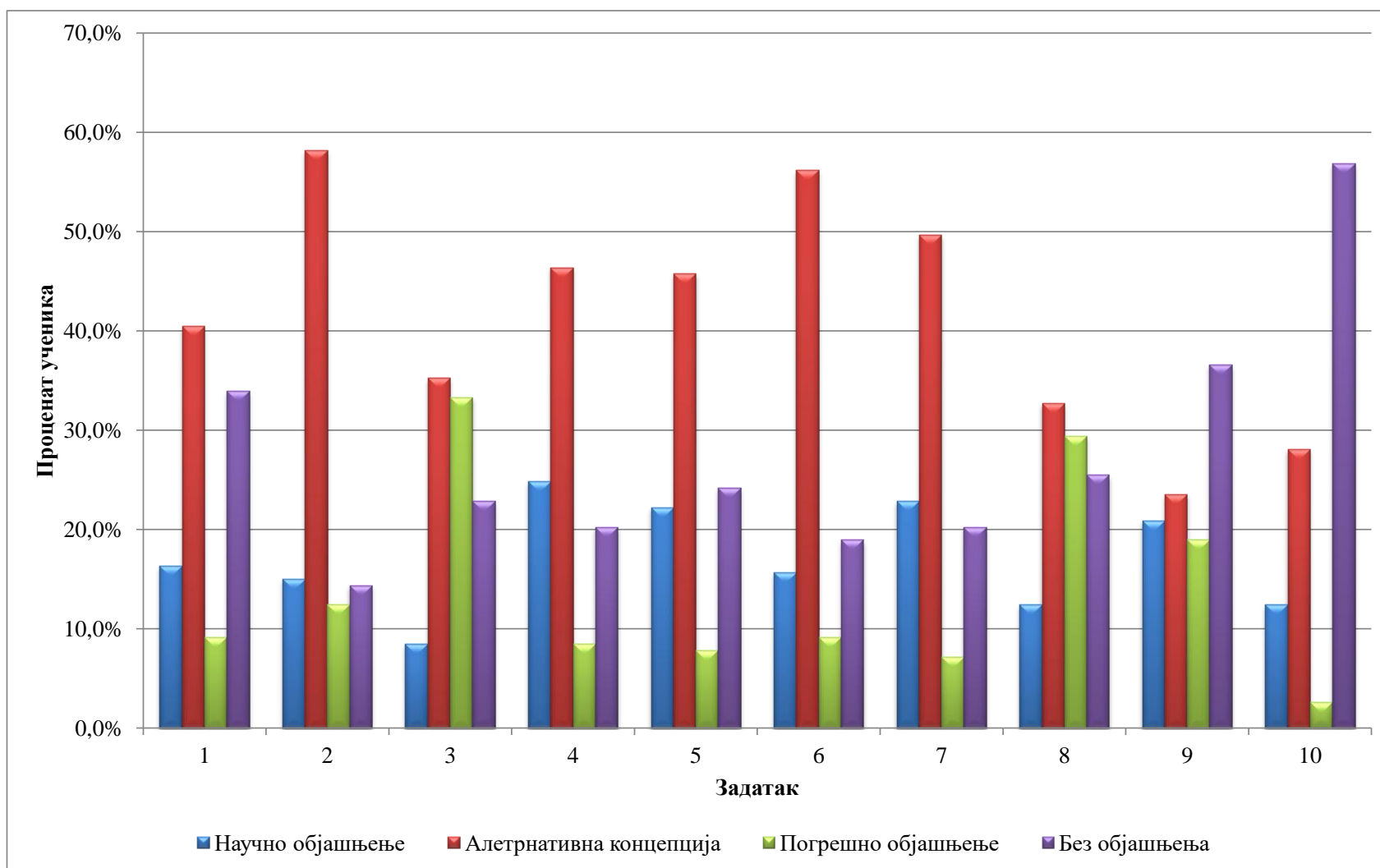
Што се тиче преосталих пет задатака, одговори који доминирају припадају категорији без образложења у задацима 9. Велика количина воде чини да ствари пливају и 10. Лепљива течност чини да ствари пливају, при чему у деветом задатку већина ученика бира тачан одговор без образложења, док су у десетом задатку тачно и погрешно одабрани одговори без образложења равномерно распоређени.

Осим тога, у првом задатку (*Велике и тешке ствари тону, а мале и лаке пливају*) већина ученика који дају одговор без образложења, бира тачан одговор, као и у деветом, што би се могло тумачити као нека врста прелаза од алтернативних концепција ка научним. У трећем и осмом задатку (*Шупље ствари тону и Допуњавање материјалом који плива помаже тешким стварима да пливају*) може се уочити да су алтернативне концепције и погрешни одговори готово једнако распрострањени (график 1).

**ТАБЕЛА 10:** Заступљеност четири категорије ученичких одговора на уводном дијагностичком тесту

<b>Задатак (типови алтернативних концепција)</b>	<b>Научно објашњење</b>	<b>Алтернативна концепција</b>	<b>Погрешно објашњење</b>	<b>Без објашњења</b>
1. Велике и тешке ствари тону, а мале и лаке пливају	25 (16.3%)	62 (40.5%)	14 (9.2%)	52 (34.0%)
2. Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају	23 (15.0%)	89 (58.2%)	19 (12.4%)	22 (14.4%)
3. Шупље ствари тону	13 (8.5%)	54 (35.3%)	51 (33.3%)	35 (22.9%)
4. Равне ствари пливају	38 (24.8%)	71 (46.4%)	13 (8.5%)	31 (20.3%)
5. Оштра ивица предмета чини да он потоне	34 (22.2%)	70 (45.8%)	12 (7.8%)	37 (24.2%)
6. Предмет у вертикалном положају тоне, а у хоризонталном плива	24 (15.7%)	86 (56.2%)	14 (9.2%)	29 (19.0%)
7. Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају	35 (22.9%)	76 (49.7%)	11 (7.2%)	31 (20.3%)
8. Допуњавање материјалом који плива помаже тешким стварима да пливају	19 (12.4%)	50 (32.7%)	45 (29.4%)	39 (25.5%)
9. Велика количина воде чини да ствари пливају	32 (20.9%)	36 (23.5%)	29 (19.0%)	56 (36.6%)
10. Лепљива течност чини да ствари пливају	19 (12.4%)	43 (28.1%)	4 (2.6%)	87 (56.9%)

Добијени резултати показују да су алтернативне концепције о пливању и тоњењу тела у великој мери распрострањене на испитиваном узорку будући да по својој заступљености алтернативне концепције превазилазе научне на свим задацима, док су на половини задатака присутније и у односу на остале категорије ученичких одговора.



**ГРАФИК 1.** Заступљеност четири категорије ученичких одговора на уводном дијагностичком тесту о пливању и тоњењу тела на целом узорку

Као најзаступљеније алтернативне концепције, присутне код више од половине испитаних ученика, издвојиле су се оне идентификоване другим (58.2% ученика) и шестим задатком (56.2% ученика) на дијагностичком тесту: ови ученици су исказали мишљење да предмети испливавају уколико имају ваздуха у себи, као и да пливање и тоњење тела зависи од његовог положаја - ако је предмет у вертикалном положају, он ће тонати, међутим уколико се исти предмет постави хоризонтално, он ће пливати.

Да је схватање о томе да пливање и тоњење тела зависи од његовог положаја, односно облика, веома заступљено додатно потврђују одговори ученика у четвртном и петом задатку (*Равне ствари пливају* и *Оштра ивица предмета чини да он потоне*) где 46.4%, односно 45.8% ученика испољава алтернативне концепције.

Осим ових алтернативних концепција које се тичу присуства ваздуха, облика и положаја тела, издвојила се и концепција о томе да предмети који су од тврђих материјала тону, а они од меких пливају, испитивана седмим задатком (49.7% ученика).

Поред тога, приближно трећина ученика дала је погрешан одговор у трећем и осмом задатку (*Шупље ствари тону* и *Допуњавање материјалом који плива помаже тешким стварима да пливају*), највероватније услед неуважавања услова задатка, наводећи да „вода улази у предмет услед чега он тоне“. На основу оваквих одговора који се јављају на оба задатка, можемо закључити да је и алтернативна концепција о томе да шупље ствари тону прилично заступљена. Овом закључку додатно доприноси чињеница да на трећем задатку који се тиче ове алтернативне концепције постоји најмање научних објашњења (8.5%).

У десетом задатку који испитује присуство алтернативне концепције о томе да лепљива течност чини да тело плива, највише су заступљени одговори без образложења. Мали број научних објашњења у овом задатку (12.4%), као и изражено присуство алтернативне концепције да пливање и тоњење тела зависи од тога да ли је тело направљено од тврдог или меког материјала (што је испитивано 7. задатком), наводи на закључак да ученици нису у потпуности усвојили појам густине. Наиме, ученици очигледне особине супстанције као што су тврдоћа или лепљивост недовољно разликују од комплекснијег појма густине, што може бити значајна препрека схватању услова за пливање и тоњење тела.

Мали број ученика, од 8.5% на трећем (*Шупље ствари тону*) до 24.8% на четвртном задатку (*Равне ствари пливају*) даје одговоре базиране на научним концептима. Са једне стране, мањи број научних објашњења је очекиван будући да је реч о дијагностичком тесту који се реализује непосредно пре обраде феномена пливања и тоњења тела кроз наставу у којој се уводи појам силе потиска и разматрају односи гравитационе и силе



потиска као услова за понашање тела у течности. Са друге стране, заступљеност научних објашњења која укључују појам густине требала би бити виша када имамо у виду да је усвајање овог појма један од циљева наставе физике шестог разреда.

#### **4.1.2. Повезаност степена когнитивног развоја и присуства алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела**

У оквиру првог истраживачког задатка проверавана је веза степена когнитивног развоја и присуства алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела.

Утврђено је да постоји умерена позитивна корелација између постигнућа ученика на тесту формалних операција и постигнућа на уводном дијагностичком тесту ( $r=0.30$ ,  $p=0.00$ ). Овај податак сугерише да ученици који су у већој мери овладали формално-операционалним мишљењем имају боља постигнућа на дијагностичком тесту, односно да дају више одговора који указују на формирање научних концепата и истовремено мање одговора у којима се јављају алтернативне концепције у односу на ученике који имају ниже скорове на BLOT тесту.

Може се рећи да постоји слабија заступљеност алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела код ученика на вишем ступњу когнитивног развоја у односу на оне на нижем. Ради додатне и прецизније провере овог закључка издвојени су ученици који дају научна и алтернативна објашњења и, коришћењем ANOVA, за сваки задатак на дијагностичком тесту упоређени су скорови те две групе ученика на BLOT тесту. Резултати су приказани у табели 11.

Из табеле 11 уочава се да на шест од десет задатака ученици који дају научна објашњења имају више скорове на тесту формалних операција у односу на ученике који имају алтернативне концепције о пливању и тоњењу тела. На преостала четири задатка нису нађене статистички значајне разлике између две групе ученика у погледу нивоа когнитивног развоја. Реч је о задацима који испитују присуство следећих алтернативних концепција:

- 2. Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају;*
- 3. Шупље ствари тону;*
- 6. Предмет у вертикалном положају тоне, а у хоризонталном плива и*
- 7. Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају.*

Као што је показала претходна анализа ово су алтернативне концепције које доминирају над научним објашњењима, као и у односу на остале категорије ученичких одговора, те

можемо рећи да су од свих испитиваних концепција, управо ове четири најинтензивније заступљене код ученика без обзира на степен њиховог когнитивног развоја.

**ТАБЕЛА 11:** Поређење скорова на BLOT тесту ученика са научним и алтернативним концепцијама на појединачним задацима уводног дијагностичког теста

Задатак	Просечан скор на BLOT тесту ученика са алтернативним концепцијама	Просечан скор на BLOT тесту ученика са научним концепцијама	F	p
1. Велике и тешке ствари тону, а мале и лаке пливају	M=20.7	M=24.7	F(82,1)=8.892	0.004
2. Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају		Нема статистички значајних разлика		
3. Шупље ствари тону		Нема статистички значајних разлика		
4. Равне ствари пливају	M=21.3	M=23.7	F(102,1)=4.149	0.044
5. Оштра ивица предмета чини да он потоне	M=20.9	M=23.7	F(98,1)=5.809	0.018
6. Предмет у вертикалном положају тоне, а у хоризонталном плива		Нема статистички значајних разлика		
7. Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају		Нема статистички значајних разлика		
8. Допуњавање материјалом који плива помаже тешким стварима да пливају	M=20.1	M=23.9	F(65,1)=8.108	0.016
9. Велика количина воде чини да ствари пливају	M=19.9	M=23.8	F(62,1)=6.829	0.011
10. Лепљива течност чини да ствари пливају	M=21.3	M=27.0	F(56,1)=16.630	0.000

#### **4.1.3. Повезаност различитих категорија ученичких одговора на уводном дијагностичком тесту и врсте свакодневних искустава о пливању и тоњењу тела**

У оквиру првог истраживачког задатка испитивана је и повезаност врсте ученичких свакодневних искустава са алтернативним концепцијама о пливању и тоњењу тела. У том циљу од ученика је затражено да на уводном дијагностичком тесту, додатно, уз сваки задатак наведу да ли у свом свакодневном искуству препознају неку сличну ситуацију и

ако је то случај да је детаљно опишу. Ученички одговори на ово питање сврставани су у једну од четири категорије: 1. Могуће, релевантно искуство; 2. Могуће, нерелевантно искуство; 3. Немогуће искуство и 4. Без искуства.

Да бисмо проверили повезаност различитих категорија ученичких одговора на уводном дијагностичком тесту (научно објашњење, алтернативна концепција и остали одговори – погрешни и без образложења) и врсте свакодневних искустава ученика о појавама пливања и тоњења примењен је  $\chi^2$  тест. Ова врста анализе примењена је на сваки задатак дијагностичког теста. Одговарајуће табеле (contingency tables) приказане су у додатку 6.17, а њихова интерпретација следи уз податке дате у табели 12.

**ТАБЕЛА 12:** Резултати  $\chi^2$  теста

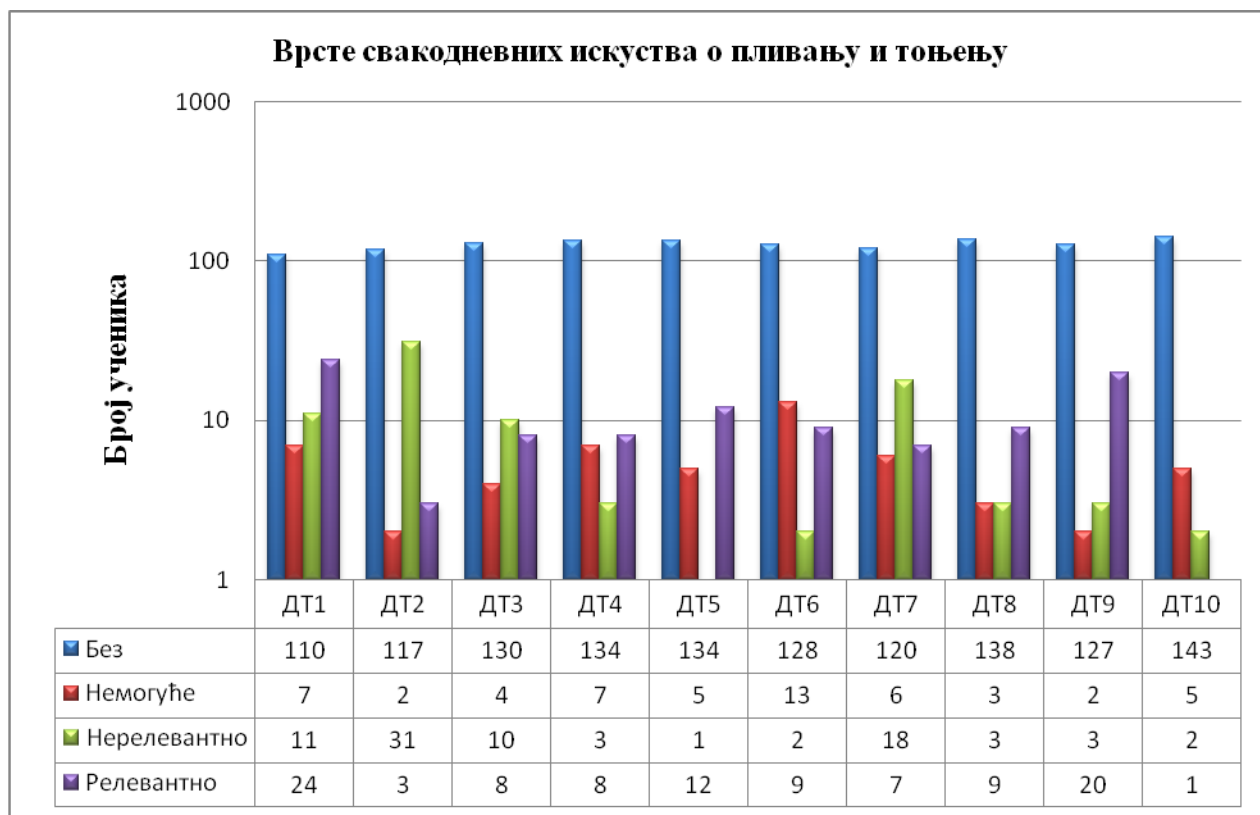
Задатак	$\chi^2$	df	Cramer's V	p
1. Велике и тешке ствари тону, а мале и лаке пливају	56.020	6	0.429	0.000
2. Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају	21.578	6	0.266	0.001
3. Шупље ствари тону	23.276	6	0.277	0.001
4. Равне ствари пливају	36.499	6	0.346	0.000
5. Оштра ивица предмета чини да он потоне	45.725	6	0.388	0.000
6. Предмет у вертикалном положају тоне, а у хоризонталном плива	39.425	6	0.360	0.000
7. Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају	19.943	6	0.257	0.003
8. Допуњавање материјалом који плива помаже тешким стварима да пливају	30.368	6	0.315	0.000
9. Велика количина воде чини да ствари пливају	24.558	6	0.284	0.000
10. Лепљива течност чини да ствари пливају	14.397	6	0.218	0.025

Резултати показују да на свим задацима дијагностичког теста постоји статистички значајна повезаност различитих категорија ученичких одговора са врстом свакодневних искустава о појавама пливања и тоњења тела и то на следећи начин:

1. Релевантна искуства најчешће наводе ученици који дају научна објашњења;
2. Немогућа искуства најчешће наводе ученици који имају алтернативне концепције;

3. Могућа, али за дати задатак нерелевантна искуства уобичајено наводе ученици са алтернативним концепцијама, посебно у случају задатака 2 и 7 (*Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају и Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају*);
4. Ученици који наводе погрешне одговоре или дају одговоре без образложења уобичајено не наводе било коју врсту искустава.

Ипак, посматрајући узорак испитиваних ученика јасно је да већина ученика није била у могућности да опише било коју врсту искуства (график 2).



**ГРАФИК 2.** Заступљеност различитих категорија ученичких искустава о појавама пливања и тоњења на задацима дијагностичког теста: 1. Велике и тешке ствари тону, а мале и лаке пливају (ДТ<sub>1</sub>); Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају (ДТ<sub>2</sub>); Шупље ствари тону (ДТ<sub>3</sub>); Равне ствари пливају (ДТ<sub>4</sub>); Оштра ивица предмета чини да он потоне (ДТ<sub>5</sub>); Предмет у вертикалном положају тоне, а у хоризонталном плива (ДТ<sub>6</sub>); Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају (ДТ<sub>7</sub>); Допуњавање материјалом који плива помаже тешким стварима да пливају (ДТ<sub>8</sub>); Велика количина воде чини да ствари пливају (ДТ<sub>9</sub>); Лепљива течност чини да ствари пливају (ДТ<sub>10</sub>).

Од свега 5.3% на десетом до највише 21% ученика на првом задатку описало је неку врсту искуства која је по њиховом мишљењу везана за наведену ситуацију. При томе међу датим одговорима на свим питањима постоји повезаност врсте објашњења (научно, алтернативна концепција и остали одговори) и описане ситуације (релевантно искуство; могуће, али за дати задатак нерелевантно искуство и немогуће искуство).

Релеванта искуства, навођена пре свега од стране ученика са научним објашњењима, заступљенија су од осталих у задацима 1. *Велике и тешке ствари тону, а мале и лаке пливају*, 4. *Равне ствари пливају*, 5. *Оштра ивица предмета чини да он потоне*, 8. *Допуњавање материјалом који плива помаже тешким стварима да пливају* и 9. *Велика количина воде чини да ствари пливају*. При томе, у четвртм задатку број релевантних искустава само је за нијансу већи од броја немогућих, док се девети задатак истиче као онај у коме су ученици највише наводили релевантна искустава.

Могућа, али за дати задатак нерелевантна искуства заступљенија су у односу на остале одговоре у три сегмента дијагностичког теста:

*Други задатак* - ученици посматрају две кугле једнаке масе и запремине, уз напомену да је једна од „пуног“ материјала, док друга у средини садржи простор испуњен ваздухом. Вероватно обраћајући пажњу само на скицу, али не и на напомене у самом тексту, ученици описују примере у којима „вода улази“ у предмет услед чега он тоне. На пример: „Пластична флаша плива, али ако се напуни водом она ће потонути.“ Ово је задатак који се убедљиво истиче заступљеношћу могућих, али нерелевантних искустава. Близу једне петине испитиваних ученика навело је примере који су одраз снажног утицаја свакодневног искуства и уједно неразумевања смисла густине тела. Ради се пре свега о ученицима код којих је присутна концепција да предмети који у себи имају ваздуха не могу потонути.

*Трећи задатак* - одликује се малим број наведених искустава, међу којима су најзаступљенија могућа, али за дати задатак нерелевантна искуства. На пример: „Брод ће потонути када се напуни водом“, мада се предмет скициран и описан у задатку не може „напунити“ водом. Оваква искуства наводили су ученици са алтернативном концепцијом да тела са шупљинама увек тону, али и ученици који су само одабрали погрешан одговор без образложења, па чак и два ученика који су дали научно објашњење које укључује навођење односа густине тела и течности, што опет указује на снажан утицај одређених искустава ученика.

*Седми задатак* - највећи број ученика разматра само да ли је тело од чврстог или меког материјала, не узимајући у обзир да су у питању тела једнаке запремине, али и масе. На пример: „Ако имамо две кугле једнаке величине, једну од гвожђа, а другу од папира,

одмах ће потонути само гвоздена.“ Овакве примере наводе пре свега ученици код којих се јавља испитивана алтернативна концепција о утицају чвстине тела на пливање и тоњење.

Осим тога, у шестом задатку највећи је број немогућих искустава наведених од стране ученика са алтернативном концепцијом да предмети у хоризонталном положају пливају а у вертикалном тону. На пример: „Оловка плива на води, али ако је ставимо усправно она ће потонути.“ Десети задатак је задатак са најмање наведених искустава, а већина је немогућа, на пример: „Ако каменчић пропада кроз воду, зауставиће се у уљу пошто је оно лепљиво и густо.“

Ако сумирамо резултате претходно изнетих анализа о заступљености различитих алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела код ученика седмог разреда непосредно пре реализације наставе о сили потиска и појавама везаним за њу, њиховој повезаности са степеном когнитивног развоја и врстама свакодневних искустава о испитиваним феноменима, може се закључити:

- Алтернативне концепције о пливању и тоњењу тела широко су заступљене код испитиваних ученика седмог разреда основне школе непосредно пре реализације наставе о сили потиска и појавама везаним за њу. Далеко су доминантније у односу на научна објашњења заснована на навођењу односа густине тела и течности, а често и у односу на остале врсте ученичких одговора (погрешне одговоре или одговоре без образложења). Овај резултат у складу је са налазима студија који показују велику заступљеност ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела (Gang, 1995; Hardy et al. 2006; Tomita, 2008; Yin, Tomita & Shavelson, 2008; Yin, Tomita & Shavelson 2013).
- Утврђено је да постоји умерена позитивна корелација између постигнућа ученика на тесту формалних операција и постигнућа на уводном дијагностичком тесту, а овај резултат може бити схваћени као додатни сигнал за наставнике да своје интервенције примере ученицима различитих способности.

Осим тога, показало се да су неке алтернативне концепције широко заступљене код ученика без обзира на њихов когнитивни ниво, што значи да управо те концептуалне промене могу бити посебно изазован задатак како за ученике, тако и за наставника који мора применити адекватну наставну стратегију. Реч је о алтернативним концепцијама: *Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају; Шупље ствари тону; Предмет у вертикалном положају тоне, а у хоризонталном плива и Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају.*

- Добијени резултати потврђују налазе студија о сложености концепта густине (Perkins & Grotzer, 2005; Xu & Clarke, 2012). Значајан проценат ученика показао је да има проблем са разумевањем појма густине тела, као и са недовољним

разликовањем густине од карактеристика тела које су доступније непосредном опажању, као што су тврдоћа или лепљивост, иако су током шестог разреда учили о овом појму.

Такође, постоји могућност да усвајање научног концепта густине захтева виши ниво когнитивног развоја, будући да на овом узрасту још увек траје развој формалних операција (Stepanović, 2007; Shayer et al. 1992; Mwamwenda, 1999; Hawkins, 2001).

Изнети резултати су још један доказ у прилог тезе да алтернативне концепције могу бити веома отпорне на школско учење (Антић, 2007; Chinn & Malhotra, 2002; Duit 2009; Fleer, 2009; Krsnik, 2001; Smith, diSessa & Roschelle, 1993), што указује на важност наставничког посредовања у конструкцији научних појмова.

- Резултати испитивања врсте ученичких искустава повезаних са концептима о пливању и тоњењу тела показују да на свим задацима дијагностичког теста постоји статистички значајна повезаност различитих категорија ученичких одговора (научне концепције, алтернативне концепције, погрешни и необразложени одговори) са врстом наведених свакодневних искустава о појавама пливања и тоњења тела (могуће и релевантно искуство, могуће и нерелевантно искуство, немогуће искуство и без искуства). Ипак, на свим задацима већина ученика није била у могућности да опише своја свакодневна искуства.

Ово недвосмислено указује на важност развијања наставних стратегија којима се активирају релеванта свакодневна искуства ученика уз обезбеђивање прилика за супротстављање алтернативним концепцијама кроз практичне активности (Gang, 1995). Осим тога, јасно је да постоји потреба за задацима који подстичу вербализацију ученичких искустава, ставова и стечених знања (Radovanović & Sliško, 2014a).

## **4.2. Поређење напретка ученика контролне и експерименталне групе на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни**

Основни задатак у овом истраживању односи се на поређење напредовања ученика контролне и експерименталне групе на дијагностичком тесту о пливању и тоњењу тела након реализоване наставе о сили потиска и појавама везаним за њу у односу на уводни тест. Додатно, испитивана је повезаности нивоа когнитивног развоја мереног BLOT тестом и напредовања ученика на дијагностичком тесту имајући у виду комплексност ове концептуалне промене.

### **4.2.1. Постигнућа ученика контролне и експерименталне групе на завршном дијагностичком тесту**

Најпре су израчунате фреквенције и проценти различитих категорија ученичких одговора за сваки задатак на завршном дијагностичком тесту, а резултати су приказани у табели 13. Ради упоређивања заступљености различитих категорија ученичких одговора на сваком задатку завршног дијагностичког теста у контролној и експерименталној групи подаци су приказани помоћу графика 3А и 3Б.

Анализом података о заступљености различитих категорија ученичких одговора на завршном дијагностичком тесту може се уочити да су постигнућа ученика експерименталне групе веома висока.

Око 90% ученика у експерименталној групи дало је научна објашњења на шест задатака:

1. *Велике и тешке ствари тону, а мале и лаке пливају (89.2%);*
3. *Шупље ствари тону (90.5%);*
4. *Равне ствари пливају (93.2%);*
5. *Оштра ивица предмета чини да он потоне (93.2%);*
6. *Предмет у вертикалном положају тоне, а у хоризонталном плива (94.6%) и*
9. *Велика количина воде чини да ствари пливају (87.8%).*

Око 80% ученика дало је научна објашњења на три задатка:

7. *Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају (79.7%);*
8. *Допуњавање материјалом који плива помаже тешким стварима да пливају (77.0%) и*
10. *Лепљива течност чини да ствари пливају (82.4%).*



Најслабија постигнућа ученика експерименталне групе су на задатку 2. *Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају* где је 70.3% ученика дало научно објашњење.

Са друге стране, постигнућа ученика контролне групе на завршном дијагностичком тесту значајно су слабија.

Најбољи резултати у контролној групи остварени су на четвртном и седмом задатку (*Равне ствари пливају* и *Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају*), где је у оба случаја око једна трећина ученика (32.1%) дала научна објашњења.

На свим осталим задацима проценат научних објашњења нижи је од 30%, а на првом, трећем и осмом задатку чак је нижи од 10% (*Велике и тешке ствари тону, а мале и лаке пливају; Шупље ствари тону; Допуњавање материјалом који плива помаже тешким стварима да пливају*).

Када је у питању заступљеност алтернативних концепција на завршном дијагностичком тесту, разлике у експерименталној и контролној групи такође су веома изражене (график 3А и 3Б).

У експерименталној групи веома мали број ученика наводи објашњења која указују на присуство алтернативних концепција, од свега 1.4% на првом, трећем, петом и деветом задатку (*Велике и тешке ствари тону, а мале и лаке пливају; Шупље ствари тону; Оштра ивица предмета чини да он потоне* и *Велика количина воде чини да ствари пливају*) до 10.8% на другом и осмом задатку (*Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају* и *Допуњавање материјалом који плива помаже тешким стварима да пливају*).

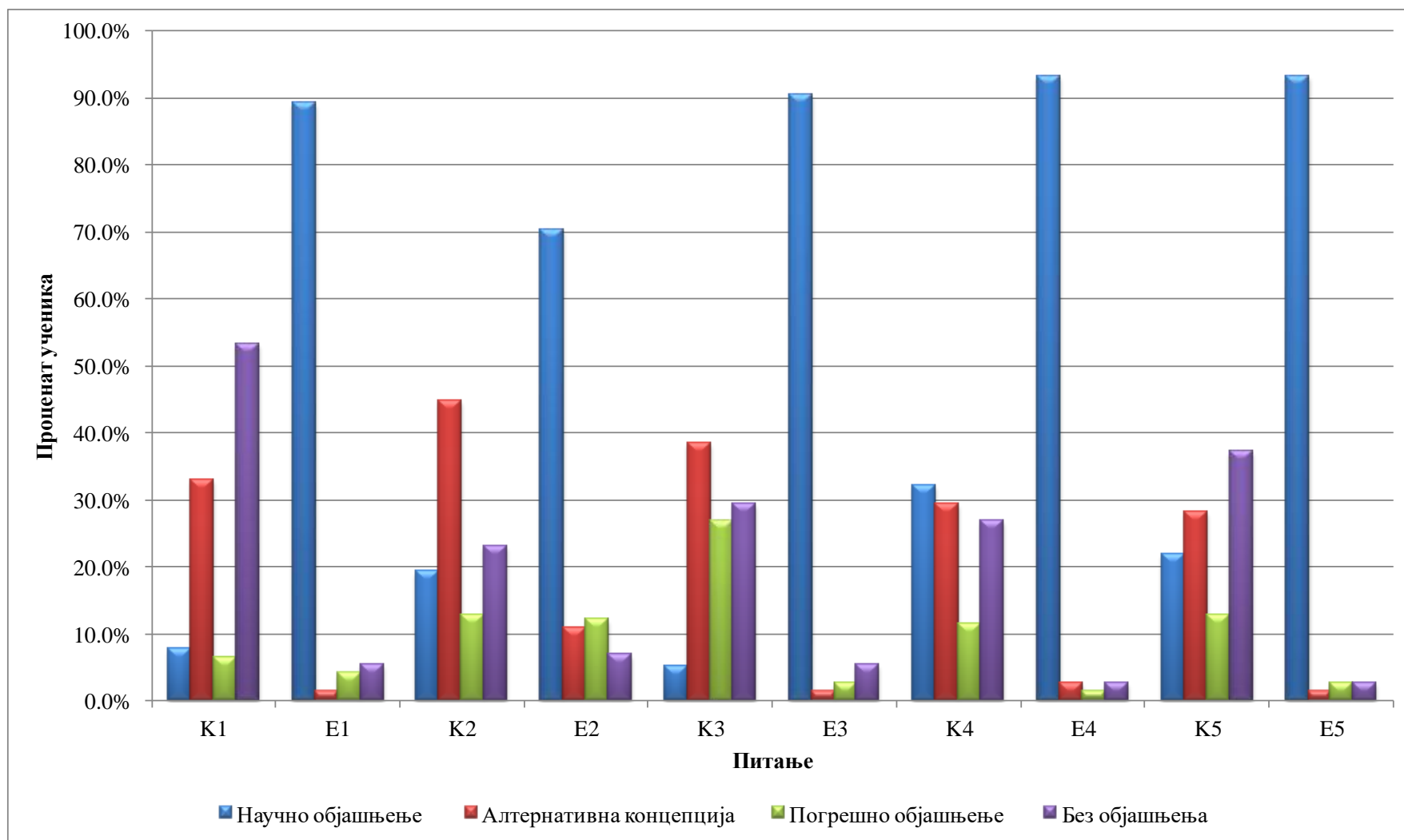
У контролној групи најмање алтернативних концепција је на деветом задатку (*Велика количина воде чини да ствари пливају*), 15.4%, а највише на другом (*Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају*), 44.9%.

Осим тога, у контролној групи број одговора без образложења је висок. Од приближно једне четвртине до једне половине ученика, у зависности од задатка, даје одговоре без било каквог образложења. Као задаци на којима су најзаступљенији овакви одговори издвојили су се први и девети задатак (*Велике и тешке ствари тону, а мале и лаке пливају* и *Велика количина воде чини да ствари пливају*) са 53.2% односно 46.2%, при чему је већина ученика одабрала тачан одговор, али није умела да напише образложење. На свим осталим задацима у контролној групи број тачно и погрешно одабраних одговора без образложења приближно је равномерно распоређен.

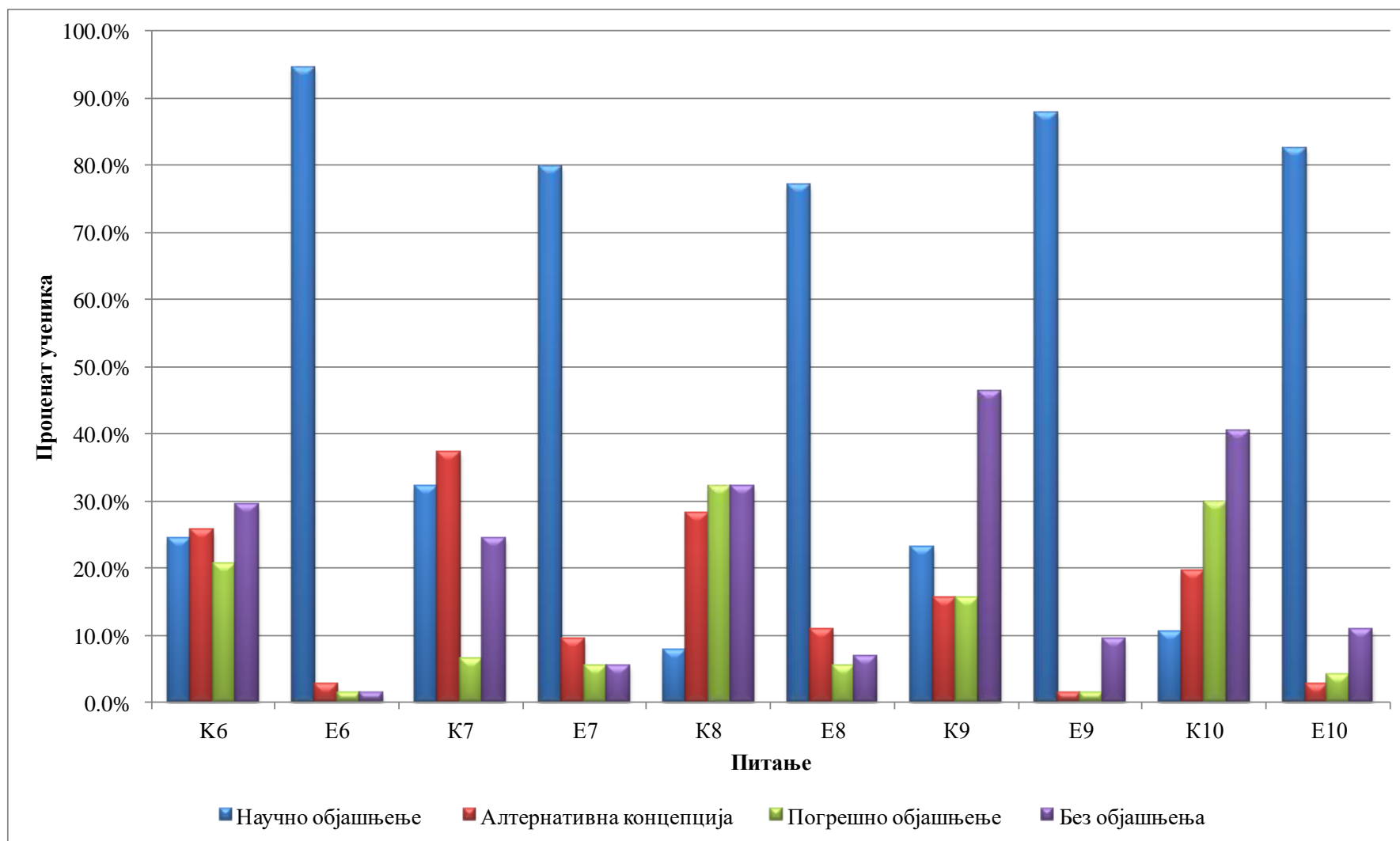
Са друге стране, у експерименталној групи мали је број ученика који нису давали образложење свог одговора (од најмање 1.4% до највише 10.8% у зависности од задатка).

**ТАБЕЛА 13:** Заступљеност четири категорије ученичких одговора на завршном тесту о пливању и тоњењу у контролној (К) и експерименталној (Е) групи

Задатак (типови алтернативних концепција)	Научно објашњење		Алтернативна концепција		Погрешно објашњење		Без објашњења	
	К	Е	К	Е	К	Е	К	Е
1. Велике/тешке ствари тону, мале/лаке пливају	6 (7.6%)	66 (89.2%)	26 (32.9%)	1 (1.4%)	5 (6.3%)	3 (4.1%)	42 (53.2%)	4 (5.4%)
2. Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају	15 (19.2%)	52 (70.3%)	35 (44.9%)	8 (10.8%)	10 (12.8%)	9 (12.2%)	18 (23.1%)	5 (6.8%)
3. Шупље ствари тону	4 (5.1%)	67 (90.5%)	30 (38.5%)	1 (1.4%)	21 (26.9%)	2 (2.7%)	23 (29.5%)	4 (5.4%)
4. Равне ствари пливају	25 (32.1%)	69 (93.2%)	23 (29.5%)	2 (2.7%)	9 (11.5%)	1 (1.4%)	21 (26.9%)	2 (2.7%)
5. Оштра ивица предмета чини да он потоне	17 (21.8%)	69 (93.2%)	22 (28.2%)	1 (1.4%)	10 (12.8%)	2 (2.7%)	29 (37.2%)	2 (2.7%)
6. Предмет у вертикалном положају тоне, а у хоризонталном плива	19 (24.4%)	70 (94.6%)	20 (25.6%)	2 (2.7%)	16 (20.5%)	1 (1.4%)	23 (29.5%)	1 (1.4%)
7. Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају	25 (32.1%)	59 (79.7%)	29 (37.2%)	7 (9.5%)	5 (6.4%)	4 (5.4%)	19 (24.4%)	4 (5.4%)
8. Допуњавање материјалом који плива помаже тешким стварима да пливају	6 (7.7%)	57 (77.0%)	22 (28.2%)	8 (10.8%)	25 (32.1%)	4 (5.4%)	25 (32.1%)	5 (6.8%)
9. Велика количина воде чини да ствари пливају	18 (23.1%)	65 (87.8%)	12 (15.4%)	1 (1.4%)	12 (15.4%)	1 (1.4%)	36 (46.2%)	7 (9.5%)
10. Лепљива течност чини да ствари пливају	8 (10.4%)	61 (82.4%)	15 (19.5%)	2 (2.7%)	23 (29.9%)	3 (4.1%)	31 (40.3%)	8 (10.8%)



**ГРАФИК 3А.** Поређење постигнућа ученика контролне (К) и експерименталне (Е) групе на завршном дијагностичком тесту о пливању и тоњењу тела на задацима 1-5.



**ГРАФИК ЗБ.** Поређење постигнућа ученика контролне (К) и експерименталне (Е) групе на завршном дијагностичком тесту о пливању и тоњењу на задацима 6-10.

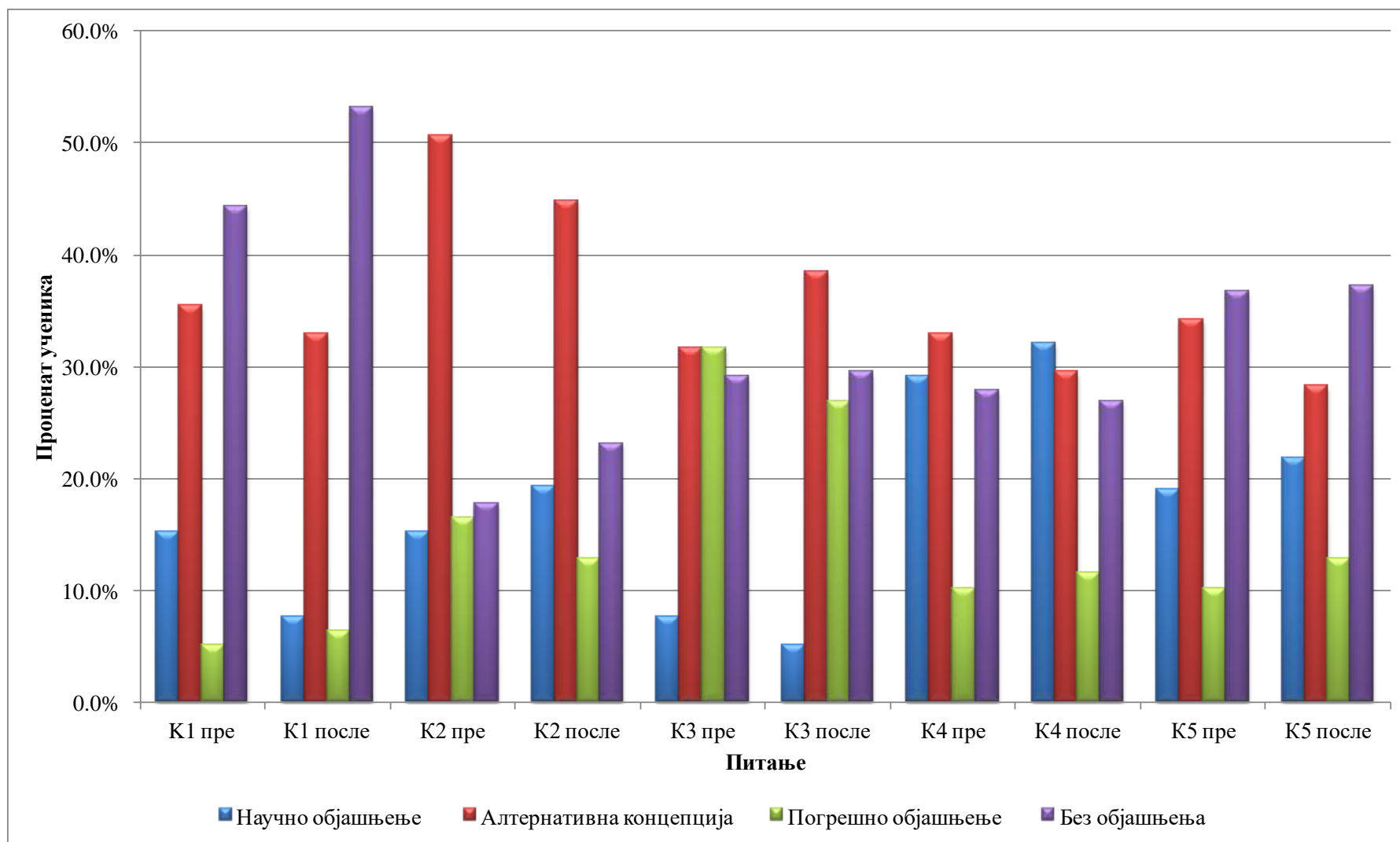
#### 4.2.2. Поређење постигнућа ученика контролне и експерименталне групе на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни

Ако упоредимо постигнућа ученика контролне групе на уводном и завршном дијагностичком тесту (график 4А и 4Б), може се уочити врло благ напредак од свега неколико процената приликом навођења научних објашњења на другом, четвртом, петом и осмом задатку (*Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају; Равне ствари пливају; Оштра ивица предмета чини да он потоне и Допуњавање материјалом који плива помаже тежим стварима да пливају*) и нешто веће напредовање од око 10% на шестом, седмом, деветом и десетом задатку (*Предмет у вертикалном положају тоне, а у хоризонталном плива; Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају; Велика количина воде чини да ствари пливају и Лепљива течност чини да ствари пливају*).

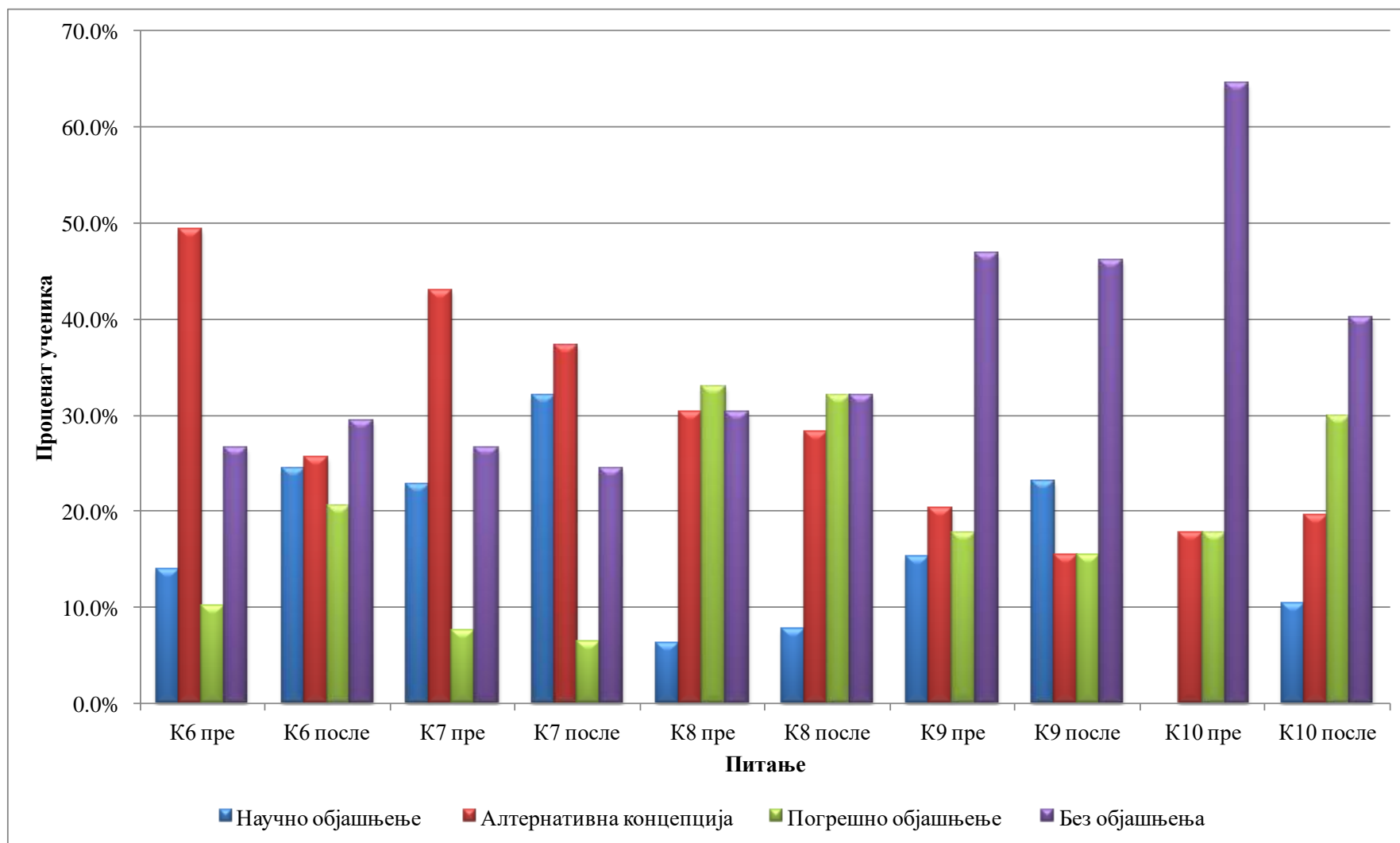
Осим тога, уочава се и благо опадање процента научних објашњења на првом и трећем задатку (*Велике и тешке ствари тону, а мале и лаке пливају и Шупље ствари тону*).

У контролној групи постоји благ пад у проценту ученика који испољавају алтернативне коцепције на већини задатака. Изузетак је задатак шест (*Предмет у вертикалном положају тоне, а у хоризонталном плива*) где је на завршном дијагностичком тесту дупло мање ученика са алтернативним концепцијама него на уводном (График 4Б), али и задаци три и десет (*Шупље ствари тону и Лепљива течност чини да ствари пливају*) где постоји благо повећање броја ученика са алтернативним концепцијама што би требало додатно испитати.

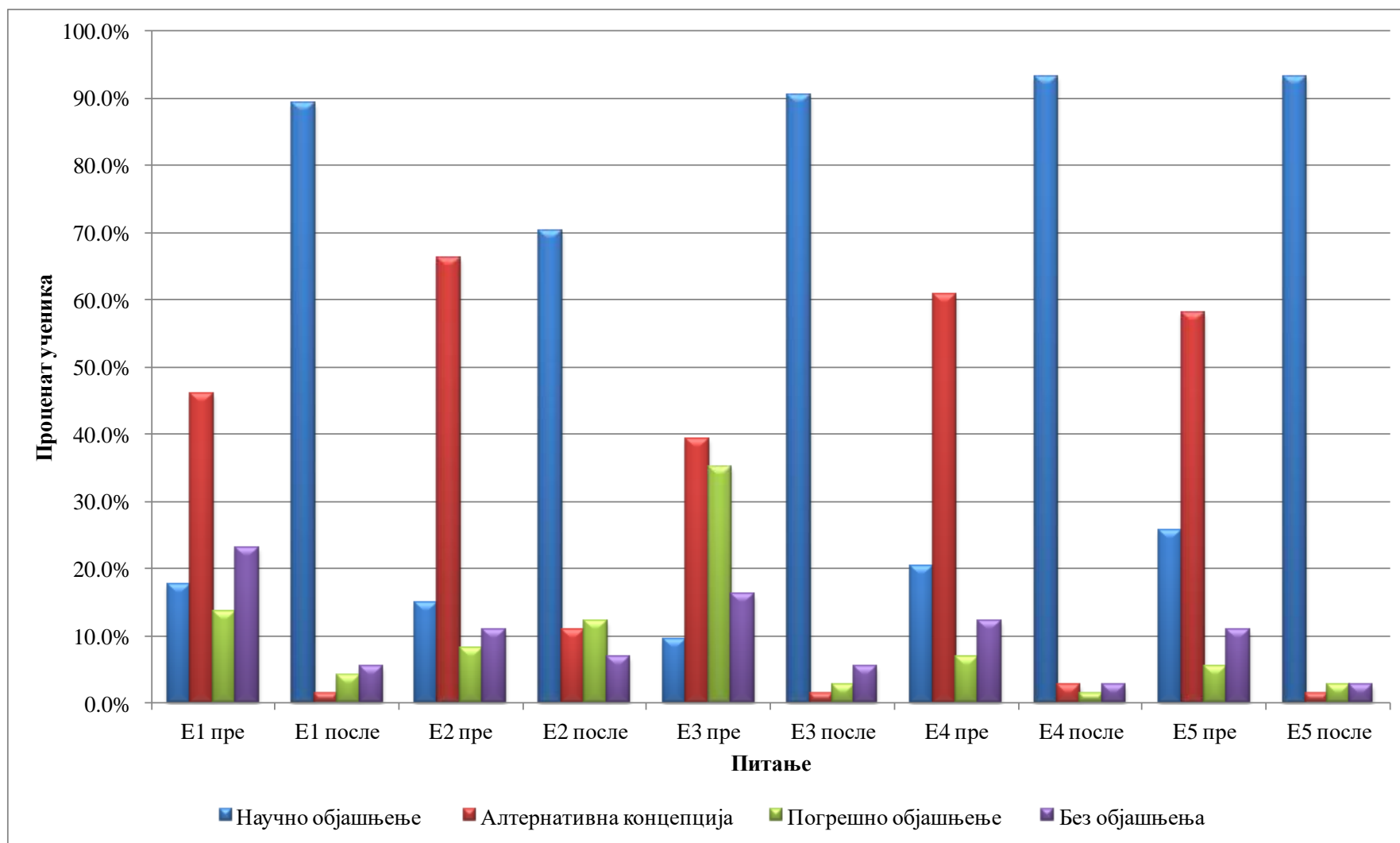
У експерименталној групи јасно се уочава веома високо повећање процента научних објашњења на свим задацима на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни и у исто време опадање заступљености свих испитиваних алтернативних концепција (график 5А и 5Б). При томе треба нагласити да су научна објашњења која дају ученици у експерименталној групи најчешће са више детаља у односу на она дата од стране ученика у контролној групи, као и да постоји дубље разумевање услова за пливање и тоњење тела исказано кроз повезивање односа густина тела и течности са односом гравитационе и силе потиска.



**ГРАФИК 4А.** Поређење постигнућа ученика контролне групе на уводном и завршном дијагностичком тесту о пливању и тоњењу тела на задацима 1-5.

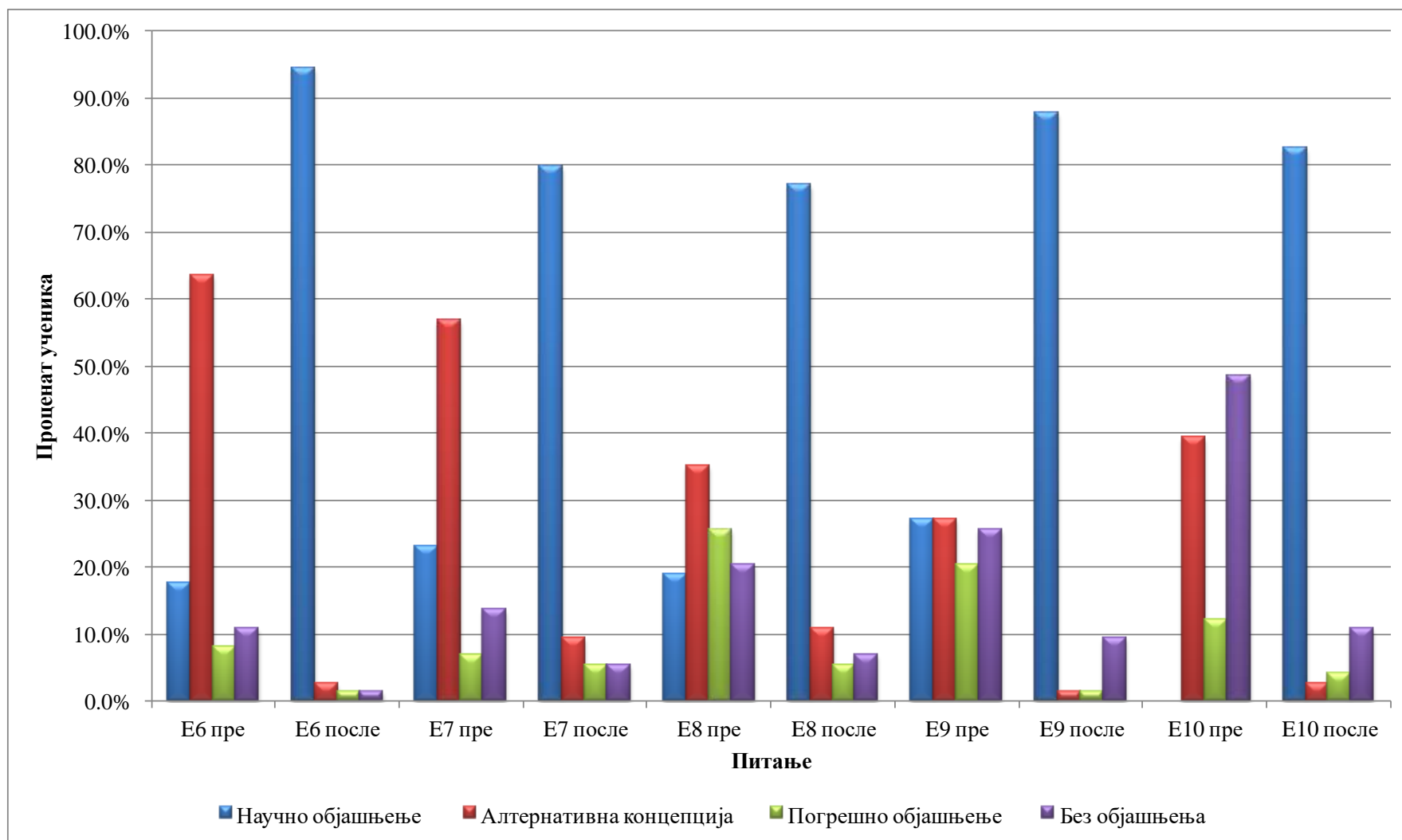


**ГРАФИК 4Б.** Поређење постигнућа ученика контролне групе на уводном и завршном дијагностичком тесту о пливању и тоњењу тела на задацима 6-10.



**ГРАФИК 5А.** Поређење постигнућа ученика експерименталне групе на уводном и завршном дијагностичком тесту о пливању и тоњењу тела на задацима 1-5.





**ГРАФИК 5Б.** Поређење постигнућа ученика експерименталне групе на уводном и завршном дијагностичком тесту о пливању и тоњењу тела на задацима 6-10.

Као следећи корак спроведена је анализа варијансе (ANOVA) за зависну варијаблу која је представљена као разлика скорова на завршном и уводном дијагностичком тесту. Показало се да експериментална група остварује израженији напредак на завршном тесту у односу на контролну ( $F(149,1)=187.214, p=0.00$ ). Просечна разлика скорова на завршном и уводном дијагностичком тесту за експерименталну групу износи  $10.5\pm 4.55$ , док је код контролне групе просечна разлика свега  $0.4\pm 4.51$  (табела 14).

**ТАБЕЛА 14:** Дескриптивне мере за експерименталну и контролну групу у погледу напретка на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни израженом преко разлике скорова

Група	N	Средња вредност	SD	Минимум	Максимум
Експериментална	74	10.5541	4.54890	2.00	24.00
Контролна	77	0.4675	4.50901	-12.00	11.00

Иначе, просечан скор на уводном дијагностичком тесту у експерименталној групи износи  $16.5\pm 4.9$ , а на завршном  $27.1\pm 4.1$ , док је у контролној групи на уводном тесту просечан скор  $12.8\pm 6.2$ , а на завршном  $13.3\pm 7.3$ . При томе, у експерименталној групи на уводном тесту скорови ученика имају распон од 3 до 27, а на завршном од 13 до 30, што је и максимум који се може постићи. У контролној групи ученици на уводном дијагностичком тесту остварили су од 0 до 25 бодова, а на завршном од 0 до 29.

Проценти и фреквенције остварених скорова на уводном и завршном дијагностичком тесту за обе групе дати су као прилог у одељку 6.18.

У циљу поређења напредовања ученика контролне и експерименталне групе на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни за сваког ученика одређен је и нормализовани напредак (G-фактор) као однос оствареног и максималног могућег напретка.

Резултати анализе варијансе вредности G-фактора у контролној и експерименталној групи приказани су у табели 15 ( $F(149,1)=440.822; p=0.00$ ) и показују значајне разлике у постигнућу ученика изложених традиционалној настави и методама активног учења.

У контролној групи средњи нормализовани напредак износи  $0.04\pm 0.25$ , а у експерименталној  $0.84\pm 0.21$ .

**ТАБЕЛА 15:** Дескриптивне мере за експерименталну и контролну групу у погледу нормализованог напретка (G-фактора)

Група	N	Средња вредност	SD	Минимум	Максимум
Експериментална	74	0.8353	0.21321	0.10	1.00
Контролна	77	0.0419	0.24897	-1.00	0.8

Према вредности G-фактора напредак ученика може се сврстати у једну од четири категорије: *Без напретка*; *Благ напредак*; *Умерен напредак* и *Изразит напредак* (табела 16).

**ТАБЕЛА 16:** Заступљеност различитих категорија напредовања на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни у контролној и експерименталној групи изражених преко G-фактора

Категорије (опсег вредности G-фактора)	Контролна група	Експериментална група
	Број и проценат ученика	Број и проценат ученика
Без напретка (-1.00 – 0.09)	56 (72.7%)	1(1.4%)
Благ напредак (0.10 – 0.29)	9 (11.7%)	2 (2.7%)
Умерен напредак (0.30 – 0.69)	11 (14.3%)	15 (20.3%)
Изразит напредак (0.70 – 1.00)	1 (1.3%)	56 (75.7%)

Може се приметити да је 75.7% ученика у експерименталној групи остварило је изразит напредак, док је у контролној групи само један ученик постигао овај резултат. Са друге стране, чак 72.7% ученика у контролној групи не остварује напредак.

Наведени резултати недвосмислено указују на то да традиционални приступ настави о сили потиска и појавама везаним за њу минимално доприноси превазилажењу ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела, док су ефекти модела наставе усмерене на активно учење веома изражени.

Следећи корак у испитивању напредовања ученика на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни била је регресиона анализа. Регресиони модел који је као предикторе обухватио припадност ученика контролној или експерименталној групи, односно

изложеност традиционалној настави или методама активног учења, утицај ширег знања (општи успех и оцена из физике на полугодишту) и нивоа когнитивног развоја израженог скором на BLOT тесту статистички је значајан ( $F(132,4)=107.556$ ,  $p=0.00$ ).

Предикторским варијаблама објашњено је 76% варијансе на зависној варијабли (вредност G-фактора). Из табеле 17 уочава се да је једини предиктор који статистички значајно доприноси објашњењу варирања на зависној варијабли припадност испитаника контролној односно експерименталној групи. Релативно близу статистичке значајности ( $p=0.092$ ) је и успех ученика на тесту формалних операција.

**ТАБЕЛА 17:** Регресиони модел за напредак ученика на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни изражен преко G-фактора

Модел	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	1.417	.099		14.364	.000
Група	-.792	.039	-.865	-20.342	.000
Оцена из физике на полугодишту	.018	.028	.050	.657	.512
Успех на полугодишту	-.004	.028	-.010	-.133	.894
Скор на BLOT тесту	.007	.004	.092	1.699	.092

Да бисмо извршили додатну и детаљнију проверу повезаности нивоа когнитивног развоја мереног BLOT тестом и напредовања ученика урађена је анализе варијансе вредности G-фактора тако што су поређене две групе ученика које, условно речено, имају екстремна постигнућа на BLOT тесту. Наиме, доњу групу чине ученици чија су постигнућа на BLOT тесту најслабија и налазе се испод 25. перцентила, док горњу групу чине ученици који постижу најбоље резултате и налазе се изнад 75. перцентила. На целом узорку скор који одговара 25. перцентилу је 18, док 75. перцентилу одговара скор 26. То значи да је у доњу групу ушла четвртина ученика која има најслабије резултате и то испод скор 18, а да је у горњу групу ушла четвртина ученика са најбољим постигнућима на BLOT-у, чији скорови прелазе 26. Анализа варијансе показује да не постоје статистички значајне разлике у вредности G-фактора за ове две групе ученика ( $F(58,1)=1.363$ ;  $p=0.248$ ), а подаци су приказани у табели 18.

**ТАБЕЛА 18:** Дескриптивне мере за напредак ученика на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни изражен преко G-фактора за екстремне групе на BLOT тесту

Скор на BLOT-у	N	Средња вредност	SD	Минимум	Максимум
<b>Испод 25. перцентила</b>	31	0.2963	0.43923	-1.00	1.00
<b>Изнад 75. перцентила</b>	29	0.4361	0.48773	0.43	1.00

Ако сумирамо резултате претходно изнетих анализа о напредовању ученика на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни, може се закључити:

- Експериментални модел наставе усмерене на активно учење о сили потиска и појавама везаним за њу има значајно већи позитиван ефекат на превазилажење ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела у односу на традиционални приступ настави. Просечна разлика скорова на завршном и уводном дијагностичком тесту за експерименталну групу износи  $10.5 \pm 4.55$ , док је код контролне групе просечна разлика свега  $0.4 \pm 4.51$ . Овај резултат показује да традиционални приступ настави о сили потиска и појавама везаним за њу практично не доприноси превазилажењу ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела и усвајању научних концепата ових феномена.

Ако посматрамо нормализовани напредак, односно вредности G-фактора, може се уочити да чак 72.7% ученика у контролној групи не остварује напредак у превазилажењу алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела, док је у експерименталној групи свега 1.4% ученика који нису остварили напредак на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни. Са друге стране, чак 75.7% ученика у експерименталној групи је остварило изразит напредак, док је у контролној групи свега 1.3% ученика са овим резултатом.

Просечне вредности нормализованог напретка ( $0.04 \pm 0.25$  у контролној и  $0.84 \pm 0.21$  у експерименталној) недвосмислено потврђују предност интерактивног приступа настави у односу на традиционални, што је у складу са налазима студија које се истичу неопходност примене интерактивних приступа настави (Freeman et al., 2014; Hake, 1998; Harlen, 2013; Levy et al., 2011; Minner, Levy & Century, 2010), односно важност прихватања конструктивистичког погледа на учење у наставном процесу (Антић, 2010; Bransford, Brown & Cocking, 1999; Ивић, Пешикан & Антић, 2001; Милутиновић, 2011; Муџановић, 1998; Пешикан, 2010).

- Предност примењеног модела наставе усмерене на активно учење о сили потиска и појавама везаним за њу у односу на традиционални приступ настави у погледу превазилажења алтернативних и усвајања научних концепата услова за пливање и тоњење тела, додатно поткрепљују резултати поређења постигнућа две групе ученика са најслабијим и највишим скором на BLOT тесту.

Показало се да не постоји статистички значајна разлика у вредности G-фактора за ове две групе ученика, што указује да на постигнућа ученика у усвајању научних и превазилажењу алтернативних концепција значајније утиче врста наставних искустава којој су изложени него ниво когнитивног развоја. Јасно је да модел наставе усмерене на активно учење доприноси побољшању ученичких постигнућа далеко више него традиционални приступ настави без обзира на тренутни степен развоја формалних операција код ученика.

### **4.3. Поређење постигнућа ученика контролне и експерименталне групе у погледу примене и трајности усвојених знања**

Осим поређења напредовања ученика контролне и експерименталне групе у превазилажењу алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела, важно је упоредити постигнућа ученика у погледу примене и трајности усвојених знања о сили потиска и појавама везаним за њу.

Поређење постигнућа ученика контролне и експерименталне групе у области примене стечених знања о сили потиска и појавама везаним за њу извршено је на неklasичним задацима:

- На крају секвенције учења, кроз критичку анализу решеног рачунског задатка и тумачење снимка неуобичајених физичких појава и
- Три месеца након реализоване секвенције учења, кроз низ концептуалних задатака на такозваном одложеном тесту.

#### **4.3.1. Поређење постигнућа ученика контролне и експерименталне групе при критичкој анализи решеног задатка**

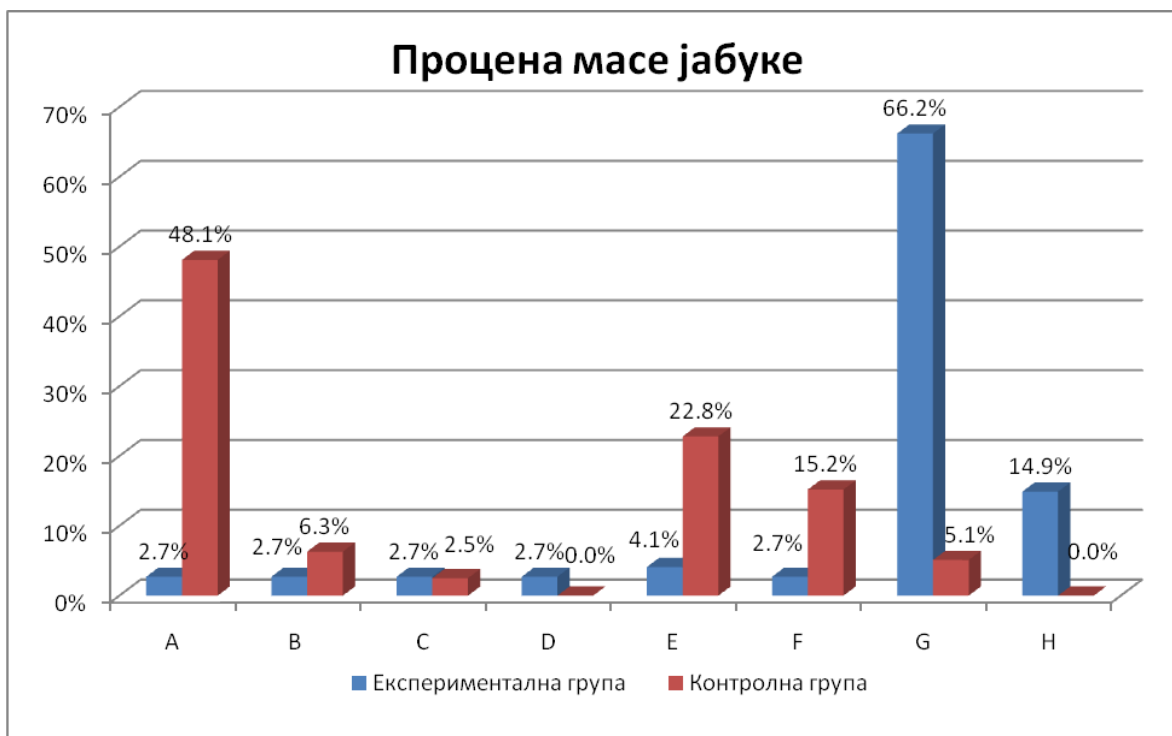
У завршном делу фазе интервенције испитивана су постигнућа ученика контролне и експерименталне групе на неklasичним задацима о сили потиска и појавама везаним за њу. Први од њих захтева критичко разматрање физичког смисла решења рачунског задатка и откривање грешке. Одабран је задатак: „*Тежина јабуке у ваздуху је 2,9 N. Уроњена у воду, она има тежину 0,9 N. Колика је густина те јабуке?*“ Текст задатка следи решење где су примењене коректне формуле, а рачун и мерне јединице су исправни. Међутим, вредности у поставци задатка су такве да се добија маса јабуке 296 грама и густина 1480 килограма по метру кубном. Јабука ове густине тонула би у води што није могуће.

Од ученика је затражено да процене да ли једна просечна, „нормална“ јабука може имати израчунату масу и густину и да детаљно образложе свој одговор. Оригинални ученички одговори сврставани су у једну од осам категорија (А-Н) којима су придружене вредности од 0 до 7.

Да би утврдили степен заступљености различитих категорија ученичких одговора при процени масе и густине јабуке, најпре су израчунати њихови проценти у контролној и експерименталној групи, а резултати су приказани графицима 6 и 7.

Што се тиче процене масе јабуке, може се уочити значајна разлика у квалитету одговора ученика у контролној и експерименталној групи (график 6).

Приближно 80% ученика у експерименталној групи дало је исправан одговор заснован на искуству (категорија G) или уз научно објашњење (категорија H). На пример: „Када на пијаци купимо 1 kg јабука, обично добијемо пет јабука. Тешко да једна просечна јабука може бити израчунате масе.“ или „0.296kg = 296g. Нормалне јабуке имају масу од 100g до 250g, а ова близу 300g. Три јабуке у једном килограму? Ја мислим да то није могуће.“ Мањи број ученика навео је објашњење као што је: „Ова јабука има превелику масу. Ако је маса као у решењу, са овом запремином добија се немогућа густина.“



**ГРАФИК 6.** ДА ЛИ ПРОСЕЧНА ЈАБУКА МОЖЕ ИМАТИ МАСУ ИЗРАЧУНАТУ МАСУ?

**A** - Одговор Да без образложења; **B** - Одговор Не без образложења; **C** - Одговор Да уз погрешно образложење; **D** - Одговор Не уз погрешно образложење; **E** - Одговор Да уз позивање на претходно искуство; **F** - Одговор Да уз позивање на коректан поступак решавања задатка; **G** - Одговор Не уз позивање на претходно искуство; **H** - Одговор Не уз научно објашњење.

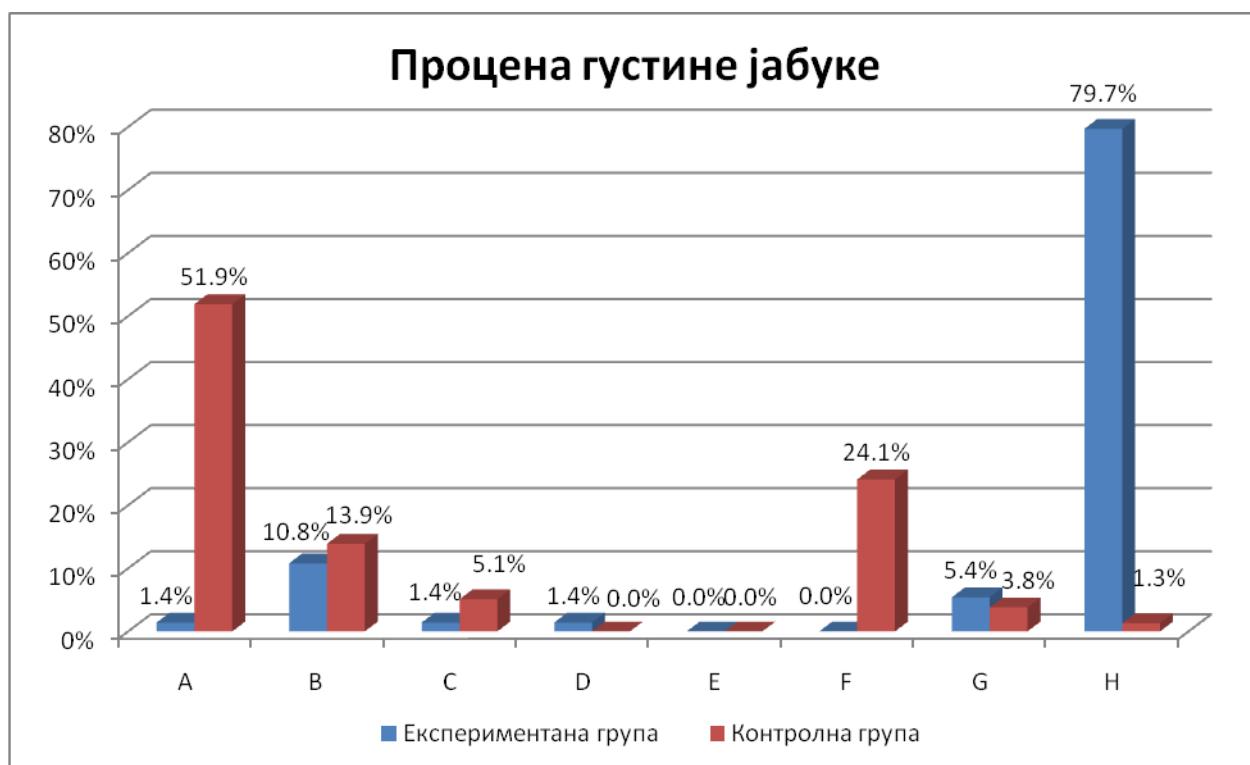
Са друге стране, готово 50% ученика у контролној групи, дало је погрешан одговор без образложења (категорија A). Осим тога, нешто више од петине ученика у контролној групи (22.8%) уверено ја на основу искуства да маса просечне јабуке може бити 296g



(категорија Е). Посебно треба истаћи да је 15.2% ученика у контролној групи добијени резултат оценило могућим зато што је у задатку примењен исправан поступак решавања (категорија F), док је овај проценат у експерименталној групи само 2.7.

Разлике у постигнућу ученика контролне и експерименталне групе још су израженије при процени густине јабуке (график 7).

Највећи проценат ученика у контролној групи одабрао је одговор без образложења (категорије А и В - укупно 64.8%). Осим тога, готово четвртина ученика у овој групи одабрала је одговор са образложењем које се односи на коректну процедуру при решавању задатка (категорија F – 24.1%). На пример: „Густина је једнака количнику масе и запремине као што стоји у решењу. Такође, маса и запремина су израчунате помоћу тачних једначина. Нема ни грешака у рачуну, тако да закључујем да јабука може имати израчунату густину.“



**ГРАФИК 7.** ДА ЛИ ПРОСЕЧНА ЈАБУКА МОЖЕ ИМАТИ ИЗРАЧУНАТУ ГУСТИНУ?

**A** - Одговор Да без образложења; **B** - Одговор Не без образложења; **C** - Одговор Да уз погрешно образложење; **D** - Одговор Не уз погрешно образложење; **E** - Одговор Да уз позивање на претходно искуство; **F** - Одговор Да уз позивање на коректан поступак решавања задатка; **G** - Одговор Не уз позивање на претходно искуство; **H** - Одговор Не уз научно објашњење.

Са друге стране, већина ученика у експерименталној групи (79.7%) дала је научно објашњење навођењем односа густине тела и течности. На пример: „Густина ове јабуке је већа од густине воде, што значи да јабука тоне, а то се не дешава у природи.“ Неки ученици су препознали да грешка постоји у поставци задатка. На пример: „Ова јабука има или мању масу или већу запремину од оне која је наведена. Подаци у задатку нису добри.“

Након што су свакој категорији ученичких одговора (А-Н) придружене вредности од 0 до 7 примењена је анализа варијансе (ANOVA), а дескриптивне мере за постигнућа ученике контролне и експерименталне групе на задацима процене израчунате масе и запремине јабуке дате су у табели 19.

Анализом варијансе потврђене су значајне разлике у постигнућу ученика контролне и експерименталне групе при процени масе јабуке ( $F(152,1)=119.461$ ;  $p=0.00$ ), као и још израженије разлике у постигнућу ученика при процени израчунате густине ( $F(152,1)=154.198$ ;  $p=0.00$ ). Пошто варијансе нису хомогене на оба задатка, разлике у постигнућу ученика контролне и експерименталне групе додатно су потврђене непараметарским Ман-Витни тестом.

**ТАБЕЛА 19:** Дескриптивне мере за експерименталну и контролну групу на тесту процене масе и густине у решеном задатку

	Група	N	Средња вредност	SD	Минимум	Максимум
Процена масе	Експериментална	74	5.5676	1.58832	.00	7.00
	Контролна	79	2.0886	2.26563	.00	6.00
Процена густине	Експериментална	74	6.1081	2.00388	.00	7.00
	Контролна	79	1.7595	2.30504	.00	7.00

Следећи корак у испитивању постигнућа ученика на овом задатку је регресиона анализа. Регресиони модел обухватио је као предикторе независну варијаблу (припадност ученика контролној односно експерименталној групи) и контролне варијабле којима се испитује утицај ширег знања (општи успех и оцена из физике на полугодишту), као и нивоа когнитивног развоја израженог скором на BLOT тесту.

Регресиони модел за задатак процене масе статистички је значајан ( $F(134,4)=34.576$ ;  $p=0.00$ ) и показује да предиктори објашњавају 51% варијансе у постигнућима. Може се уочити да осим припадности ученика контролној или експерименталној групи, једино општи успех на полугодишту статистички значајно утиче на постигнуће ученика при процени масе јабуке (табела 20).

**ТАБЕЛА 20:** Регресиони модел за задатак процене масе јабуке

Модел	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	5.975	.794		7.529	.000
Група	-3.104	.316	-.602	-9.829	.000
Оцена из физике на полугодишту	-.116	.226	-.056	-.513	.609
Успех на полугодишту	.653	.226	.320	2.897	.004
Скор на BLOT тесту	.027	.034	.063	.799	.426

Регресиони модел за задатак процене густине јабуке такође је статистички значајан ( $F(134,4)=41.586$ ,  $p=0.00$ ), при чему предиктори објашњавају 55% варијансе постигнућа. Припадност контролној или експерименталној групи је једини статистички значајан предиктор, мада је ниво когнитивног развоја мерен BLOT тестом веома близу нивоа значајности (табела 21).

Интересантно је уочити да је утицај нивоа когнитивног развоја већи на постигнућа ученика на задатку о густини јабуке, који је комплекснији и чије објашњавање захтева примену научних концепата услова за пливање и тоњење тела, него на постигнућа ученика на задатку о маси јабуке који се успешно може решити само активирањем релевантних свакодневних искустава. Овај налаз је у складу са описаним особинама формално-операционог мишљења (Bond, 1978-1979, 1995; Gray, 1990; Stepanović, 2007 према Gruber & Vonéshe, 1995).

**ТАБЕЛА 21:** Регресиони модел за задатак процене густине јабуке

Модел	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	7.216	.889		8.114	.000
Група	-4.096	.354	-.675	-11.573	.000
Оцена из физике на полугодишту	.159	.254	.066	.628	.531
Успех на полугодишту	.232	.253	.097	.918	.360
Скор на BLOT тесту	.071	.038	.139	1.858	.065

#### 4.3.2. Поређење постигнућа ученика контролне и експерименталне групе при тумачењу снимка неуобичајених физичких појава

У циљу поређења постигнућа ученика контролне и експерименталне групе на неklasичним задацима о сили потиска и појавама везаним ученици обе групе учествовали су у још једној активности, а то је тумачење снимка неуобичајених физичких појава – понашања тела у гасу чија је густина већа од густине ваздуха. Реч је о балону и „чамцу“ од алуминијумске фолије чије понашање у гасу веће густине од густине ваздуха у први мах делује веома изненађујуће, готово нестварно.

Ученички одговори при објашњавању понашања балона и чамца сврставани су у једну од следећих категорија: *Без објашњења; Погрешно објашњење; Само навођење уочених чињеница* и *Исправно објашњење*, при чему су свакој категорији одговора придружене су вредности од 0 до 3, редом.

У циљу поређења постигнућа ученика контролне и експерименталне група на задацима о балону и „чамцу“ најпре су утврђене фреквенције и проценти различитих категорија ученичких одговора, а резултати су приказани у табели 22, односно графицима 8 и 9.

**ТАБЕЛА 22:** Фреквенције различитих категорија ученичких одговора у контролној и експерименталној групи на задацима о балону и „чамцу“ од алуминијумске фолије

Врста објашњења	Задатак о балону		Задатак о чамцу	
	Контролна	Експериментална	Контролна	Експериментална
Без објашњења	9	1	3	2
Погрешно објашњење	25	3	29	2
Само навођење чињеница	31	23	36	25
Исправно објашњење	9	40	6	38
Укупно	74	67	74	67

У контролној групи као најзаступљенији ученички одговори издвајају се они у којима се као објашњење понашања балона и „чамца“ наводе само очигледне чињенице. На пример: „Балон је остао да лебди у посуди када је у њу нешто насуто.“ или „Чамац лебди када се у посуду наспе неки невидљиви гас, а потоне када се тај гас наспе и у чамац.“ Овакве одговоре навело је 42%, односно 49% ученика у контролној групи приликом објашњавања понашања балона и „чамца“ од алуминијумске фолије у гасу чија је густина већа од густине вадуха.

Осим тога, у контролној групи висок је проценат погрешних објашњења која се већином односе на навођење хелијума као узрока необичног понашања тела. На пример: „Балон не може да падне на дно посуде зато што је у њу насут хелијум.“ Око једна трећина ученика у контролној групи дала је овакве одговоре (34% на задатку о балону и 39% на задатку о „чамцу“).

Са друге стране, у експерименталној групи такође се може уочити значајан проценат ученика који су наводили само очигледне чињенице при покушају да објасне понашање балона (34%) и „чамца“ (37%). Међутим, број ученика који су дали погрешна објашњења заснована на неадекватној интерпретацији искуства са хелијумом је минималан, 3 односно 2 ученика од 67 у експерименталној групи.

Значајна је разлика у броју потпуних и исправних објашњења у контролној и експерименталној групи.



**ГРАФИК 8.** Процент различитих категорија ученичких одговора на задатку о балону

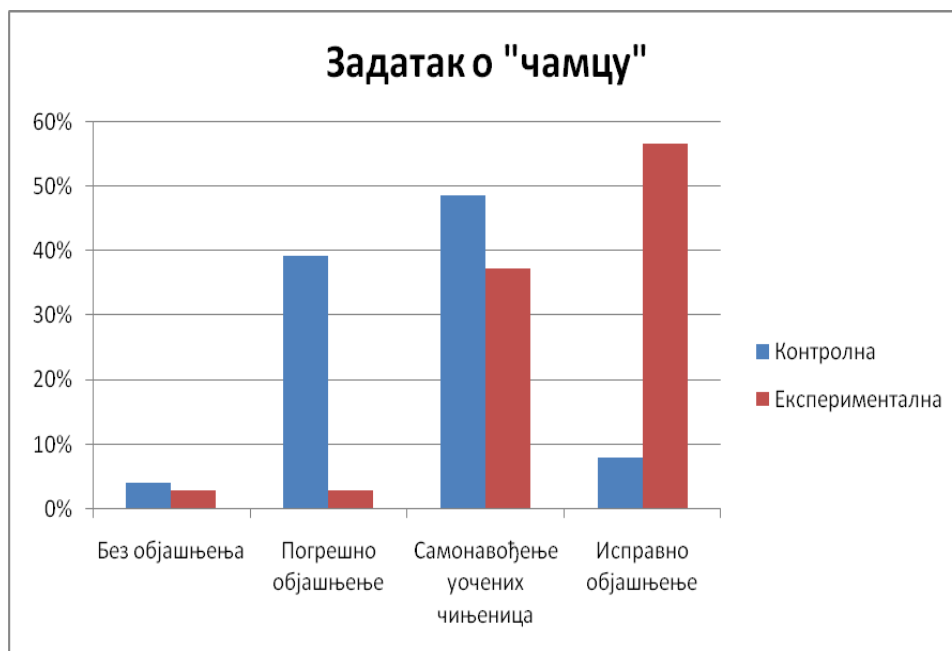
У контролној групи исправна и детаљна образложења навело је 12% ученика на задатку о балону и 8% ученика на задатку о чамцу. Приближно 60% ученика на задатку о балону и 57% на задатку о „чамцу“ у експерименталној групи дало је објашњење које јасно указује да ученици примењују знања о односу густина као услову за пливање/тоњење тела уз препознавање деловања силе потиска у гасовима. На пример:

„У посуду је насут неки гас који је гушћи од ваздуха, чак и од балона напуњеног ваздухом. Зато балон неће моћи да „потоне“ на дно посуде већ остаје да лебди.“

„Када се балон убаци у посуду у којој је ваздух он пада на дно. Јасно је да је његова средња густина већа од густине ваздуха. Међутим, ако је у посуду неки други, гушћи гас, балон остаје на површини.“

„Балон мирује на површини неког густог, провидног гаса. На њега делује гравитациона сила и сила потиска тог гаса. Очигледно, оне су једнаке и зато балон не иде ни навише ни наниже.“

„Чамац плива на површини неког провидног гаса као на води зато што је укупна густина алуминијумске фолије од које је направљен чамац и ваздуха у њему мања од густине тог гаса. Када се гас досипа у чамац, његова густина се повећава и он тоне. Слично као када би у чамац досипали воду. Он би у неком тренутку потонуо.“



**ГРАФИК 9.** Процент различитих категорија ученичких одговора на задатку о „чамцу“

Треба истаћи и податак да је гледано на целом узорку мали број ученика, свега десет на задатку о балону и пет на задатку о „чамцу“, пропустио прилику да напише објашњење ученог понашања тела што указује да задатак ове врсте у великој мери побуђује интересовање ученика.

Анализа варијансе (ANOVA) потврдила је статистички значајне разлике у постигнућу ученика контролне и експерименталне групе на оба задатка ( $F(139,1)=56.704$ ;  $p = 0.00$  и  $F(139,1)=49.656$ ;  $p = 0.00$ ). Подаци су приказани у табели 23.

**ТАБЕЛА 23:** Дескриптивне мере за експерименталну и контролну групу на задацима о балону и „чамцу“ од алуминијумске фолије

	Група	N	Средња вредност	SD	Минимум	Максимум
Задатак о балону	Експериментална	67	2.5224	.65962	.00	3.00
	Контролна	74	1.5405	.86308	.00	3.00
Задатак о „чамцу“	Експериментална	67	2.4776	.70406	.00	3.00
	Контролна	74	1.6216	.73471	.00	3.00

Ради испитивања повезаности постигнућа ученика на задацима о балону и „чамцу“ са врстом наставних искустава, развијеношћу формално-операционог мишљења и утицајем ширег знања израженим преко општег успеха и оцене из физике на полугодишту примењена је регресиона анализа, а резултати су приказани у табели 24 и табели 25.

**ТАБЕЛА 24:** Регресиони модел за задатак о балону

Модел	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	2.290	.306		7.482	.000
Група	-.995	.123	-.542	-8.111	.000
Оцена из физике на полугодишту	.093	.089	.125	1.038	.301
Успех на полугодишту	.134	.091	.179	1.482	.141
Скор на BLOT тесту	.020	.013	.129	1.526	.130

**ТАБЕЛА 25:** Регресиони модел за задатак о „чамцу“ од алуминијумске фолије

Модел	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	2.058	.295		6.985	.000
Група	-.779	.118	-.462	-6.589	.000
Оцена из физике на полугодишту	.039	.086	.058	.456	.649
Успех на полугодишту	.206	.087	.299	2.360	.020
Скор на BLOT тесту	.013	.013	.090	1.005	.317



Регресиона анализа на задатку о балону показује да је само припадност контролној, односно експерименталној групи значајан предиктор тумачења понашања тела у гасу чија је густина већа од густине ваздуха, док оцена из физике и општи успех на полугодишту, као и ниво когнитивног развоја нису ( $F(123,4)=26.453$ ;  $p=0.00$ ;  $R^2=0.46$ ).

Код тумачења понашања чамца поред припадности контролној или експерименталној групи која је најзначајнији предиктор, значајан је и успех на полугодишту ( $F(123,4)=21.151$ ;  $p=0.00$ ;  $R^2=0.41$ ).

### 4.3.3. Поређење постигнућа ученика контролне и експерименталне групе на одложеном тесту

У циљу поређења постигнућа ученика у погледу трајности и примене стечених знања о сили потиска и појавама везаним за њу организован је одложени концептуални тест три месеца након реализоване наставе о овим феноменима.

Постигнућа ученика на одложеном тесту изражена су у процентима и сврстана у пет категорија (табела 26).

Ако посматрамо цео узорак, може се уочити мањи број ученика који су остварили скор изнад 70 процената, при чему су готово сви ови ученици из експерименталне групе. Овакав резултат донекле је очекиван имајући у виду временску дистанцу у односу на реализовану наставу, али и сложеност задатака који су стављени пред ученике. Ако упоредимо постигнућа ученика контролне и експерименталне групе, може се уочити велика разлика пре свега у области најслабијих постигнућа која остварује чак 61.5% ученика у контролној и само 12.3% ученика у експерименталној групи. Осим тога скор изнад 50% на одложеном тесту у контролној групи има само 10.3% ученика, а у експерименталној 47.9% ученика.

**ТАБЕЛА 26:** Број ученика контролне и експерименталне групе који су остварили постигнућа у различитим категоријама на одложеном тесту

Процент тачних одговора	0-29	30-49	50-69	70-84	85-100
Експериментална група	9	29	24	6	5
Контролна група	48	22	7	1	0

Анализа варијансе (ANOVA) потврдила је статистички значајне разлике у постигнућу ученика контролне и експерименталне на одложеном тесту ( $F(149,1)=62.695$ ;  $p=0.00$ ) а

результати су приказани у табели 27. Просечан проценат тачних одговора у експерименталној групи је 50.4%, док је у контролној готово дупло нижи, 27.1%.

**ТАБЕЛА 27:** Дескриптивне мере за експерименталну и контролну групу на одложеном тесту

Група	N	Средња вредност	SD	Минимум	Максимум
Експериментална	73	50.3965	20.05912	5.26	100.00
Контролна	78	27.1255	15.93862	5.26	78.95

Следећи корак у испитивању постигнућа ученика на одложеном тесту је регресиона анализа. Регресиони модел обухватио је као предикторе независну варијаблу (припадност контролној, односно експерименталној групи) и контролне варијабле којима се испитује утицај ширег знања (општи успех и оцена из физике на полугодишту), као и нивоа когнитивног развоја израженог скором на BLOT тесту.

**ТАБЕЛА 28:** Регресиони модел за постигнућа ученика на одложеном тесту

Модел	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	43.512	7.049		6.173	.000
Група	-21.234	2.798	-.502	-7.590	.000
Оцена из физике на полугодишту	6.267	2.014	.372	3.111	.002
Успех на полугодишту	-1.634	2.001	-.098	-.817	.415
Скор на BLOT тесту	.594	.302	.167	1.965	.052

Регресиони модел је статистички значајан ( $F(132,4)=25.531$ ;  $p=0.00$ ), а предикторским варијаблама објашњено је 43% варијансе. Из табеле 28 уочава се да су предиктори који статистички значајно доприносе објашњењу варирања на зависној варијабли припадност испитаника контролној односно експерименталној групи, као и оцена из физике на полугодишту. Може се рећи да је статистички значајан предиктор и постигнуће ученика на тесту формалних операција будући да је значајност веома близу ниву 0.05 ( $p=0.052$ ), те да би на већем узорку вероватно достигла ниво статистичке значајности. Ови резултати

указују на то да виша постигнућа на одложеном тесту остварују ученици који су били изложени активном моделу наставе о сили потиска и појавама везаним за њу, при чему је значајан и ниво когнитивног развоја ученика, али и ширег знања што је изражено оценом из физике на полугодишту.

Ако сумирамо резултате претходно изнетих анализа о примени и трајности знања о сили потиска и појавама везаним за њу на неklasичним задацима, могу се дати следећи закључци:

- Поређење постигнућа ученика контролне и експерименталне групе при критичкој анализи решеног задатка показује да су ученици изложени методу активног учења адекватно применили стечена искуства и усвојене научне концепте услова за пливање и тоњење тела у контексту који захтева откривање грешке у задатку, за разлику од ученика изложених традиционалној настави.

Као кључни сегмент у примењеном моделу активног учења у експерименталној групи може се издвојити дискусија решења домаћег задатка о јабуци реализована кроз рад у малим групама.

Наиме, приближно једна половина ученика у експерименталној групи самостално је успела да правилно одреди густину јабуке и да на основу тог податка закључи зашто јабуке не тону у води. Приближно једна четвртина ученика приликом израде овог домаћег задатка направила је грешке које се тичу мерења запремине или усклађивања мерних јединица због чега нису дошли до траженог закључка о понашању јабука у води, док преостала четвртина ученика није урадила овај задатак. Након тога, на часу је реализована дискусија различитих решења домаћег задатка у циљу откривања грешака у поступку мерења, рачуну или доношењу закључака на основу резултата огледа. Може се закључити да је већина ученика експерименталне групе током ове активности успела да овлада знањима и вештинама неопходним за успешно решавање постављеног задатка који захтева процену физичког смисла решења.

Наиме, 96% ученика у експерименталној групи исправно је закључио да не постоји јабука израчунате густине, при чему је 80% ученика дало правилно и детаљно објашњење овог закључка. Овај налаз јасно потврђују став да је неопходно ученицима обезбедити прилике за размену мишљења у различитим фазама учења (Dimant & Bearison, 1991; Druyan, 2001; Mazur, 1997; Петровић, 2013; Stepanović Pić, 2012).

Са друге стране, само један ученик у контролној групи дао је исправно објашњење зашто јабука не може имати густину израчунату у задатку. Ученици у контролној

групи такође су за домаћи решавали задатак у коме се тражи да на основу масе и запремине тела одреде његову густину и да процене да ли ће тело испливати или потонути када се стави у воду. На наредном часу задатак је решен пред таблом и адекватно је коментарисан од стране наставника. Ипак, јасно је да чак ни ученици који су овај задатак успешно решили нису успели да остваре трансфер знања у ситуацији која захтева процену физичког смисла решења сличног задатка.

Наведени резултати недвосмислено указује на важност одабира врсте домаћих задатака који се постављају пред ученике у контексту успостављања начина да ученици стекну и примењују различита искуства о физичким појавама (Cooper et al., 2006). Јасно је да решавање класичних рачунских задатака слабо доприноси ученичким постигнућима у области решавања проблема утемељених на реалним ситуацијама и да предност мора бити дата практичним проблемима, како на редовним часовима, тако и кроз домаће задатке.

- Када је у питању поређење постигнућа ученика контролне и експерименталне групе при тумачењу снимка неубичајених физичких појава, резултати поново указују да примена приступа усмереног на активну конструкцију знања о сили потиска и појавама везаним за њу даје далеко боље резултате него традиционални приступ настави. Ученици експерименталне групе су адекватно применили знања о условима за пливање и тоњење тела и остварили трансфер знања у ситуацији где је кључно препознавање деловање силе потиска у гасовима, иако је на часовима овом концепту посвећено веома мало времена. Ипак, демонстрација са балоном испуњеним хелијумом реализована као предвиди-посматрај-објасни активност уз дискусију на нивоу одељења у експерименталној групи, очигледно је далеко ефикаснији начин да се ученици упознају са овим феноменом него кроз излагање наставника и посматрање илустрације у уџбенику као што је урађено у контролној групи.
- Предност приступа заснованог на активној конструкцији знања у односу на традиционалну наставу о сили потиска и појавама везаним за њу, на крају потврђују и резултати ученика на одложеном тесту: Просечна постигнућа ученика у експерименталној групи готово су два пута боља од оних у контролној.
- Поређењем постигнућа ученика у погледу примене и трајности знања о сили потиска и појавама везаним за њу потврђена је оправданост примене конструктивистичког погледа на учење у наставном процесу (Антић, 2010; Bransford, Brown & Cocking, 1999; Ивић, Пешикан & Антић, 2001; Милутиновић, 2011; Мушановић, 1998; Пешикан, 2010), као и налази студија о предности интерактивних приступа настави у односу на традиционални приступ (Freeman et

al., 2014; Hardy et al. 2006; Hake, 1998; Harlen, 2013; Levy et al., 2011; Minner, Levy & Century, 2010).

#### ***4.4. Резултати испитивања могућности побољшања постигнућа ученика у експерименталној групи применом Peer instruction наставне стратегије***

У експерименталној групи, на часу утврђивања знања о сили потиска, реализована је демонстрација деловања ове силе у облику предвиди-посматрај-објасни активности у коју су укључени Peer instruction елементи: након давања индивидуалних предвиђања и објашњења ученици су имали могућност да обаве кратак разговор у групи и да напишу нову верзију одговора уколико сматрају да је потребно.

У циљу испитивања могућности побољшања ученичких постигнућа у појединим фазама ове активности увођењем размене мишљења у малим групама, анализирани су ученички одговори пре и након дискусије у оквиру три задатка.

У овом делу истраживања учествовало је 65 ученика експерименталне групе.

##### **Први задатак - Објасни зашто се врат балона издужи када се у балон наспе вода**

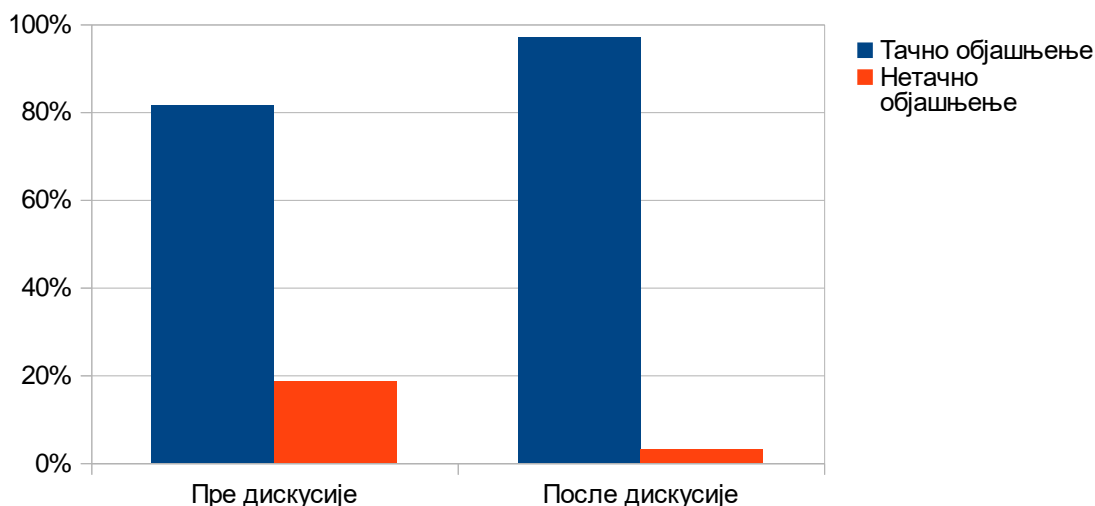
Већина ученика (81.5%) у фази пре дискусије исправно је објаснила повећање растојања између линија на врату балона када се у њега наспе вода. Након дискусије 21.5% ученика дало је комплетније и детаљније објашњење. На пример, ученик који је у индивидуалној фази навео да се врат балона истегао због повећања масе балона, након дискусије у групи каже: „Када се маса балона повећа због сипања воде повећаће се и његова тежина, односно сила која истеже врат балон“.

Осим тога, 10 од 12 ученика који су у индивидуалној фази дали погрешно објашњење, након дискусије су изнели исправно објашњење.

Постигнућа ученика на првом задатку, пре и након дискусије, приказана су на графику 10.

## Први задатак

Објасни зашто се врат балона издужио када је сипана вода



**ГРАФИК 10.** Постигнућа ученика на првом задатку предвиди-посматрај-објасни активности

### Други задатак - Предвиди растојање између линија на врату балона када се балон зарони у воду

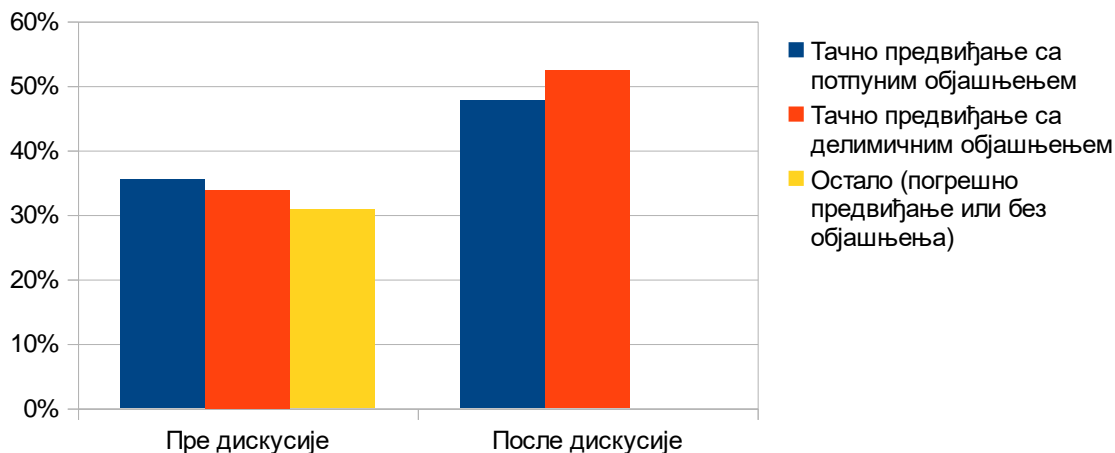
Као што се може уочити на графику 11 који приказује постигнућа ученика на другом задатку, у индивидуалној фази предвиђања шта ће се догодити са растојањем између линија на врату балона када се он зарони у течност, ученички одговори су равномерно распоређени у три категорије:

- (1) исправно предвиђање са детаљним објашњењем - 35.4%;
- (2) исправно предвиђање које је делимично објашњено - 33.8% и
- (3) остала предвиђања (погрешна, са или без објашњења или исправна предвиђања без било каквог образложења) - 30.8%.

Након дискусије у малим групама, већина ученика са исправним предвиђањима која су делимично или потпуно образложена задржала је своје мишљење, док су остали ученици сада дали исправно предвиђање са прихватљивим образложењем. Број коректних предвиђања са потпуним и делимичним објашњењем након групне фазе приближно је једнак: 47.7%, односно 52.3%.

## Други задатак

Предвиди растојање између линија нацртаних на врату балона, када се потопи у воду



**ГРАФИК 11.** Постигнућа ученика на другом задатку предвиди-посматрај-објасни активности

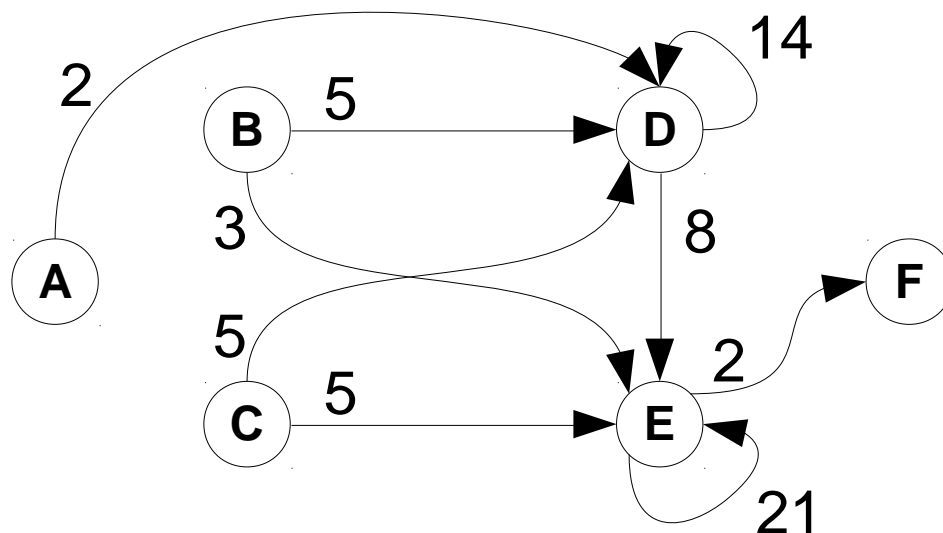
Детаљнији приказ броја ученичких одговора у различитим категоријама предвиђања пре и након дискусије, као и прелаза између тих категорија дат је на графику 12.

Као што се може уочити, највећи број - око трећина испитиваних ученика (21) задржао је коректно предвиђање исхода демонстрације уз давање детаљног образложења. На пример: „Када се балон спусти у воду, на њега ће деловати сила потиска која се изједначава са тежином балона. Пошто су ове две силе једнаке, врат балона се враћа у првобитно стање.“

Након фазе дискусије у групи, два ученика су дала објашњење са још више детаља. На пример: „На балон у ваздуху делује сила потиска која је занемарљива. Међутим, ако се балон буде зарањао у воду, сила потиска која делује на њега ће се повећавати све док се не изједначи са гравитационом силом. Тада ће се врат балона вратити на почетну вредност.“

Део ученика (14) и пре и након дискусије исказао је исто коректно предвиђање са мање детаљним образложењем. На пример: „Чим се балон убаци у воду на њега ће деловати сила потиска и врат балона ће се скупити на исту дужину као у ваздуху.“ Ипак, део ученика са оваквим објашњењима (8) у индивидуалној фази, након дискусије са члановима групе, додао је више детаља који се тичу односа сила или густина тела и течности. На пример: „Деловаће сила потиска на балон, али она ће бити иста као и гравитациона сила која делује надоле. Ако су балону са водом и самој води густине сличне, балон ће да лебди са скраћеним вратом.“





**ГРАФИК 12.** Број ученичких одговора у различитим категоријама предвиђања пре и након дискусије и прелази између тих категорија: А-без предвиђања; В-погрешно предвиђање; С-исправно предвиђање без образложења; D-исправно предвиђање са делимичним објашњењем; Е-исправно предвиђање са детаљним образложењем; F-исправно предвиђање са још детаљнијим образложењем.

Ученици са исправним предвиђањем без образложења у индивидуалној фази, успели су након дискусије да искажу образложење предвиђања са мање (пет ученика) или више детаља (такође пет ученика).

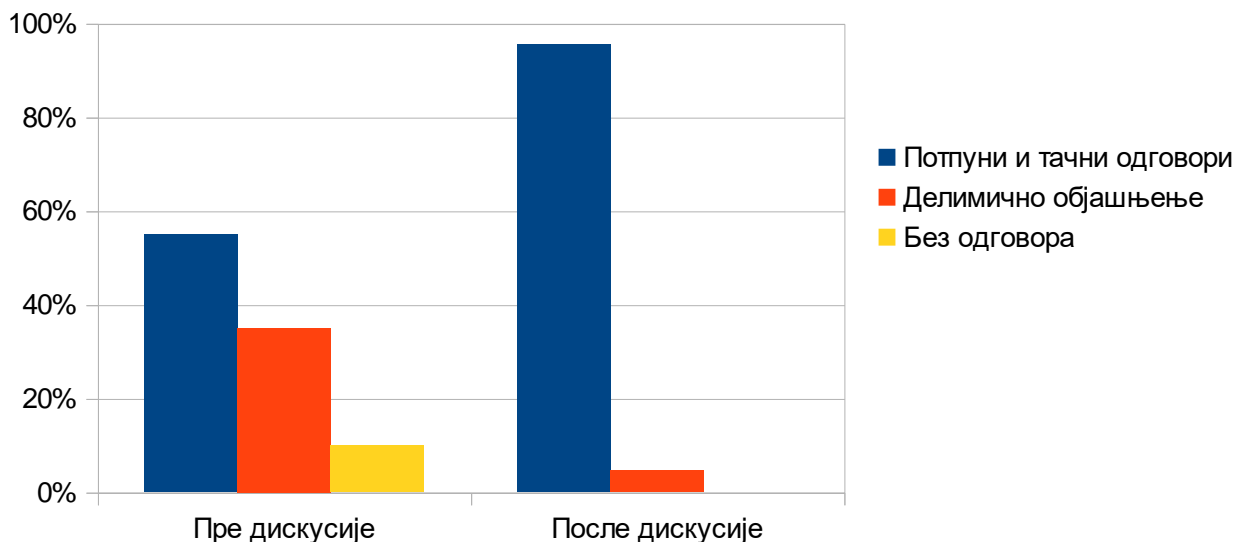
Осам ученика имало је погрешно предвиђање у индивидуалној фази. Већина ученика исказала је став сличан овом примеру: „Врат балона ће се скратити због силе потиска, али биће нешто дужи него у ваздуху.“ Након размене идеја сви ови ученици, навели су мање или више детаљно исправно предвиђање.

**Трећи задатак - Објасни учено растојање између линија на врату балона када се балон зарони у воду**

На последњем задатку, током објашњавања ученог исхода експеримента, у индивидуалној фази 55% ученика дало је тачно предвиђање са потпуним објашњењем, 35% са делимичним, док 10% ученика није дало одговор (график 13).

## Трећи задатак

Објасни опажено растојање између линија (вратило се на 1cm)



**ГРАФИК 13.** Постигнућа ученика на трећем задатку предвиди-посматрај-објасни активности

Након дискусије сви ученици су навели коректно објашњење, при чему је 20% ученика дало комплетније и детаљније објашњење него током индивидуалне фазе. На пример: „Тачно сам предвидео да ће се врат балона вратити у првобитно стање због деловања силе потиска. Балон се налази у стању равнотеже: сила потиска које делује вертикално навише и гравитациона сила која делује вертикално наниже су исте. Балон је у равнотежи и лебди у води.“ или „Што се балон више зарања у воду, сила потиска је већа. Када се балон сасвим зарони у воду (само да врат вири), ова сила постаје једнака гравитационој сили. Зато балон више не тежи да се креће ни нагоре ни надоле, а врат је исти као када је празан балон био у ваздуху.“

Имајући у виду да је описана предвиди-посматрај-објасни активност демонстрације силе потиска реализована у циљу утврђивања знања, може се рећи су ученици у свим фазама показали солидне резултате током индивидуалног рада, али да постоји тенденција побољшања квалитета ученичких одговора увођењем елемента Peer instruction наставне стратегије. Ова тенденција је у складу са описаним резултатима примене Peer instruction наставне стратегије широм света (Mazur, 1997; Crouch & Mazur, 2001).

## 5. Закључна разматрања

Полазећи од размотрених теоријских ставова и експерименталних резултата у области проучавања наставе усмерене на учење и развој компетенција, ово истраживање у средиште пажње ставља феномен ученичких алтернативних концепција.

У теоријском оквиру истраживања представљене су одлике савременог конструктивистичког схватања природе школског учења, као и бројне стратегије које омогућавају обликовање наставе усмерене на учење. Посебан осврт начињен је на напоре истраживача у области психологије, педагогије и методике наставе природних наука да се свеобухватно сагледа феномен ученичких алтернативних концепција, повезаност степена когнитивног развоја ученика са могућношћу усвајања комплексних научних појмова и пре свега, разлике у традиционалном и конструктивистичком погледу на процес концептуалне промене.

Иако у свету постоје бројне студије које се баве феноменом алтернативних концепција, у нашој земљи то није случај. Ово истраживање реализовано је са циљем да се у нашој средини, у оквирима методике наставе физике, феномен алтернативних концепција истакне и на одговарајући начин проблематизује. Ово је подразумевало грађење широког теоријског оквира и реализовање експерименталног истраживања које има значајне импликације за наставну праксу у контексту образовног система пред којим су бројне промене и изазови.

У овом истраживању одабрано је разматрање превазилажења ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела имајући у виду налазе истраживача да је разумевање услова за пливање и тоњење тела комплексан проблем који у основи има захтевну концептуалну промену.

Предмет реализованог истраживања јесте поређење ефеката два наставна приступа у превазилажењу ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела: традиционалног, који се карактерише вербалним преношењем знања и пасивном улогом ученика, и експерименталног модела који се заснива на подстицању метода активног учења о сили потиска и појавама везаним за њу у седмом разреду основне школе.

За потребе експерименталног истраживања обликован је модел наставе усмерене на активно учење о сили потиска и појавама везаним за њу. Намера је била да модел активног учења о овим феноменима не представља само независну варијаблу у предузетом експерименталном истраживању, већ да поседује квалитете који у условима редовне наставе могу дати оптималан простор за стицање квалитетних знања која ће се заснивати, између осталог, на већој мисаоној активности ученика и увиђању битних веза и односа

међу изучаваним феноменима. Такође, обликовани модел активног учења може позитивно утицати на развој широког спектра компетенција, од научне писмености и научног погледа на свет, преко вештина сарадње, решавања проблема, рада са подацима и информацијама до учења како се учи.

Имајући у виду комплексне образовне, функционалне и васпитне задатке наставе о сили потиска и појавама везаним за њу, било је потребно обликовати експериментални модел који са једне стране ефикасно доприноси остваривању ових задатака у реалном контексту образовног процеса, а са друге ставља нагласак на активности чији је циљ концептуална промена која је предмет овог истраживања. За основу експерименталног модела одабран је IBSE (Inquiry-based science education) приступ настави који обухвата неколико важних сегмената:

- Приступ планираним часовима као целини да би се ученицима омогућило да прођу кроз главне фазе циклуса учења - фазу истраживања, увођење концепата и примену концепата у различитим ситуацијама.
- Креирање прилика које ученицима обезбеђују да усвоје нове концепте тако што активно учествују у кључним фазама истраживања: постављању проблема, формулисању хипотеза, њиховом тестирању кроз практичне активности, доношењу и евалуацији закључака.
- Уважавање ученичких претходних знања приликом планирања процеса учења - подстицање активирања ученичких претходних знања, при чему испољене алтернативне концепције представљају полазну основу за конструкцију научних појмова.
- Креирање ситуација у којима се ученици суочавају са ограничењима својих алтернативних концепција, пре свега кроз подстицање дискусије у малим групама и демонстрирање различитих феномена кроз предвиди-посматрај-објасни-активности које ученике доводе до когнитивног конфликта.
- Подстицање вршњачке интеракције у различитим фазама учења, како приликом истраживања и увођења нових концепата, тако и приликом примене концепата у различитим ситуацијама.

У овом моделу вршњачка интеракција има важну улогу у остваривању когнитивног конфликта који подстиче концептуалну промену, али је такође важан елемент у различитим фазама процеса саморегулисаног учења - за активирање неопходних знања и вештина да би се разумео задати проблем и начинио план решавања, за праћење сопственог напретка и верификовање исправности делимичних и коначних решења, као и за критичку процену целокупног учинка.

- Стална интеракција између ученика и наставника - размена адекватних и правовремених повратних информација која ученике усмерава у процесу учења, док наставнику даје прилику да наставни процес води на ефикасан начин усмерен на активну конструкцију знања. Ово за последицу има да је ток свих часова флексибилан, али увек усмерен ка постављеном циљу и прилагођен ученичким постигнућима.
- Задаци који се постављају пред ученике током појединих фаза циклуса учења су разноврсни, а укључују бројне практичне активности које омогућавају директну интеракцију са средином, као и разноврсне концептуалне и рачунске проблеме различитог степена сложености.
- Што се тиче домаћих задатака, они имају важно место у овом моделу и разноврсне намене, од вербализације стечених знања, преко активирања свакодневних искустава о проучаваним појавама, развијања вештина рада са различитим изворима информација, до подстицања самосталног истраживачког рада, вештина презентовања наученог и примене усвојених концепата у различитим ситуацијама. Начини постављања задатака воде ка индивидуалним или активностима у малим групама, уз подстицање саморегулисаног учења и одговорности за сопствени напредак у учењу.

Основно истраживачко питање постављено у овом раду било је да ли примењени модел активног учења о сили потиска и појавама везаним за њу омогућава ефикасније превазилажење ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела у односу на традиционални приступ настави.

То је подразумевало да се најпре испита степен заступљености различитих алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела код ученика седмог разреда непосредно пре реализовања наставе о сили потиска и појавама везаним за њу, као и повезаност присуства алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела са степеном когнитивног развоја и ученичким свакодневним искуствима о овим феноменима.

Како се ефикасност једне наставне стратегије не огледа само у постизању специфичног циља као што је превазилажење ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела, већ и у развијеној способности ученика да се стечена знања адекватно примене у новим и непознатим ситуацијама, као и у погледу трајности знања, било је потребно упоредити постигнућа ученика контролне и експерименталне групе непосредно након реализоване секвенције учења о сили потиска и након дужег времена (три месеца по завршетку учења о испитиваним феноменима).

У наставку дајемо резиме основних резултата експерименталног истраживања.

## 5.1. Резиме резултата експерименталног истраживања

### I

Применом модификованог дијагностичког теста за утврђивање присуства ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела непосредно пре реализације наставе о сили потиска и појавама везаним за њу у седмом разреду основне школе, утврђено је да су на свим задацима теста алтернативне концепције доминантније у односу на научна објашњења, а често и у односу на остале категорије ученичких одговора (погрешне или без образложења).

Иако су ученици у претходном разреду учили о појму густине тела, мали број ученика је дао научно објашњење које укључује навођење односа густина тела и течности као услова за пливање и тоњење тела, од 8.5% на задатку који испитује присуство алтернативне концепције *Шупље ствари тону* до 24.8% на задатку који испитује присуство алтернативне концепције *Равне ствари пливају*.

Утврђено је да постоји умерена позитивна корелација између постигнућа ученика на тесту формалних операција (BLOT) и постигнућа на уводном дијагностичком тесту, што значи да ученици на вишем нивоу когнитивног развоја дају више научних објашњења и у исто време мање одговора који се заснивају на присуству алтернативних концепција.

Међутим, додатна анализа показала је да су неке од испитиваних алтернативних концепција широко заступљене код ученика без обзира на њихов тренутни степен когнитивног развоја. Реч је о алтернативним концепцијама: *Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају*; *Шупље ствари тону*; *Предмет у вертикалном положају тоне, а у хоризонталном плива* и *Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају*. Ово је важан резултат који показује да управо ове четири концептуалне промене могу бити посебно захтевне.

Резултати испитивања врсте ученичких искустава повезаних са концептима о пливању и тоњењу тела показују да на свим задацима дијагностичког теста постоји статистички значајна повезаност различитих категорија ученичких одговора са врстом наведених свакодневних искустава о појавама пливања и тоњења тела. Релевантна искуства најчешће наводе ученици који дају научна објашњења. Немогућа искуства најчешће наводе ученици који имају алтернативне концепције. Могућа, али за дати задатак нерелевантна искуства уобичајено наводе ученици са алтернативним концепцијама, посебно у случају задатака којима се испитује присуство алтернативних концепција *Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају* и *Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају*. Ученици који наводе погрешне одговоре или дају одговоре без образложења уобичајено не наводе било коју врсту искустава.

Међутим, на сваком задатку преко две трећине ученика није било у могућности да опише своја свакодневна искуства, што недвосмислено указује на важност развијања наставних стратегија којима се активирају релеванта свакодневна искуства ученика и подстиче вербализација знања.

## II

**Поређењем постигнућа ученика на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни утврђено је да постоје значајне разлике у ефекту традиционалног модела наставе и наставе усмерене на активно учење о сили потиска и појавама везаним за њу на превазилажење алтернативних и усвајање научних концепата пливања и тоњења тела.**

Просечна разлика скорова на завршном и уводном дијагностичком тесту за контролну групу износи  $0.4 \pm 4.51$ , док је за експерименталну групу  $10.5 \pm 4.55$ , при чему је просечан скор на завршном дијагностичком тесту ученика у контролној групи  $13.3 \pm 7.3$ , а у експерименталној  $27.1 \pm 4.1$  (максималан скор је 30).

Ако се размотре вредности нормализованог напретка који представља однос оствареног и могућег напретка на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни, добијене су статистички значајне разлике у постигнућу ученика контролне и експерименталне групе. У контролној групи средњи нормализовани напредак износи  $0.04 \pm 0.25$ , а у експерименталној  $0.84 \pm 0.21$ .

Осим тога, 75% ученика у експерименталној групи остварило је изразит напредак (вредност нормализованог напретка између 0.7 и 1.0), док је у контролној групи само један ученик постигао овај резултат.

Наведени резултати недвосмислено указују на то да традиционални приступ настави о сили потиска и појавама везаним за њу минимално доприноси превазилажењу ученичких алтернативних концепција, док су ефекти имплементираниог модела наставе усмерене на активно учење веома изражени.

Регресиони модел који је као предикторе обухватио припадност ученика контролној или експерименталној групи, односно изложеност традиционалној настави или методама активног учења, утицај ширег знања (општи успех и оцена из физике на полугодишту) и нивоа когнитивног развоја израженог скором на BLOT тесту статистички је значајан. Једини предиктор који статистички значајно доприноси објашњењу варирања на зависној варијабли (нормализовани напредак) јесте припадност испитаника контролној односно експерименталној групи. Релативно близу статистичке значајности ( $p=0.092$ ) је и успех ученика на тесту формалних операција. Међутим, даља анализа показала је да нема

статистички значајних разлика у погледу нормализованог напретка ученика са најнижим и највишим постигнућем на BLOT тесту (са скором испод 15. и изнад 25. перцентила), што указује да модел активног учења доприноси побољшању ученичких постигнућа у превазилажењу алтернативних и усвајању научних концепата пливања и тоњења тела без обзира на тренутни степен развоја формалних операција код ученика.

### III

**Поређењем постигнућа ученика на неklasичним задацима непосредно након реализоване наставе о сили потиска и појавама везаним за њу (критичко разматрање решеног рачунског задатка и анализа снимка неуобичајених физичких појава), као и на одложеном концептуалном тесту, три месеца након реализоване наставе, утврђено је да постоје значајне разлике у ефекту традиционалног модела наставе и наставе усмерене на активно учење на могућност примене и трајност стечених знања.**

Поређење постигнућа ученика контролне и експерименталне групе при критичкој анализи решеног задатка показало је да су ученици изложени моделу активног учења адекватно применили стечена искуства и усвојене научне концепте услова за пливање и тоњење тела у контексту који захтева откривање грешке у задатку, за разлику од ученика изложених традиционалној настави. Преко 80% ученика у експерименталној групи дало је адекватан одговор, док је у контролној групи приближно 5% ученика успело да примени стечена знања на одговарајући начин. Притом је четвртина ученика у контролној групи јасно исказала уверење да задатак у чујем су решавању примењене адекватне формуле мора имати физички коректно решење.

Када је у питању тумачење снимка неуобичајених физичких појава (понашање два тела у гасу чија је густина већа од густине ваздуха) показало се да постоји значајна разлика у квалитету одговора ученика у контролној и експерименталној групи. Између 42 и 49% ученика у контролној групи, у зависност од задатка, дало је одговор који укључује само навођење уочених чињеница без било каквог образложења. Осим тога, између 34 и 39% ученика у овој групи дало је погрешан одговор који је последица активирања неадекватних свакодневних искустава.

Са друге стране, у експерименталној групи такође се може уочити значајан проценат ученика који су наводили само очигледне чињенице при покушају да објасне понашање једног (34%) или другог тела (37%). Међутим, број ученика који су дали погрешна објашњења заснована на неадекватној интерпретацији искуства са хелијумом је минималан, 3 односно 2 ученика од 67 у експерименталној групи. Осим тога, значајна је разлика у броју потпуних и исправних објашњења у контролној и експерименталној



групи. У контролној групи исправна и детаљна образложења навело је 12% ученика на првом и 8% ученика на другом задатку. У експерименталној групи 60% ученика на првом задатку и 57% на другом дало је објашњење које јасно указује да ученици адекватно примењују знања о односу густина као услови за пливање/тоњење тела уз препознавање деловања силе потиска у гасовима.

Што се тиче постигнућа ученика на одложеном тесту који обухвата пет концептуалних питања различитог степена сложености, показало се да постоји статистички значајна разлика у постигнућу ученика контролне и експерименталне групе: Просечно постигнуће ученика изложених традиционалном моделу наставе је  $(27.12 \pm 15.94)\%$ , док је код ученика изложених моделу усмереном на активно учење о сили потиска и појавама везаним за њу просечно постигнуће  $(50.40 \pm 20.06)\%$ .

#### IV

Имајући у виду да је један од кључних елемената експерименталног модела наставе усмерене на активно учење о сили потиска и појавама везаним за њу уважавање значаја вршњачке интеракције, додатно је испитивана могућност побољшања квалитета ученичких одговора током предвиди-посматрај-објасни активности демонстрације деловања силе потиска увођењем елемената Peer instruction наставне стратегије.

**Поређењем ученичких одговора пре и након размене мишљења у малим групама показало се да приликом утврђивања знања кроз предвиди-посматрај-објасни активност демонстрације деловања силе потиска ученици експерименталне групе показују солидна постигнућа, али да увођење елемената Peer instruction наставне стратегије има за последицу тенденцију побољшања квалитета одговора.**

## 5.2. Импликације истраживања

Као што се види из сумарног приказа основних резултата истраживања, његови задаци су извршени. Добијени су одговори на постављена истраживачка питања и може се закључити да су у складу са изнетим налазима о широкој распрострањености ученичких алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела (Gang, 1995; Hardy et al. 2006; Tomita, 2008; Yin, Tomita & Shavelson, 2008; Yin, Tomita & Shavelson 2013), као и са резултатима студија које истичу предност интерактивних приступа настави у односу на традиционални приступ када је у питању превазилажење алтернативних и усвајање научних концепата (Freeman et al., 2014; Hake, 1998; Harlen, 2013; Levy et al., 2011; Minner, Levy & Century, 2010).

Такође, наведени резултати потврђују неопходност усвајања савременог конструктивистичког погледа на природу учења у наставном процесу (Антић, 2010; Bransford, Brown & Cocking, 1999; Ивић, Пешикан & Антић, 2001; Милутиновић, 2011; Мушановић, 1998; Пешикан, 2010).

На основу резултата добијених у овом раду, можемо да тврдимо да је у постојећу наставну праксу предмета физика неопходно увести значајне промене. Да би те промене биле могуће:

- Пре свега је неопходно да наставници буду упознати са феноменом ученичких алтернативних концепција;
- Од највећег значаја је да наставници познају и прихватају резултате истраживања која показују да традиционална настава базирана на вербалном преношењу знања и изради рачунских задатака различитог степена сложености, уз минималну интеракцију између ученика, не доприноси превазилажењу алтернативних и усвајању научних концепата;
- Неопходна је спремност на веће ангажовање и наставника и ученика у наставном процесу, будући да је концептуална промена сложен и дуготрајан процес.

Саме промене наставног процеса требало би да обухвате следеће сегменте:

- Предуслов за остваривање концептуалне промене јесте идентификовање ученичких алтернативних концепција у настави физике. Ово може подразумевати примену дијагностичких тестова, али се пре свега односи на креирање наставних ситуација у којима се актуализују ученичка претходна знања.
- Подстицање концептуалне промене односи се на изазивање когнитивног конфликта. Зато је неопходно систематски радити на креирању наставних ситуација у којима се ученици суочавају са ограничењима својих алтернативних

концепција. Ово се може постићи на различите начине, на пример, реализовањем демонстрација физичких појава кроз предвиди-посматрај-објасни активности уз подстицање асиметричне вршњачке интеракције у појединим фазама овог процеса, као и активирањем ученичких релевантних свакодневних искустава.

- Превазилажење алтернативних и конструкција научних концепата захтева примену интерактивног приступа настави. Основна улога наставника не може бити преношење знања кроз предавање, већ осмишљавање и креирање наставних ситуација које ће довести до активне партиципације ученика у наставном процесу. Притом, однос ученика међусобно и ученика и наставника требало би да буде сараднички.
- Увођење нових концепата непосредним давањем дефиниција или математичких формула не може довести до одговарајуће конструкције научних знања у настави физике. Уместо тога, потребно је обезбедити да ученици активно учествују у кључним фазама процеса истраживања: постављању проблема, формулисању хипотеза, њиховом тестирању кроз практичне активности, доношењу и евалуацији закључака.
- Фазу истраживања и увођења концепата, требало би да прати фаза проширивања концепата и њихове примене у што различитијим ситуацијама. Апсолутно није довољно да ученици у овој фази решавају искључиво рачунске задатке који траже примену устаљених образаца рада. У овој фази неопходно је ученицима обезбедити различите прилике за самосталан и рад и групи на задацима који захтевају не само репродукцију, већ и примену наученог, активности анализе, синтезе и евалуације. Између осталог, то могу бити практични истраживачки задаци, критичка анализа решења задатка и откривање грешке, тумачење неуобичајених физичких појава итд.
- Све што важи за пажљив одабир задатака који су предмет рада на часу, важи и за домаће задатке. Додатно, треба нагласити да уместо „ритуалне“ улоге, домаћи задаци морају имати јасан циљ и намену. Једна од њих свакако је подстицање одговорности ученика за сопствено учење. Такође, домаћи задаци и анализа њихових решења кроз пажљиво планиране активности вршњачке интеракције на наредном часу, добра су прилика за подстицање процеса саморегулације.

Када је реч о практичним импликацијама овог истраживања, треба напоменути да је наставни процес током овог педагошког експеримента вођен тако да што више одговара условима редовне наставе. Због тога сматрамо да је утолико већа могућност непосредне практичне примене резултата овог истраживања у настави физике, а пре свега описаног модела наставе усмерене на активно учење о сили потиска и појавама везаним за њу.

Модел наставе усмерене на активно учење, који је у реализованом педагошком експерименту имао улогу експерименталног фактора, нема високе материјалне захтеве, практично се може применити у свакој учионици уз мало труда наставника и ученика око прибављања потребних наставних средстава, али поставља далеко веће захтеве у погледу припремљености наставника за овако интензиван облик рада.

Начелно, овим се поставља важно питање оспособљености наставника за прихватање савременог конструктивистичког погледа на природу школског учења и обликовање наставе која је усмерена на активно учење и развој компетенција. Ово питање је у самом истраживању решено тако што је наставу у експерименталној групи реализовао сам истраживач, као што је пракса и у другим описаним студијама о усвајању научних концепата пливање и тоњење тела (Gang, 1995; Hardy et al. 2006; Tomita, 2008; Yin, Tomita & Shavelson, 2013). Међутим, отвара се проблем неодложног оспособљавања наставника за стваралачку примену савремених наставних приступа усмерених на активно учење. Решавање овог проблема свакако би морало обухватити промене у иницијалном образовању будућих наставника, али и развијање одговарајућих програма стручног усавршавања намењених запосленима у образовању.

Осим тога, реализовано истраживање додатно је нагласило потребу за даљим истраживањима у области методике наставе физике и одредило је неколико могућих праваца будућих истраживања:

- Најпре то су истраживања заступљености различитих алтернативних концепција у настави физике на различитим нивоима образовања, од основношколског до универзитетског.
- Друга линија истраживања односи се на обликовање различитих наставних модела усмерених на превазилажење алтернативних и усвајање научних концепција у различитим областима физике.
- Један од могућих праваца даљих истраживања односи се на акциона истраживања усмерена на поређење ефеката традиционалног приступа и приступа настави усмереног на активно учење у погледу превазилажења различитих алтернативних концепција, имајући у виду да је учествовање наставника у истраживачком процесу најбољи начин за прихватање резултата истраживања.
- Осим тога, потребно је извршити анализу уџбеничких комплеката и приручника за наставнике физике у погледу третмана ученичких алтернативних концепција.
- На крају, али вероватно пре било ког другог поменутог истраживања требало би, речено језиком овог рада, испитати заступљеност и узроке „алтернативне концепције о томе да традиционална, предавачка настава доприноси изградњи

квалитетних и функционалних знања“ на одговарајућем узорку наставника физике у нашој земљи.

### ***5.3. Ограничења истраживања***

На овом месту потребно је навести ограничење рада настало због објективних околности у којима је истраживање реализовано. Наиме, преовлађујући облик рада у групи ученика изложених моделу наставе усмерене на активно учење о сили потиска и појавама везаним за њу био је рад у малим нехомогеним групама. Истраживања су показала да ученици који су у свом образовању најчешће изложени традиционалној настави немају оговарајуће и претходно усвојене технике потребне за колаборативно учење, те да оне не настају као аутоматска последица групног рада и да је за њихово развијање неопходна планска обука (Mercer & Littleton, 2007; Howe et al., 2007; Петровић, 2013).

У случају реализованог истраживања, може се рачунати да је овај недостатак донекле надомештен високом мотивацијом ученика услед ефекта новине коју је изазвало увођење приступа настави који се битно разликује од традиционалног, док је временом могло доћи и до ефекта увежбавања, услед реализовања активности које укључују вршњачку интеракцију (Петровић, 2013).

## **6. Прилози**

## Прилози поглављу Теоријски оквир истраживања

### *6.1. Прилог 2-1: Опис опитних међупредметних компетенција у Републици Србији*

#### **Компетенција за целоживотно учење**

Лични и професионални развој појединца превасходно почива на његовој способности да управља процесом учења. Ученик треба да буде оспособљен да иницира учење, да изабере стратегије учења и дизајнира контекст у којем учи, да прати и контролише напредак током учења, да управља учењем у складу са намерама и циљем који има. Ученик уме да пронађе и асимилије нова знања и вештине, користећи претходно учење и ваншколско искуство. Свестан је процеса учења, могућности и тешкоћа у учењу; уме да превазиђе тешкоће и да истраје у учењу. Примењује знања у различитим ситуацијама у зависности од карактеристика ситуације и сопствених циљева.

- Ученик уме да планира време за учење и да организује процес учења и управља њим.
- Активно конструише знање; уочава структуру градива, активно селекује познато од непознатог, битно од небитног; уме да резимира и елаборира основне идеје.
- Ефикасно користи различите стратегије учења, прилагођава их природи градива и циљевима учења.
- Познаје различите врсте текстова и уме да изабере адекватну стратегију читања.
- Разликује чињенице од интерпретација, ставова, веровања и мишљења; препознаје и продукује аргументацију за одређену тезу, разликује аргументе према снази и релевантности.
- Уме да процени сопствену успешност у учењу; идентификује тешкоће у учењу и зна како да их превазиђе.

#### **Комуникација**

Ученик влада различитим модалитетима комуникације и користи их на сврсисходан и конструктиван начин када комуницира у приватном, јавном, образовном и професионалном контексту. Ученик прилагођава начин и средства комуникације



карактеристикама ситуације (сврси и предмету комуникације, комуникационим капацитетима и карактеристикама партнера у комуникацији итд.). Користи на одговарајући и креативан начин појмове, језик и стил комуникације који су специфични за различите научне, техничке и уметничке дисциплине. У комуникацији са другима уме да изрази себе (своје мишљење, осећања, ставове, вредности и идентитете) и да оствари своје циљеве на позитиван, конструктиван и аргументован начин поштујући и уважавајући другог. Критички процењује садржај и начин комуникације у различитим комуникативним ситуацијама. Ученик има развијену свест о значају позитивне и конструктивне комуникације и активно доприноси неговању културе дијалога у заједницама којима припада.

- Активно доприноси неговању културе дијалога, уважавању и неговању различитости и поштовању основних норми комуникације.
- Ученик познаје специфичне карактеристике различитих модалитета комуникације (усмена и писана, непосредна и посредована комуникација, нпр. телефоном, преко интернета).
- Уме јасно да искаже одређени садржај, усмено и писано, и да га прилагоди захтевима и карактеристикама ситуације: поштује жанровске карактеристике, ограничења у погледу дужине, намену презентације и потребе аудиторијума.
- Уважава саговорника – реагује на садржај комуникације, а не на личност саговорника; идентификује позицију (тачку гледишта) саговорника и уме да процени адекватност аргументације и контрааргументације за ту позицију.
- У ситуацији комуникације, изражава своје ставове, мишљења, осећања, вредности и идентитете на позитиван, конструктиван и аргументован начин како би остварио своје циљеве и проширио разумевање света, других људи и заједница.
- Ученик користи на одговарајући и креативан начин језик и стил комуникације који су специфични за поједине научне, техничке и уметничке дисциплине.

## **Рад с подацима и информацијама**

Ученик разуме значај коришћења поузданих података за рад, доношење одлука и свакодневни живот. Користи знања и вештине из различитих предмета да представи, прочита и протумачи податке користећи текст, бројеве, дијаграме и различите аудио-визуелне форме. Ученик користи различите изворе информација и података (библиотеке, медије, интернет, личну комуникацију, итд.) и критички разматра њихову поузданост и

ваљаност. Ефикасно проналази, селектује и интегрише релевантне информације из различитих извора.

- Зна да је за разумевање догађаја и доношење компетентних одлука потребно имати релевантне и поуздане податке.
- Уме да пореди различите изворе и начине добијања података, да процењује њихову поузданост и препозна могуће узроке грешке.
- Користи табеларни и графички приказ података и уме да овако приказане податке чита, тумачи и примењује.
- Користи информационе технологије за чување, презентацију и основну обраду података.
- Зна разлику између података и њиховог тумачења, зна да исти подаци, у зависности од контекста, могу имати различита тумачења и да тумачења могу да буду пристрасна.
- Разуме разлику између јавних и приватних података, зна које податке може да добије од надлежних институција и користи основна правила чувања приватности података.

## **Дигитална компетенција**

Ученик је способан да користи расположива средства из области информационо-комуникационих технологија (уређаје, софтверске производе, електронске комуникационе услуге и услуге које се користе путем електронских комуникација) на одговоран и критички начин ради ефикасног испуњавања постављених циљева и задатака у свакодневном животу, школовању и будућем послу. Познаје основне карактеристике расположивих информационо-комуникационих технологија (у даљем тексту: ИКТ) и могућности њихове примене у свакодневном животу, раду и образовању, односно њихов утицај на живот и рад појединца и заједница. Имајући у виду сврху постављених циљева и задатака уме да одабере одговарајуће ИКТ средство и да га користи на одговоран и креативан начин у активностима које ради тога спроводи (комуникација; сарадња; учешће у животу заједница; учење; решавање проблема; трансакције; планирање, организација и управљање самосталним и заједничким активностима; стварање, организација, обрада и размена информација), а да истовремено приступ решавању проблема прилагоди могућностима технологије. Приликом коришћења ИКТ-а свестан је ризика за сопствену и туђу сигурност и добробит и одговорним поступањем себе и друге штити од нежељених последица.

- Уме да претражује, процењује релевантност и поузданост, анализира и систематизује информације у електронском облику користећи одговарајућа ИКТ средства (уређаје, софтверске производе и електронске услуге).
- Изражава се у електронском облику коришћењем одговарајућих ИКТ средстава, укључујући мултимедијално изражавање и изражавање са елементима формално дефинисаних нотација карактеристичних за коришћена ИКТ средства (нпр. адресе, упити, команде, формуле, процедуре и сл. изражене у одговарајућој нотацији).
- Помоћу ИКТ уме да представи, организује, структурира и форматира информације користећи на ефикасан начин могућности датог ИКТ средства.
- Приликом решавања проблема уме да одабере одговарајућа ИКТ средства, као и да прилагоди начин решавања проблема могућностима тих ИКТ средстава.
- Ефикасно користи ИКТ за комуникацију и сарадњу.
- Препознаје ризике и опасности при коришћењу ИКТ и у односу на то одговорно поступа.

## Решавање проблема

Ученик ангажује своје индивидуалне капацитете (знање из различитих предмета, искуство стечено изван школе, као и интелектуалне, емоционалне и социјалне способности) и друге ресурсе који му стоје на располагању (различити извори информација, алати, књиге, искуство других ученика, наставника и других особа из школског и ваншколског окружења, итд.), селективно и сврсисходно их користи, истрајава у решавању проблема и проналази/осмишљава делотворно решење за јасно или релативно јасно дефинисане проблемске ситуације за које не постоји очигледно решење, а које се јављају током учења и приликом учешћа у животу школе.

- Испитујући проблемску ситуацију, ученик идентификује ограничења и релевантне карактеристике проблемске ситуације и разуме како су оне међусобно повезане.
- Ученик проналази/осмишљава могућа решења проблемске ситуације.
- Ученик упоређује различита могућа решења проблемске ситуације преко релевантних критеријума, уме да објасни шта су предности и слабе стране различитих решења и да се определи за боље решење.
- Ученик припрема примену изабраног решења, прати његову примену усклађујући се са новим сазнањима које стиче током примене датог решења и успева да реши проблемску ситуацију.

- Ученик вреднује примену датог решења, идентификује његове добре и слабе стране и формулише препоруке за наредно искуство са истим или сличним проблемским ситуацијама.

## Сарадња

Ученик је способан да се у сарадњи са другима или као члан групе ангажује на заједничком решавању проблема или реализацији заједничких пројеката. Учествоје у заједничким активностима на конструктиван, одговоран и креативан начин афирмишући дух међусобног поштовања, равноправности, солидарности и сарадње. Активно, аргументовано и конструктивно доприноси раду групе у свим фазама групног рада: формирање групе, формулисање заједничких циљева, усаглашавање у вези са правилима заједничког рада, формулисање оптималног начина за остварење заједничких циљева на основу критичког разматрања различитих предлога, подела улога и дужности, преузимање одговорности за одређене активности, надгледање заједничког рада и усклађивање постигнутих договора са новим искуствима и сазнањима до којих се долази током заједничког рада и сарадње. У процесу договарања уме да изрази своја осећања, уверења, ставове и предлоге. Подржава друге да изразе своје погледе, прихвата да су разлике у погледима предност групног рада и поштује друге који имају другачије погледе. У сарадњи са другима залаже се да се одлуке доносе заједнички на основу аргумената и прихваћених правила заједничког рада.

- Конструктивно, аргументовано и креативно доприноси раду групе, усаглашавању и остварењу заједничких циљева.
- Доприноси постизању договора о правилима заједничког рада и придржава их се током заједничког рада.
- Активно слуша и поставља релевантна питања поштујући саговорнике и сараднике, а дискусију заснива на аргументима.
- Конструктивно доприноси решавању разлика у мишљењу и ставовима и при томе поштује друге као равноправне чланове групе.
- Ангажује се у реализацији преузетих обавеза у оквиру групног рада на одговоран, истрајан и креативан начин.
- Учествоје у критичком, аргументованом и конструктивном преиспитивању рада групе и доприноси унапређењу рада групе.

## Одговорно учешће у демократском друштву

Ученик је способан да активно, компетентно, критички и одговорно учествује у животу школе, заједница којима припада, као и у ширем демократском друштву, руководећи се правима и одговорностима које има као припадник заједнице и као грађанин. Прихвата и поштује друге као аутономне и једнако вредне особе. Својим активностима у заједници доприноси заштити и неговању људских и мањинских права, хуманистичких вредности и основних демократских вредности и принципа. Користи право избора културе, субкултуре и традиције које ће неговати и афирмисати, поштујући право других да негују и афирмишу другачије културе, субкултуре и традиције. Поштује равноправност различитих заједница и њихових традиција и идентитета. Посебно води рачуна о могућој маргинализацији или дискриминацији своје или других заједница и активно изражава солидарност са онима који су дискриминисани или маргинализовани. Уме да се удружује са другима како би ангажовано, толерантно, аргументовано и критички заступали одређене ставове, интересе и политике поштујући права оних који заступају супротстављене иницијативе, као и правила и процедуре за доношење одлука.

- Активно учествује у животу школе и заједнице тако што поштује друге учеснике као једнако вредне аутономне особе и њихова људска и мањинска права и тако што се супротставља различитим формама насиља и дискриминације.
- Својим активностима у школи и заједници афирмише дух толеранције, равноправности и дијалога.
- Критички и аргументовано учествује у разматрању отворених питања за која је заинтересован поштујући разлике у мишљењу и интересима и даје лични допринос постизању договора.
- Има осећање припадности одређеним културним заједницама, локалној заједници, региону у којем живи, ширем друштву, држави Србији и међународним организацијама у које је Србија укључена.
- Изражава на афирмативан начин свој идентитет и поштује другачије културе и традиције и тако доприноси духу интеркултуралности.
- На изборима уме да се определи за политичке идеје и програме за које сматра да на најбољи начин доприносе остварењу личне и друштвене добити и поштује право других на другачије опредељење.
- Залаже се за солидарност и учествује у хуманитарним активностима.

## Одговоран однос према здрављу

Ученик прикупља информације о темама у вези са ризицима, очувањем и унапређењем психофизичког здравља. Просуђује релевантне околности и, по потреби, доноси одлуке и/или се укључује у активности значајне за превенцију болести и очување здравља. Свестан је свих димензија здравља (физичко, ментално, социјално, емоционално здравље). Познаје факторе који доприносе здрављу или га угрожавају и импликација њиховог деловања по појединца, групу или заједницу. Својим понашањем, као појединац и део различитих група и заједница, промовише здравље, заштиту здравља и здраве стилове живота.

- Познаје основне састојке хране и промене које утичу на њен квалитет; разуме значај правилне исхране и адекватне прераде хране за очување здравља.
- Познаје карактеристике основних заразних болести, њихове изазиваче и мере превенције.
- Разуме значај лекова и правилног начина њихове употребе за очување здравља.
- Познаје могуће последице коришћења никотина, алкохола и других психоактивних супстанци.
- Бира стил живота имајући на уму добре стране и ризике тог избора (нпр. активно бављење спортом, вегетаријанска исхрана).
- Уме да пружи прву помоћ.

## Одговоран однос према окоolini

Одговоран однос према окоolini подразумева познавање и непосредан доживљај природе; увиђање значаја који природа има за одржавање живота на Земљи; разумевање међузависности живог света, природних ресурса и климатских услова за одржање живота; очување његове разноврсности, еколошких станишта и климатских услова; активно учествовање у неговању здравих заједница. Ученик познаје како људске активности могу да унапреде или угрозе животну средину и одржив развој. Спреман је да се укључи у активности усмерене ка очувању окружења у којем живи, ради и учи.

- Разуме концепт здравог и безбедног окружења (вода, ваздух, земљиште) за живот људи и спреман је да се активно ангажује у заштити и унапређењу квалитета живота у заједници.

- Показује разумевање и спремност за ангажовање у заштити природе и управљању ресурсима тако да се не угрожава могућност будућих генерација да задовоље своје потребе.
- Процењује ризике и користи од употребе неких супстанци по околину и здравље људи и одговорно поступа са њима (правилно их складишти и одлаже отпад).
- Познаје факторе који утичу на загађење земљишта, воде и ваздуха, разуме и предвиђа последице њихове употребе.
- Увиђа предности и недостатке коришћења различитих извора енергије.
- Разуме значај и користи могућности рециклирања.

## Естетичка компетенција

Ученик је упознат са културним наслеђем људске заједнице, има свест о вредности уметничких и културних дела и њиховог значаја за развој друштва. Естетичка компетенција иде корак даље од тога, ка препознавању међуповезаности различитих форми и средстава уметничког изражавања. Свестан је значаја естетске димензије у свакодневном животу, има критички однос према употреби и злоупотреби естетике. Ученик се оспособљава да исказује опажања, осећања и идеје у вези са уметничким изразима у различитим медијима, да култивише културне навике, да изграђује аутономне естетске критеријуме и преференције и суди у скаду с њима.

- Позитивно вреднује допринос културе и уметности развоју људске заједнице; свестан је међусобних утицаја културе, науке, уметности и технологије.
- Показује осетљивост за естетску димензију у свакодневном животу и има критички однос према употреби и злоупотреби естетике.
- Има изграђене преференције уметничких и културних стилова и користи их за обогаћивање личног искуства.
- Повезује уметничка и културна дела са историјским, друштвеним и географским контекстом њиховог настанка.
- Уме да анализира и критички вреднује уметничка дела која су представници различитих стилова и епоха, као и дела која одступају од карактеристика доминантних праваца.
- Вреднује алтернативне уметничке форме и изразе (субкултурна дела).

## Предузимљивост и предузетничка компетенција

Кроз образовање за предузетништво, ученик се учи организационим вештинама и способностима, укључујући различите интерперсоналне вештине, као и организацију простора, управљање временом и новцем. Ученик је оспособљен за комплексно планирање и одлучивање које подразумева поштовање више услова истовремено. Уме да осмишљава пројекте у складу са унапред постављеним захтевима. Зна како да се упозна са карактеристикама одређених послова и радних места, спреман је на волонтерско ангажовање и коришћење различитих могућности за стицање радног искуства.

- Ученик разуме важност личне активације и показује иницијативу у упознавању са карактеристикама тржишта рада (захтеви појединих радних места, начин функционисања институција, позиционирање у свету бизниса).
- Разуме принципе функционисања тржишта рада и схвата неопходност сталног усавршавања у складу са развојем тржишта и захтевима послодаваца.
- Уме да идентификује и адекватно представи своје способности и вештине („јаке стране“); уме да напише CV и мотивационо писмо.
- Уме да искаже и заступа своје идеје, и да утиче на друге, кроз развој вештине јавног говора, преговарања и решавања конфликта.
- Има способност постављања адекватних и реалних циљева процењујући и прихватајући ризике; планира ресурсе и управља њима (знања и вештине, време, новац, технологије и други ресурси) и усредсређен је на постизање циљева.
- Зна да комуницира с послодавцима; уме да преговара; спреман је да обавља праксу и волонтира поштујући договоре.



## **6.2. Прилог 2-2: Образовни стандарди за крај обавезног образовања за наставни предмет Физика**

Образовни стандарди за предмет Физика дефинисани су за следеће области:

1. СИЛЕ
2. КРЕТАЊЕ
3. ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА
4. МЕРЕЊЕ
5. ТОПЛОТА И ЕНЕРГИЈА
6. МАТЕМАТИЧКЕ ОСНОВЕ ФИЗИКЕ
7. ЕКСПЕРИМЕНТ

За један број исказа, нпр. оних који су повезани са вештинама мерења, постоји само индиректна потврда у резултатима испитивања, због тога што коришћени инструменти испитивања нису имали могућности да такве вештине измере. Ипак, они су укључени у стандарде зато што су те компетенције препознате као битне.

### **1. ОСНОВНИ НИВО**

Следећи искази описују шта ученик/ученица зна и уме на основном нивоу.

#### **1.1. СИЛЕ**

ФИ.1.1.1. уме да препозна гравитациону силу и силу трења које делују на тела која мирују или се крећу равномерно

ФИ.1.1.2. уме да препозна смер деловања магнетне и електростатичке силе

ФИ.1.1.3. разуме принцип спојених судова

#### **1.2. КРЕТАЊЕ**

ФИ.1.2.1. уме да препозна врсту кретања према облику путање

ФИ.1.2.2. уме да препозна равномерно кретање

ФИ.1.2.3. уме да израчуна средњу брзину, пређени пут или протекло време ако су му познате друге две величине

### **1.3. ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА**

ФИ.1.3.1. уме да препозна да струја тече само кроз проводне материјале

ФИ.1.3.2. уме да препозна магнетне ефекте електричне струје

### **1.4. МЕРЕЊЕ**

ФИ.1.4.1. уме да чита мерну скалу и зна да одреди вредност најмањег подеока

ФИ.1.4.2. уме да препозна мерила и инструменте за мерење дужине, масе, запремине, температуре и времена

ФИ.1.4.3. зна да користи основне јединице за дужину, масу, запремину, температуру и време

ФИ.1.4.4. уме да препозна јединице за брзину

ФИ.1.4.5. зна основна правила мерења, нпр. нула ваге, хоризонтални положај, затегнута мерна трака

ФИ.1.4.6. зна да мери дужину, масу, запремину, температуру и време

### **1.5. ЕНЕРГИЈА И ТОПЛОТА**

ФИ.1.5.1. зна да агрегатно стање тела зависи од његове температуре

ФИ.1.5.2. уме да препозна да се механичким радом може мењати температура тела

### **1.7. ЕКСПЕРИМЕНТ**

ФИ.1.7.1. поседује мануелне способности потребне за рад у лабораторији

ФИ.1.7.2. уме да се придржава основних правила понашања у лабораторији

## **2. СРЕДЊИ НИВО**

Следећи искази описују шта ученик/ученица зна и уме на средњем нивоу.

### **2.1. СИЛЕ**

ФИ.2.1.1. уме да препозна еластичну силу, силу потиска и особине инерције

ФИ.2.1.2. зна основне особине гравитационе и еластичне силе, и силе потиска

ФИ.2.1.3. уме да препозна када је полука у стању равнотеже

ФИ.2.1.4. разуме како односи сила утичу на врсту кретања

ФИ.2.1.5. разуме и примењује концепт густине

ФИ.2.1.6. зна да хидростатички притисак зависи од висине стуба флуида

## **2.2. КРЕТАЊЕ**

ФИ.2.2.1. уме да препозна убрзано кретање

ФИ.2.2.2. зна шта је механичко кретање и које га физичке величине описују

ФИ.2.2.3. уме да препозна основне појмове који описују осцилаторно кретање

## **2.3. ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА**

ФИ.2.3.1. зна да разликује електричне проводнике и изолаторе

ФИ.2.3.2. зна називе основних елемената електричног кола

ФИ.2.3.3. уме да препозна да ли су извори напона везани редно или паралелно

ФИ.2.3.4. уме да израчуна отпор, јачину струје или напон ако су му познате друге две величине

ФИ.2.3.5. уме да препозна топлотне ефекте електричне струје

ФИ.2.3.6. разуме појмове енергије и снаге електричне струје

## **2.4. МЕРЕЊЕ**

ФИ.2.4.1. уме да користи важније изведене јединице SI и зна њихове ознаке

ФИ.2.4.2. уме да препозна дозвољене јединице мере изван SI, нпр. литар или тону

ФИ.2.4.3. уме да користи префиксе и претвара бројне вредности физичких величина из једне јединице у другу, нпр. километре у метре

ФИ.2.4.4. зна када мерења понављамо више пута

## **2.5. ЕНЕРГИЈА И ТОПЛОТА**

ФИ.2.5.1. зна да кинетичка и потенцијална енергија зависе од брзине, односно висине на којој се тело налази

ФИ.2.5.2. уме да препозна појаве код којих се електрична енергија троши на механички рад

ФИ.2.5.3. уме да препозна појмове рада и снаге

ФИ.2.5.4. зна да унутрашња енергија зависи од температуре

ФИ.2.5.5. зна да запремина тела зависи од температуре

## **2.6. МАТЕМАТИЧКЕ ОСНОВЕ ФИЗИКЕ**

ФИ.2.6.1. разуме и примењује основне математичке формулације односа и законитости у физици, нпр. директну и обрнуту пропорционалност

ФИ.2.6.2. уме да препозна векторске физичке величине, нпр. брзину и силу

ФИ.2.6.3. уме да користи и интерпретира табеларни и графички приказ зависности физичких величина

## **2.7. ЕКСПЕРИМЕНТ**

ФИ.2.7.1. уме табеларно и графички да прикаже резултате посматрања или мерења

ФИ.2.7.2. уме да врши једноставна уопштавања и систематизацију резултата

ФИ.2.7.3. уме да реализује експеримент по упутству

## **3. НАПРЕДНИ НИВО**

Следећи искази описују шта ученик/ученица зна и уме на напредном нивоу.

### **3.1. СИЛЕ**

ФИ.3.1.1. разуме и примењује услове равнотеже полуге

ФИ.3.1.2. зна какав је однос сила које делују на тело које мирује или се равномерно креће

ФИ.3.1.3. зна шта је притисак чврстих тела и од чега зависи

ФИ.3.1.4. разуме и примењује концепт притиска у флуидима

### **3.2. КРЕТАЊЕ**

ФИ.3.2.1. уме да примени односе између физичких величина које описују равномерно променљиво праволинијско кретање

ФИ.3.2.2. уме да примени односе између физичких величина које описују осцилаторно кретање

ФИ.3.2.3. зна како се мењају положај и брзина при осцилаторном кретању

ФИ.3.2.4. зна основне физичке величине које описују таласно кретање

ФИ.3.2.5. уме да препозна основне особине звука и светлости

ФИ.3.2.6. зна како се прелама и одбија светлост

### **3.3. ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА**

ФИ.3.3.1. зна како се везују отпорници и инструменти у електричном колу

### **3.4. МЕРЕЊЕ**

ФИ.3.4.1. уме да претвара јединице изведених физичких величина у одговарајуће јединице SI система

ФИ.3.4.2. уме да мери јачину струје и напон у електричном колу

ФИ.3.4.3. зна шта је грешка мерења

### **3.5. ЕНЕРГИЈА И ТОПЛОТА**

ФИ.3.5.1. разуме да се укупна механичка енергија тела при слободном паду одржава

ФИ.3.5.2. уме да препозна карактеристичне процесе и термине који описују промене агрегатних стања

### **3.7. ЕКСПЕРИМЕНТ**

ФИ.3.7.1. уме да донесе релевантан закључак на основу резултата мерења

ФИ.3.7.2. уме да препозна питање на које можемо да одговоримо посматрањем или експериментом

### **6.3. Прилог 2-3: Садржај програма за наставни предмет Физика у основној школи**

#### **ШЕСТИ РАЗРЕД**

##### **УВОД (2+0+0)**

Физика као природна наука и методе којима се она служи (посматрање, мерење, оглед...).  
Огледи који илуструју различите физичке појаве. (2+0)

##### **КРЕТАЊЕ (7+7+0)**

Кретање у свакодневном животу. Релативност кретања. (1+0)

Појмови и величине којима се описује кретање (путања, пут, време, брзина, правац и смер кретања). (2+1)

Подела кретања према облику путање и брзини тела. Зависност пређеног пута од времена код равномерног праволинијског кретања. (3+2)

Променљиво праволинијско кретање. Средња брзина. (1+2)

Систематизација и обнављање градива. (0+2)

*Демонстрациони огледи.* Кретање куглице по Галилејевом жљебу. Кретање мехура ваздуха (или куглице) кроз вертикално постављену дугу провидну цев са течношћу.

##### **СИЛА (6+8+0)**

Узајамно деловање два тела у непосредном додиру и последице таквог деловања: покретање, заустављање и промена брзине тела, деформација тела (истезање, сабијање, савијање), трење при кретању тела по хоризонталној подлози и отпор при кретању тела кроз воду и ваздух. (1+1)

Узајамно деловање два тела која нису у непосредном додиру (гравитационо, електрично, магнетно). Сила као мера узајамног деловања два тела, правац и смер деловања. (3+2)

Процена интензитета силе демонстрационим динамометром. (1+1)

Сила Земљине теже (тежина тела). (1+2)

Систематизација и обнављање градива. (0+2)

*Демонстрациони огледи.* Истезање и сабијање еластичне опруге. Трење при клизању и котрљању. Слободно падање. Привлачење и одбијање наелектрисаних тела. Привлачење и одбијање магнета.

## **МЕРЕЊЕ (4+4+7)**

Основне и изведене физичке величине и њихове јединице. Међународни систем мера. (1+1)

Мерење дужине, запремине и времена. Појам средње вредности мерене величине и грешке при мерењу. Мерни инструменти. (3+3)

*Демонстрациони огледи.* Мерење дужине (метарска трака, лењир), запремине (балон, мензура) и времена (часовник, хронометар, секундметар). Приказивање неких мерних инструмената (вага, термометри, електрични инструменти).

### **Лабораторијске вежбе**

1. Мерење димензија малих тела лењиром са милиметарском поделом. (1)
2. Мерење запремине чврстих тела неправилног облика помоћу мензуре. (1)
3. Одређивање средње брзине променљивог кретања тела и сталне брзине равномерног кретања помоћу стаклене цеви са мехуром. (2)
4. Мерење еластичне силе при истезању и сабијању опруге. (1)
5. Калибрисање еластичне опруге и мерење тежине тела динамометром. (1)
6. Мерење силе трења при клизању или котрљању тела по равној подлози. (1)

## **МАСА И ГУСТИНА (5+7+3)**

Инертност тела. Закон инерције (Први Њутнов закон механике). (1+0)

Маса тела на основу појма о инертности и о узајамном деловању тела. (1+0)

Маса и тежина као различити појмови. (1+1)

Мерење масе тела вагом. (0+1)

Густина тела. Одређивање густине чврстих тела. (1+2)

Одређивање густине течности мерењем њене масе и запремине. (1+1)

Систематизација и обнављање градива. (0+2)

*Демонстрациони огледи.* Илустровање инертности тела. Судари двеју кугли (а) исте величине, од истог материјала, (б) различите величине, од истог материјала, (в) исте величине, од различитог материјала. Мерење масе вагом. Течности различитих густина у истом суду - "течни сендвич".

### **Лабораторијске вежбе**

1. Одређивање густине чврстих тела правилног и неправилног облика. (2)
2. Одређивање густине течности мерењем њене масе и запремине. (1)

## **ПРИТИСАК (5+6+1)**

Притисак чврстих тела. (1+1)

Притисак у мирној течности. Хидростатички притисак. Спојени судови. (2+1)

Атмосферски притисак. Торичелијев оглед. Зависност атмосферског притиска од надморске висине. Барометри. (1+1)

Преношење спољњег притиска кроз течности и гасове у затвореним судовима. Паскалов закон и његова примена. (1+1)

Систематизација и синтеза градива. (0+2)

*Демонстрациони огледи.* Зависност притиска од величине додирне површине и од тежине тела. Стаклена цев са покретним дном за демонстрацију хидростатичког притиска. Преношење притиска кроз течност (стаклена цев с мембраном, Херонова боца, спојени судови). Хидраулична преса. Огледи који илуструју разлику притисака ваздуха (како се ваздух може "видети", како свећа може да гори под водом ...)

### **Лабораторијска вежба**

1. Одређивање зависности хидростатичког притиска од дубине воде (1)



## СЕДМИ РАЗРЕД

### СИЛА И КРЕТАЊЕ (9+14+2)

Обнављање дела градива из шестог разреда које се односи на равномерно праволинијско кретање, силу као узрок промене стања тела и инертност тела. (0+2)

Сила као узрок промене брзине тела. Појам убрзања. (1+1)

Успостављање везе између силе, масе тела и убрзања. Други Њутнов закон. (1+2)

Динамичко мерење силе. (0+1)

Равномерно променљиво праволинијско кретање. Интензитет, правац и смер брзине и убрзања. (1+1)

Тренутна и средња брзина тела. (1+0)

Зависност брзине и пута од времена при равномерно променљивом праволинијском кретању. (2+2)

Графичко представљање зависности брзине и пута од времена код равномерно праволинијског кретања. Графичко представљање зависности брзине тела од времена код равномерно променљивог праволинијског кретања. (2+2)

Међусобно деловање два тела - силе акције и реакције. Трећи Њутнов закон. Примери. (1+1)

Систематизација и обнављање градива. (0+2)

*Демонстрациони огледи:* Илустровање инерције тела помоћу папира и тега. Кретање куглице низ Галилејев жљеб. Кретање тела под дејством сталне силе. Мерење силе динамометром. Илустровање закона акције и реакције помоћу динамометара и колица, колица са опругом и других огледа (реактивно кретање балона и пластичне боце).

#### Лабораторијске вежбе

1. Одређивање сталног убрзања при кретању куглице низ жљеб. (1)

2. Провера Другог Њутновог закона помоћу покретног тела (колица) или помоћу Атвудове машине. (1)

## **КРЕТАЊЕ ТЕЛА ПОД ДЕЈСТВОМ СИЛЕ ТЕЖЕ. СИЛЕ ТРЕЊА (4+6+2)**

Убрзање при кретању тела под дејством силе теже. Галилејев оглед. (1+0)

Слободно падање тела, бестежинско стање. Хитац навише и хитац наниже. (1+2)

Силе трења и силе отпора средине (трење мировања, клизања и котрљања). Утицај ових сила на кретање тела. (2+2)

Систематизација и обнављање градива. (0+2)

*Демонстрациони огледи:* Слободно падање тела различитих облика и маса (Њутнова цев, слободан пад везаних новчића...). Падање тела у разним срединама. Бестежинско стање тела (огледи са динамометром, с два тега и папиром између њих, са пластичном чашом која има отвор на дну и напуњена је водом). Трење на столу, косој подлози и сл. Мерење силе трења помоћу динамометра.

### **Лабораторијске вежбе**

1. Одређивање убрзања тела које слободно пада. (1)

2. Одређивање коефицијента трења клизања. (1)

## **РАВНОТЕЖА ТЕЛА (5+5+1)**

Деловање две силе на тело дуж истог правца. (1+0)

Појам и врсте равнотеже тела. Полууга, момент силе. Равнотежа полуге и њена примена. (2+2)

Сила потиска у течности и гасу. Архимедов закон и његова примена. Пливање и тоњење тела. (2+2)

Систематизација и обнављање градива. (0+1)

*Демонстрациони огледи:* Врсте равнотеже помоћу лењира или штапа. Равнотежа полуге. Услови пливања тела (тегови и стаклена посуда на води, Картезијански гњурац, суво грожђе у минералној води, свеже јаје у води и воденом раствору соли, мандарина са кором и без коре у води, пливање коцке леда на води...).

### **Лабораторијска вежба**

1. Одређивање густине чврстог тела применом Архимедовог закона. (1)

## **МЕХАНИЧКИ РАД И ЕНЕРГИЈА. СНАГА (6+7+2)**

Механички рад. Рад силе. Рад силе теже и силе трења. (2+1)

Квалитативно увођење појма механичке енергије тела. Кинетичка енергија тела. Потенцијална енергија. Гравитациона потенцијална енергија тела. (2+2)

Веза између промене механичке енергије тела и извршеног рада. Закон о одржању механичке енергије. (1+1)

Снага. Коефицијент корисног дејства. (1+1)

Систематизација и обнављање градива. (0+2)

*Демонстрациони огледи:* Илустровање рада утрошеног на савладавање силе трења при клизању тела по различитим подлогама, уз коришћење динамометра. Коришћење потенцијалне енергије воде или енергије надуваног балона за вршење механичког рада. Примери механичке енергије тела. Закон о одржању механичке енергије (Максвелов точак).

### **Лабораторијске вежбе**

1. Одређивање рада силе под чијим дејством се тело креће по различитим подлогама. (1)

2. Провера закона одржања механичке енергије помоћу колица. (1)

## **ТОПЛОТНЕ ПОЈАВЕ (3+5+1)**

Топлотно ширење тела. Појам и мерење температуре. (1+1)

Количина топлоте. Специфични топлотни капацитет. Топлотна равнотежа. (1+1)

Честични састав супстанције: молекули и њихово хаотично кретање. Унутрашња енергија и температура. (1+1)

Систематизација и обнављање градива. (0+2)

*Демонстрациони огледи:* Дифузија и Брауново кретање. Ширење чврстих тела, течности и гасова (надувани балон на стакленој посуди - флаши и две посуде са хладном и топлим водом, Гравесандов прстен, издужење жице, капилара...).

### **Лабораторијска вежба**

1. Мерење температуре мешавине топле и хладне воде после успостављања топлотне равнотеже. (1)

## ОСМИ РАЗРЕД

### ОСЦИЛАТОРНО И ТАЛАСНО КРЕТАЊЕ (4+3+1)

Обнављање дела градива из седмог разреда које се односи на закон одржања механичке енергије. Осцилаторно кретање (осциловање тела обешеног о опругу, осциловање куглице клатна). Појмови и величине којима се описује осциловање тела (амплитуда, период, фреквенција). Закон о одржању механичке енергије при осциловању тела. (2+1)

Таласно кретање (механички талас). Основни параметри којима се описује таласно кретање (таласна дужина, фреквенција, брзина). (1+1)

Звук. Карактеристике звука и звучна резонанција. (1+1)

*Демонстрациони огледи.* Осциловање куглице клатна и тела обешеног о опругу (у ваздуху и у течности). Осциловање жица и ваздушних стубова (фрула зароњена у воду, ксилофон, различите затегнуте жице, једнаке стаклене флаше са различитим нивоима воде). Одакле долази звук (гумено цедро са два левка, канап и две пластичне чаше...). Таласи (таласна машина или када).

#### Лабораторијска вежба

1. Мерење периода осциловања клатна. (1)

### СВЕТЛОСНЕ ПОЈАВЕ (7+6+2)

Светлост (основни појмови). Праволинијско простирање светлости (сенка и полусенка, помрачење Сунца и Месеца). (1+0)

Закон одбијања светлости. Равна и сферна огледала и конструкција ликова предмета. (2+2)

Брзина светлости у различитим срединама. Индекс преламања и закон преламања светлости. Тотална рефлексија. (1+1)

Преламање светлости кроз призму и сочива. Одређивање положаја ликова код сочива. Оптички инструменти. Лупа и микроскоп. (3+2)

Систематизација и обнављање градива. (0+1)

*Демонстрациони огледи.* Сенке. Хартлијева плоча за илустровање закона о одбијању и преламању светлости. Преламање светлости (штапић делимично уроњен у чашу с водом, новчић у чаши са водом и испод ње). Преламање беле светлости при пролазу кроз призму. Преламање светлости кроз сочиво, око и корекција вида (оптичка клупа, геометријска оптика на магнетној табли, стаклена флаша са водом као сочиво). Лупа и микроскоп.

### **Лабораторијске вежбе**

1. Провера закона одбијања светлости коришћењем равног огледала. (1)
2. Одређивање жижне даљине сабирног сочива. (1)

### **ЕЛЕКТРИЧНО ПОЉЕ (5+5+0)**

Наелектрисавање тела. Елементарна количина наелектрисања. Закон о одржању количине наелектрисања. Узајамно деловање наелектрисаних тела. Кулонов закон. (2+2)

Електрично поље (линије сила, хомогено и нехомогено поље). Рад силе електричног поља. Напон. Веза напона и јачине хомогеног електричног поља. Електричне појаве у атмосфери. (3+2)

Систематизација и обнављање градива. (0+1)

Демонстрациони огледи. Наелектрисавање чврстих изолатора и проводника. Електрофор, електрично клатно и електроскоп. Линије сила електричног поља (перјанице, гриз у ричиновом уљу и јаком електричном пољу). Фарадејев кавез. Антистатичке подлоге. Инфлуентна машина. Мехури сапунице у електричном пољу. Модел громобрана.

### **ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА (8+8+3)**

Електрична струја (једносмерна, наизменична). Услови за настајање електричне струје и извори струје (ЕМС). Мерење електричне струје и напона. (3+3)

Електрична отпорност проводника. Проводници и изолатори. Омов закон за део струјног кола. Рад и снага електричне струје. Џул-Ленцов закон. Омов закон за цело струјно коло. Везивање отпорника. (4+4)

Електрична струја у течностима и гасовима. (1+0)

Систематизација и обнављање градива. (0+1)

Демонстрациони огледи. Демонстрациони амперметар у струјном колу. Регулисање електричне струје у колу реостатом и потенциометром. Графитна мина (оловке) као потенциометар. Мерење електричне отпорности омметром. Загревање проводника електричном струјом. Протицање електричне струје у воденом раствору кухињске соли. Лимун као батерија. Пражњење у Гајслеровим цевима помоћу Теслиног трансформатора.

### **Лабораторијске вежбе**

1. Зависност електричне струје од напона на проводнику (таблични и графички приказ зависности). (1)

2. Одређивање електричне отпорности отпора у колу помоћу амперметра и волтметра. (1)
3. Мерење електричне струје и напона у колу са серијски и паралелно повезаним отпорницима и одређивање еквивалентне отпорности. (1)

## **МАГНЕТНО ПОЉЕ (4+2+0)**

Магнетно поље сталних магнета. Магнетно поље Земље. (1+1)

Магнетно поље електричне струје. Дејство магнетног поља на струјни проводник. (2+1)

Допринос Николе Тесле и Михајла Пупина развоју науке о електромагнетним појавама и њиховој примени. (1+0)

Демонстрациони огледи. Линије сила магнетног поља потковичастог магнета и магнетне шипке. Магнетна игла и школски компас. Ерстедов оглед. Електромагнет. Узајамно деловање два паралелна проводника кроз које протиче струја

.

## **ЕЛЕМЕНТИ АТОМСКЕ И НУКЛЕАРНЕ ФИЗИКЕ (5+3+0)**

Структура атома (језгро, електронски омотач). Нуклеарне силе. (1+1)

Природна радиоактивност. Радиоактивно зрачење (алфа, бета и гама зраци) и њихово биолошко дејство на биљни и животињски свет. Заштита од радиоактивног зрачења. (2+1)

Вештачка радиоактивност. Фисија и фузија. Примена нуклеарне енергије и радиоактивног зрачења. (2+1)

Демонстрациони оглед. Детекција присуства радиоактивног зрачења. (школски Гајгер-Милеров бројач)

## **ФИЗИКА И САВРЕМЕНИ СВЕТ (2+0)**

Утицај физике на развој других природних наука, медицине и технологије. (2+0)

## **Прилози поглављу **Методологија истраживања****

### *Инструменти истраживања*

## 6.4. Прилог 3-1: Бондов тест логичких операција (BLOT)

### БОНДОВ ТЕСТ ЛОГИЧКИХ ОПЕРАЦИЈА

#### УПУТСТВО

#### МОЛИМО ВАС ДА ПАЖЉИВО ПРОЧИТАТЕ УПУТСТВО КОЈЕ СЛЕДИ!

Овај тест је намењен испитивању способности мишљења. Ваш резултат на тесту неће се ни на који начин одразити на ваш школски успех и биће коришћен искључиво у научне сврхе.

За свако питање понуђено је четири или пет одговора. Понуђени одговори су обележени одговарајућим словима. Неки од понуђених одговора су нетачни; неки су делимично тачни, али за свако питање постоји **само један потпуно тачан одговор**. Пажљиво читајте питања и понуђене одговоре. Ставите знак (x) преко слова за које сматрате да означава потпуно тачан одговор на одређено питање. Одговорите на свако питање. Ако нисте сигурни који је одговор потпуно тачан, ставите знак (x) преко слова које означава одговор који вам се чини највероватнијим. Уколико на исто питање изаберете више одговора такав одговор неће бити признат. Уколико погрешите, прецртајте знак (x) и упишите га на одговарајуће место. Пре него што почнете са радом упишите своје податке!

Пол: М Ж

Датум рођења: \_\_\_\_\_

Име и презиме: \_\_\_\_\_

Школа: \_\_\_\_\_

Разред и одељење: \_\_\_\_\_

Данашњи датум: \_\_\_\_\_

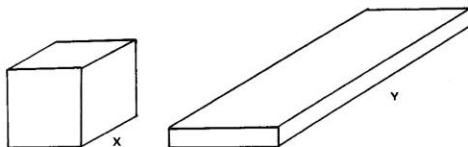
Школски успех на крају полугодишта (просек): \_\_\_\_\_

Оцена из физике на крају полугодишта: \_\_\_\_\_

**ХВАЛА НА САРАДЊИ!**



1. Бранко и Тома не успевају да се клацкају јер је Тома много лакши од Бранка. Још један мањи дечак, Јован, стоји поред клацкалице. Када ће клацкање бити могуће?
- Јован би требало да седне са Бранком.
  - Јован би требало да седне уместо Томе.
  - Јован би требало да седне уместо Бранка.
  - Сви наведени одговори су тачни.
2. На који је још начин могуће клацкање?
- Јован би требало да седне са Бранком.
  - Јован би требало да седне са Томом.
  - Јован би требало да седне уместо Томе.
  - Ниједан од ових одговора није тачан.
3. Истраживач руда је открио да се неки племенити метали понекад јављају заједно. Понекад је проналазио заједно злато и сребро; понекад је налазио само сребро; а у свим осталим случајевима није проналазио ни злато ни сребро. Које од следећих правила овај истраживач сматра истинитим?
- Злато и сребро се увек јављају заједно, никада одвојено.
  - Ако нађе сребро онда ће наћи и злато заједно са њим.
  - Ако нађе злато онда ће наћи и сребро заједно са њим.
  - Ако нађе злато онда неће наћи сребро.
4. Научник, биолог, врши експерименте како би створио нову врсту дрвета. До сада је створио дрвеће које има плодове, али не и цветове, такође је створио дрвеће које има цветове, али не и плодове и неколико њих који немају ни цветове ни плодове. Која од следећих тврдњи најбоље описује дрвеће које је до сада створио?
- Дрвеће може да има цветове или плодове.
  - Дрвеће може да има обоје, и цветове и плодове.
  - Дрвеће може да има или цветове или плодове или ни једно од та два.
  - Дрвеће може да има или цветове или плодове или обоје.
5. Велика коцка од пластелина (X) је преобликована у готово равну плочу пластелина (Y) облика квадрата.







Која од следећих тврдњи о запремини је тачна?

- Запремина X је много већа него запремина Y.
- Запремина X је мало већа него запремина Y.
- Запремина Y је много већа него запремина X.
- Запремина Y је мало већа него запремина X.
- Запремина X је једнака запремини Y.

**Питања 6, 7 и 8 везана су за следећу табелу:**

*У прошлости су дечаци носили кратку, а девојчице дугу косу. Једно скорашње испитивање у једној средњој школи показало је следеће резултате:*

	Деџаци	Девојџице
Duga kosa	 10	23 
Kratka kosa	 14	15 

6. Која од следећих тврдњи је тачна?
- Сви дечаци имају кратку косу, а све девојчице имају дугу косу.
  - Сви дечаци имају дугу косу, а све девојчице имају кратку косу.
  - Већина дечака има кратку косу, а већина девојчица има дугу косу.
  - Већина дечака има дугу косу, а већина девојчица има кратку косу.
7. Поменуто испитивање је представљало покушај да се докаже “теорија” по којој дечаци имају кратку косу, а девојчице дугу косу. Шта су показали резултати испитивања?
- Резултати показују да је поменута теорија у потпуности тачна.
  - Резултати показују да је поменута теорија тачна у већини случајева.
  - Резултати показују да је поменута теорија погрешна у већини случајева.
  - Резултати показују да је поменута теорија у потпуности погрешна.
8. Када би желео да подесиш резултате, тако да теорија поменута у претходном питању буде што тачнија (уверљивија), које слике би уклонио?
- Дечаке са дугом косом и девојчице са кратком косом.
  - Дечаке са дугом косом и девојчице са дугом косом.
  - Дечаке са кратком косом и девојчице са кратком косом.
  - Дечаке са кратком косом и девојчице са дугом косом.
9. Истраживач руда је провео свој живот тражећи калај и цинк. Његови напори показали су следеће резултате: Он никада није пронашао калај, а да није пронашао и цинк; никада није пронашао цинк, а да није пронашао и калај; налазио је цинк и калај заједно. Која од следећих тврдњи је тачна?
- Калај се некада јавља заједно са цинком а некада не.
  - Калај и цинк се никада не јављају заједно.
  - Калај и цинк се увек јављају заједно, никада одвојено.
  - Цинк се некада јавља заједно са калајем а некада не.

10. Узгајивач мачака узгаја мачке већ двадесет година. Приликом узгоја он је посебно заинтересован за боју мачака, односно за шаре које имају. Резултати које је постигао показују да неке мачке имају пеге, али немају пруге; неке имају пруге али немају пеге; остале мачке имају и пеге и пруге. Која од следећих тврдњи о узгајању мачака је тачна?
- a) Већина мачака нема ни пеге ни пруге.
  - b) Неке мачке имају пеге или пруге а неке немају ни једну од тих шара.
  - c) Мачке са пегама су једина врста мачака која се може узгајати.
  - d) Мачке имају или пеге или пруге или обе врсте шара.
11. Баштован је експериментисао са наводњавањем и ђубрењем покушавајући да одгаји ретку врсту цвећа. Када баштован истовремено наводњава и ђубри цвеће оно не успева; када наводњава а не ђубри цвеће оно не успева; када ђубри а не наводњава цвеће оно не успева. Међутим када не врши ни наводњавање ни ђубрење цвеће успева. Која од следећих тврдњи је тачна?
- a) Наводњавање некада помаже а некада не.
  - b) Вубрење некада помаже а некада не.
  - c) Ни наводњавање ни ђубрење не помажу биљкама.
  - d) Ако је вршено наводњавање онда није вршено ђубрење.
  - e) Тачна је и тврдња под (a) и тврдња под (b).
12. Један човек је одлучио да одлази у сауну како би смањио телесну масу. Међутим, он је установио да је губио масу када је одлазио у сауну, а такође и када није одлазио у сауну. Није постојало време када није губио на тежини. Која од следећих тврдњи је тачна?
- a) Ако је одлазио у сауну онда је губио масу.
  - b) Ако није одлазио у сауну онда је губио масу.
  - c) Губио је масу без обзира да ли је ишао у сауну или не.
  - d) Ако није одлазио у сауну није губио масу.
13. Ботаничар је открио нека неистражена подручја у којима расту само две врсте биљака: трава и шибље. У неким подручјима је нашао шибље, али не и траву; у другим подручјима је нашао траву, али не и шибље. Није нашао траву и шибље да расту заједно, и није нашао место где ни једно од њих не расте. Која од следећих тврдњи тачно описује налазе ботаничара?
- a) Ботаничар није нашао траву и шибље заједно.
  - b) Ботаничар је нашао или траву или шибље или обоје.
  - c) Ботаничар није нашао ни траву ни шибље.
  - d) Ботаничар је нашао или траву или шибље али не обоје.
14. Један човек купује срећке за четири различите наградне игре сваке недеље. У којој наградној игри има највише шанси да добије?
- a) У наградној игри за коју је продато 50 срећки.
  - b) У наградној игри за коју је продато 10 срећки.
  - c) У наградној игри за коју је продато 200 срећки.
  - d) У наградној игри за коју је продато 1000 срећки.

15. Златар прави три врсте прстења са драгим камењем. Прва врста прстења има дијаманте и рубине заједно; друга врста има само дијаманте; трећа врста нема ни дијаманте ни рубине. Он не прави прстење које има само рубине. Која је од следећих тврдњи тачна?

- a) Ако прстен има дијаманте онда има рубине.
- b) Прстен има дијаманте ако има рубине.
- c) Прстен увек има заједно дијаманте и рубине.
- d) Прстен може имати само рубине.

**Следећа тврдња се односи на питања 16, 17, 18 и 19:**

*Научници су доказали да ће телесна маса особе остати иста ако постоји равнотежа између количине енергије коју човек унесе храном коју поједе сваког дана и количине енергије коју потроши тог дана.*

16. Ако неко жели да смањи телесну масу онда:

- a) не сме да мења количину хране коју унесе и обим вежбања.
- b) мора да троши више енергије вежбајући више.
- c) мора да троши мање енергије вежбајући мање.
- d) мора да једе више.

17. Дечак је имао исту телесну масу током шест месеци. Решио је да плива 4 километра на дан (поред својих редовних активности) како би освојио титулу на државном првенству. Ако дечак жели да одржи исту телесну масу он мора:

- a) да уноси исту количину хране.
- b) да једе више.
- c) да једе мање.
- d) да вежба више.

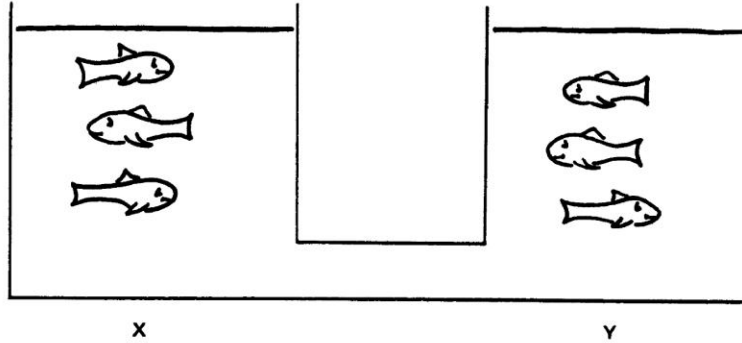
18. Фудбалер који тренира два дана у недељи се повредио током игре и сломио ногу. Пошто је његова нога у гипсу он мора да проведе цео дан у кревету и не сме да се бави никаквим активностима. Како он треба да организује свој живот преко дана да би одржао исту телесну масу?

- a) Треба да гледа игру свог тима на телевизији.
- b) Треба да једе исту количину хране као пре повреде.
- c) Треба да једе више.
- d) Треба да једе мање.

19. Млада жена је одржавала исту телесну масу шест месеци. Шта би требало да ради да би драстично променила своју телесну масу?

- a) Треба да једе мање и да мање вежба.
- b) Треба да једе више и да вежба више.
- c) Треба да једе и вежба као и обично.
- d) Треба да једе исто а да вежба више.

Следећа слика се односи на питања 20, 21, 22 и 23:



Два акваријума (X) и (Y) повезана су пролазом који омогућава рибама да слободно пливају између акваријума. Власник је открио да рибе више привлачи акваријум у коме је вода топлија или акваријум у коме има више хране. Рибе избегавају акваријум у коме је вода хладнија или акваријум у коме има мање хране. Међутим он је установио да ће рибе доћи у хладан акваријум у коме има више хране или у топао акваријум са мање хране. Он би желео да проба да открије који акваријум ће рибе највише волети када промени количину хране и температуру.

20. Број риба је исти у оба акваријума јер је температура иста у оба акваријума и количина хране је иста у оба акваријума. Власник је потом променио температуру у акваријуму X и он је хладнији. Шта ће се догодити?
- a) Више риба ће доћи у акваријум X.
  - b) Рибе ће остати где су.
  - c) Више риба ће отићи у акваријум Y.
  - d) Све рибе ће доћи у акваријум X.
21. Број риба у оба акваријума је исти јер су температура и количина хране исти. Власник повећава количину хране у акваријуму X и у истој мери смањује температуру у том акваријуму. Шта ће се догодити?
- a) Све рибе ће отићи у Y јер је X хладан.
  - b) Све рибе ће отићи у X јер у X има више хране.
  - c) Број риба ће остати исти.
  - d) Све рибе ће отићи у Y јер је он топлији.
22. Број риба у оба акваријума је исти јер су температура и количина хране исти. Власник повећава количину хране у акваријуму Y и смањује температуру у акваријуму X. Шта ће се догодити?
- a) Све рибе ће отићи у акваријум X.
  - b) Број риба ће остати исти.
  - c) Већина риба ће отићи у X.
  - d) Већина риба ће отићи у Y.

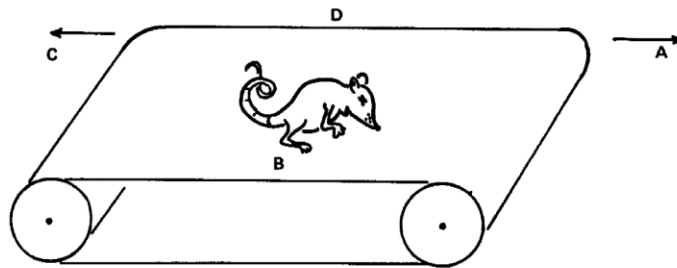
23. Број риба у оба акваријума је исти јер су температура и количина хране исти. Власник смањује количину хране у акваријуму Y и смањује температуру у њему. Шта ће се догодити?
- a) Број риба ће остати исти.
  - b) Већина риба ће отићи у X.
  - c) Све рибе ће отићи у акваријум Y.
  - d) Већина риба ће отићи у акваријум Y.
24. Дечаку су родитељи дозволили да гледа уличну параду, али само на кратко. Зато, да би видео највећи могући део колоне учесника он треба:
- a) да хода у истом смеру у ком се креће и колона.
  - b) да хода у супротном смеру од онога у ком се креће колона.
  - c) да стоји на једном месту.
  - d) да пређе на другу страну улице.
25. Научници желе да пореде последице десетодневног гладовања мачака и паса. Четири резултата могу да се догоде после десет дана и то су: (1) мачке су преживеле и пси су преживели (2) мачке су преживеле а пси су угинули (3) мачке су угинуле а пси су преживели (4) мачке су угинуле и пси су угинули. Међутим “Удружење љубитеља животиња” неће дозволити да експерименти почну јер их сматрају окрутним. Која од следећих тврдњи показује резултате експеримента?
- a) Мачке су преживеле а пси су угинули.
  - b) Мачке су преживеле и пси су преживели.
  - c) Мачке су угинуле а пси су преживели.
  - d) Мачке су угинуле и пси су угинули.
  - e) Ниједна од понуђених тврдњи.
26. Претпоставимо да су мужеви или ниски или високи и да су жене такође или ниске или високе. Која од следећих тврдњи садржи све могуће брачне парове?
- a) Високи мужеви и високе жене; ниски мужеви и ниске жене.
  - b) Ниски мужеви и високе жене; ниски мужеви и ниске жене.
  - c) Високи мужеви и ниске жене; ниски мужеви и високе жене.
  - d) Сви парови под а) и б) заједно.
  - e) Сви парови под а) и с) заједно.
27. Кошаркашица је одлучила да иде у сауну како би смањила телесну масу. Установила је да није губила масу када је ишла у сауну. Такође је установила да није губила масу када није ишла у сауну. Која од следећих тврдњи је тачна?
- a) Кошаркашица није губила масу ако је ишла у сауну.
  - b) Ако није ишла у сауну онда није губила масу.
  - c) Она није губила масу без обзира да ли је одлазила у сауну или не.
  - d) Она није губила масу и није ишла у сауну.

28. Истраживања временских прилика за последњих 60 година су довела метеорологе до следећег закључка: „Ако је лето онда ће бити олуја негде у Србији“. Који од следећих података би закључак метеоролога учинио нетачним?
- a) Лето са олујом.
  - b) Зима са олујом.
  - c) Лето без олује.
  - d) Зима без олује.
  - e) Ни један од наведених.
29. Један Швеђанин редовно одлази у сауну већ дуже време. Он је открио да некада губи масу када одлази у сауну, а да некада не губи масу када одлази у сауну. Међутим, он увек иде у сауну. Која од следећих тврдњи је тачна?
- a) Ако је ишао у сауну онда је губио масу.
  - b) Ако није ишао у сауну онда је губио масу.
  - c) Губио је масу без обзира да ли је ишао у сауну или не.
  - d) Ако није ишао у сауну он није губио масу.
  - e) Без обзира да ли је губио масу или не, он је ишао у сауну.
30. Полиција је донела пропис да су кола безбедна ако имају широке гуме и широке точкове, или ако имају обичне гуме и обичне точкове. Кола нису безбедна ако имају широке гуме и обичне точкове, или ако имају широке точкове и обичне гуме. Која од следећих тврдњи представља поменути полицијски пропис?
- a) Кола треба да имају широке точкове и широке гуме.
  - b) Безбедна кола имају широке точкове и широке гуме или ни једно од та два.
  - c) Ако кола имају обичне точкове онда треба да имају широке гуме.
  - d) Безбедна кола могу да имају точкове и гуме различите ширине.
31. Млада жена није могла да иде у сауну јер је пара лоше утицала на њену кожу. Иако није одлазила у сауну она је некада губила масу, а некада није. Која од следећих тврдњи је тачна?
- a) Ако није ишла у сауну, она није губила масу.
  - b) Без обзира да ли је губила масу или не, она није одлазила у сауну.
  - c) Чак и када је губила масу она није ишла у сауну.
  - d) Сауна некада доводи до смањења телесне масе, а некада не.
32. У једном граду, због великих падавина а слабог отицања воде, полиција је упозорила да ће се поплаве појавити ако дневно буде пало 10 литара кише по метру квадратном. Који од следећих података би показао да су тврдње полиције нетачне?
- a) Нема поплава а током једног дана је пало 5 литара кише по метру квадратном.
  - b) Поплаве су се појавиле а током једног дана је пало 10 литара кише по метру квадратном.
  - c) Поплаве су се појавиле а током једног дана је пало 5 литара кише по метру квадратном.
  - d) Нема поплава а током једног дана је пало 10 литара кише по метру квадратном.
  - e) Ниједан од наведених.

33. Новчић је бачен у ваздух 10 пута и при том је пао на под. Која од следећих тврдњи би представљала највероватнији резултат?

- a) 7 глава и 3 писма.
- b) 6 глава и 4 писма.
- c) 5 глава и 5 писама.
- d) 4 главе и 6 писама.
- e) 3 главе и 7 писама.

Следећа слика се односи на питања 34 и 35:



34. Миш се налази на покретној траци и она почиње да се креће у правцу (A). Које од следећих кретања ће миша задржати близу средине траке?


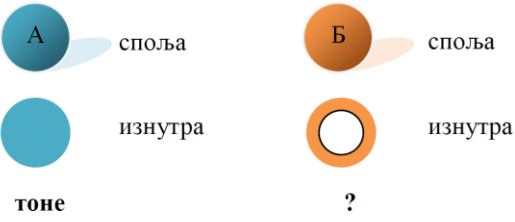
- a) Миш трчи у истом смеру у ком се креће трака (A).
- b) Миш мирује (B).
- c) Миш трчи у супротном смеру од смера кретања траке (C).
- d) Миш трчи преко траке према (D).

35. Смер кретања траке је сада обрнут. Који од понуђених одговора ће задржати миша близу средине траке.

- a) Миш трчи према (A).
- b) Миш мирује (B).
- c) Миш трчи према (C).
- d) Миш трчи преко траке према (D).

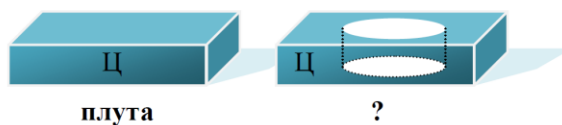


**6.5. Прилог 3-2: Модификовани дијагностички тест о пливању и тоњењу тела**

Име и презиме ученика: _____	Датум: _____
<p><b>1. А) Пажљиво погледај слику и подвучи свој одговор:</b>          И тело А и тело Б плутају на води. Претпоставимо да их залепимо једано за друго и ставимо у воду. Заједно ће: (а) плутати (б) потонути.</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <p>Б) Образложи свој одговор: _____          _____          _____</p> <p>В) Да ли ти је ситуација слична овој позната из искуства? Ако јесте, опиши је што детаљније:          _____          _____          _____</p>	
<p><b>2. А) Пажљиво погледај слику и подвучи свој одговор:</b>          Кугле А и Б направљене су од различитих материјала, али имају <b>ИСТУ</b> масу и <b>ИСТУ</b> запремину. Кугла А је потпуно испуњена изнутра; кугла Б у унутрашњости има шупљину, али тако да вода не може ући у њу (види слике доле). Кугла А тоне у води. Када се стави у воду, кугла Б ће: (а) плутати (б) потонути.</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <p>Б) Образложи свој одговор: _____          _____          _____</p> <p>В) Да ли ти је ситуација слична овој позната из искуства? Ако јесте, опиши је што детаљније:          _____          _____          _____</p>	

3. А) Пажљиво погледај слику и подвуци свој одговор:

Тело Ц плута на води. Претпоставимо да кроз њега направимо шупљину као на слици. Када се стави у воду, тело Ц ће сада: (а) плутати (б) потонути.



Б) Образложи свој одговор: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

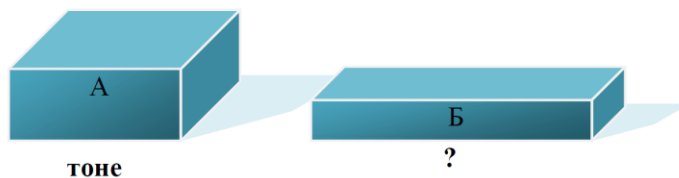
В) Да ли ти је ситуација слична овој позната из искуства? Ако јесте, опиши је што детаљније:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. А) Пажљиво погледај слику и подвуци свој одговор:

Тела А и Б направљена су од **ИСТОГ** материјала. Тело Б је пљоснатије него тело А. Тело А тоне у воду. Када се стави у воду, тело Б ће: (а) плутати (б) потонути.



Б) Образложи свој одговор: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

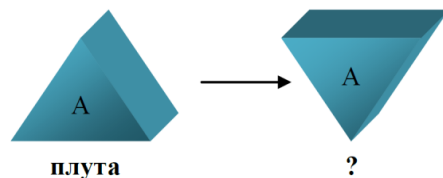
В) Да ли ти је ситуација слична овој позната из искуства? Ако јесте, опиши је што детаљније:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. А) Пажљиво погледај слику и подвуци свој одговор:

Ако се тело А (доле лево) стави у воду, он ће плутати. Ако се тело А окрене наопако (доле десно) и стави у воду, оно ће: (а) плутати (б) потонути.



Б) Образложи свој одговор: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

В) Да ли ти је ситуација слична овој позната из искуства? Ако јесте, опиши је што детаљније:

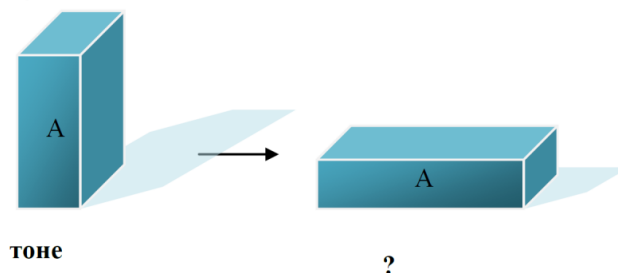
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. А) Пажљиво погледај слику и подвуци свој одговор:

Тело А тоне ако га у воду ставимо како је приказано на слици лево. Ако исто тело ставимо у воду како је приказано на слици десно, тело А ће:

(а) плутати (б) потонути.



Б) Образложи свој одговор: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

В) Да ли ти је ситуација слична овој позната из искуства? Ако јесте, опиши је што детаљније:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7. А) Пажљиво погледај слику и подвуци свој одговор:

Лопте А и Б имају **ИСТУ** масу и **ИСТУ** запремину. Лопта А је направљена од нечег меканог. Лопта Б је направљена од нечег тврдог. Лопта А плута на води. Када се стави у воду, лопта Б ће : (а) плутати (б) потонути.

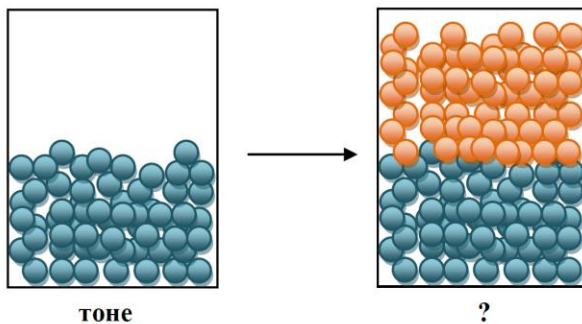


Б) Образложи свој одговор: \_\_\_\_\_

В) Да ли ти је ситуација слична овој позната из искуства? Ако јесте, опиши је што детаљније:

8. А) Пажљиво погледај слику и подвуци свој одговор:

Чврсто затворена посуда је до пола напуњена камењем и тоне у води. Ако напунимо другу половину комадићима стиропора, поново је добро затворимо и ставимо у воду, она ће: (а) плутати (б) потонути.

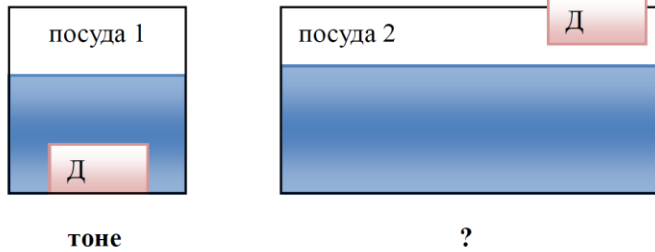


Б) Образложи свој одговор: \_\_\_\_\_

В) Да ли ти је ситуација слична овој позната из искуства? Ако јесте, опиши је што детаљније:

9. А) Пажљиво погледај слику и подвуци свој одговор:

Тело Д тоне у води када се стави у посуду 1. Када се тело Д стави у већу посуду са више воде (посуда 2), оно ће: (а) плутати (б) потонути.



Б) Образложи свој одговор: \_\_\_\_\_

В) Да ли ти је ситуација слична овој позната из искуства? Ако јесте, опиши је што детаљније:

---

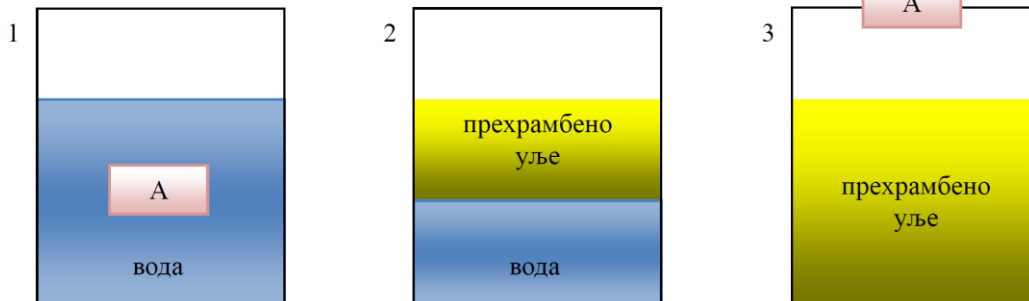
---

---

10. А) Пажљиво погледај слику и подвуци свој одговор:

Тело А лебди испод површине у води (види 1). Прехрамбено уље плута на води (види 2). Ако се тело А стави у прехрамбено уље, оно ће: (а) плутати (б) потонути.

лебди испод површине



Б) Образложи свој одговор: \_\_\_\_\_

В) Да ли ти је ситуација слична овој позната из искуства? Ако јесте, опиши је што детаљније:

---

---

---

**6.6. Прилог 3-3: Радни лист - Критичка процена решења рачунског задатка и откривање грешке**

Име и презиме ученика: \_\_\_\_\_

Датум: \_\_\_\_\_

1. Пажљиво прочитај задатак и размотри његово решење:



Задатак:

Тежина јабуке у ваздуху је 2,9 N. Уроњена у воду, она има тежину 0,9 N. Колика је густина те јабуке?

Решење:

Да бисмо одредили густину јабуке, потребно ја да израчунамо њену масу и запремину.

На основу формуле за тежину  $Q = mg$ , маса јабуке се израчунава на следећи начин:

$$m = \frac{Q}{g} = \frac{2,9 \text{ N}}{9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 0,296 \text{ kg} = 296 \text{ g}$$

Запремина јабуке се може одредити из израза за силу потиска која делује на јабуку уроњену у воду  $F_p = Vg\rho$ , где је густина воде  $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

Пошто је тежина јабуке у ваздуху 2,9 N, а у води 0,9 N, закључујемо да на њу у води делује сила потиска једнака разлици ових тежина. Значи:

$$F_p = 2,9 \text{ N} - 0,9 \text{ N} = 2 \text{ N}$$

$$V = \frac{F_p}{\rho g} = \frac{2 \text{ N}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 0,0002 \text{ m}^3.$$

Густина јабуке је:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,296 \text{ kg}}{0,0002 \text{ m}^3} = 1480 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

**2. А) Размисли и подвуци свој одговор:**

Да ли једна просечна („нормална“) јабука може имати масу израчунату у задатку?

(а) да. (б) не.

На основу чега то закључујеш?

---

---

---

**Б) Размисли и подвуци свој одговор:**

Да ли једна просечна („нормална“) јабука може имати густину израчунату у задатку?

(а) да. (б) не.

На основу чега то закључујеш?

---

---

---

**6.7. Прилог 3-4: Радни лист - Анализа снимка необичног понашања тела у гасу чија је густина већа од густине ваздуха**

Име и презиме ученика: _____	Датум: _____
<p><b>I Пажљиво погледај снимак о балону и „чамцу“ од алуминијумске фолије и одговори на следећа питања:</b></p> <p>1. Да ли је понашање балона било изненађујуће? а) Веома   б) Јесте мало   в) Није   г) Није нимало Образложи свој одговор: _____ _____ _____</p> <p>2. Да ли је понашање чамца од алуминијумске фолије било изненађујуће? а) Веома   б) Јесте мало   в) Није   г) Није нимало Образложи свој одговор: _____ _____ _____</p> <p><b>II Сада пажљиво посматрај први део снимка о балону и одговори на питања:</b></p> <p>1. Како се понашао балон у првом случају? _____ _____ _____</p> <p>2. Како се понашао балон у другом случају? _____ _____ _____</p> <p>3. Зашто се балон у другом случају понашао другачије? _____ _____ _____ _____</p>	



**III** Сада пажљиво посматрај други део снимка и одговори на питања:

1. Како се понашао чамац од алуминијумске фолије у првом случају? \_\_\_\_\_

---

---

2. Како се понашао чамац од алуминијумске фолије у другом случају? \_\_\_\_\_

---

---

3. Зашто се у другом случају чамац од алуминијумске фолије понашао другачије?













---

---

---

---

## 6.8. Прилог 3-5: Одложени тест

Име и презиме ученика: _____	Датум: _____
<p>1. На слици десно приказане су две коцке. Коцка А има ивицу дужине 1cm, а коцка Б ивицу дужине 3cm. Када се обе коцке потопе у воду:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) На обе коцке делује једнака сила потиска,</li> <li>2) На коцку Б делује 3 пута већа сила потиска него на коцку А,</li> <li>3) На коцку Б делује 9 пута већа сила потиска него на коцку А,</li> <li>4) На коцку Б делује 27 пута већа сила потиска него на коцку А,</li> <li>5) Није могуће знати.</li> </ol> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>А</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Б</p> </div> </div> <p style="margin-top: 10px;">Заокружи број испред тачног одговора, а затим напиши образложење свог одговора.</p>	
<p>2. А) На слици десно приказано је пет коцки исте величине. Масе коцки су различите. Коцка А, масе 16 g лебди испод површине воде. Које коцке тону у води? Образложи свој одговор!</p> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>16g</p>  <p>А</p> </div> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>1g</p>  <p>Б</p> </div> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>13g</p>  <p>В</p> </div> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>18g</p>  <p>Г</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>43g</p>  <p>Д</p> </div> </div>	
<p>Б) На слици десно приказано је пет коцки исте масе. Коцке су направљене од различитих материјала. Коцка А, масе 16 g лебди испод површине воде. Које коцке испливавају када се ставе у воду? Образложи свој одговор!</p> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>16g</p>  <p>А</p> </div> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>16g</p>  <p>Б</p> </div> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>16g</p>  <p>В</p> </div> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>16g</p>  <p>Г</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>16g</p>  <p>Д</p> </div> </div>	

3. На слици десно је дрвено дугме. Када се спусти у воду, дугме:

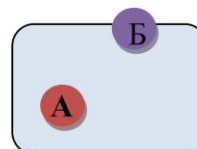
- а) тоне зато што вода пролази кроз отворе,
- б) плива јер је мало и лагано,
- в) плива зато што дрво има мању густину од воде,
- г) тоне зато што дрво има већу густину од воде.



4. Две кугле исте величине, али од различитог материјала налазе се у води. Кугла А лебди испод површине, кугла Б је испливала (слика десно). На коју куглу делује већа сила потиска у том тренутку?

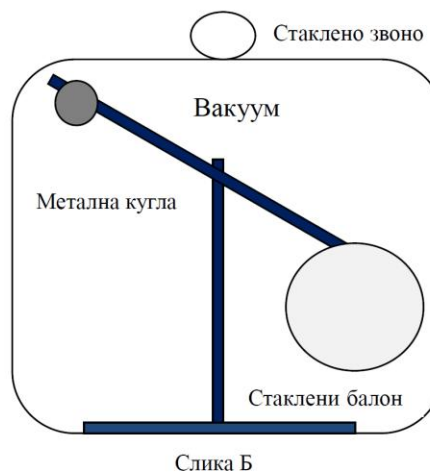
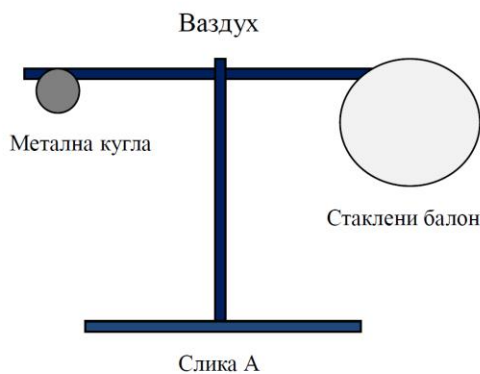
- 1) На куглу А делује већа сила потиска,
- 2) На куглу Б делује већа сила потиска.

Образложи свој одговор!

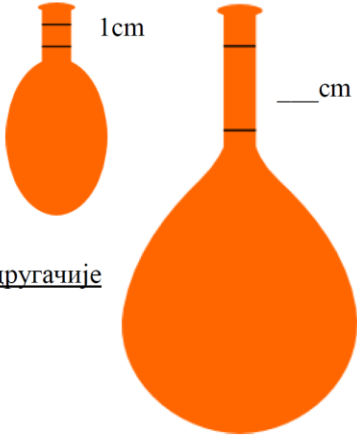


5. На слици испод приказана је полука на коју су закачена 2 тела: мала метална кугла и већи стаклени балон. Када се полука са телима налази у ваздуху, она је у стању равнотеже (слика А). Међутим, ако се полука са телима постави испод стакленог звона из кога се извуче ваздух помоћу вакуум пумпе, равнотежа ће се нарушити (слика Б). Објасни:

- 1) Зашто је полука у равнотежи када је у ваздуху?
- 2) Зашто долази до нараушавања равнотеже када је полука у безваздушном простору (вакууму)?



**6.9. Прилог 3-6: Радни лист - Предвиди-посматрај-објасни активност демонстрације силе потиска**

Име и презиме ученика: _____	Датум: _____
<p><b>I</b> На врату ненадуваног балона фломастером се означе две линије на растојању од 1cm. Затим се балон напуни водом. Балон се држи за врх тако да виси у ваздуху. Уочава се промена растојања између линија. Лењиром се измери ново растојање између линија. Забележи вредност новог растојања на цртежу.</p> <p><u>Размисли и објасни:</u> <b>Зашто се врат балона издужио?</b></p> <div data-bbox="1010 583 1365 1016"></div> <p><u>Разговарај са осталим члановима групе и ако након тога имаш другачије или детаљније објашњење, наведи га:</u></p> <p><b>II</b> Сада ће се овако напуњен балон полако уронити у посуду са водом, тако да ван воде остане само врат балона.</p> <p><u>Размисли и предвиди:</u> <b>Колико ће тада бити растојање између линија на врату балона?</b></p> <p><b>A) Исто као код балона напуњеног водом док је висео у ваздуху.</b> <b>B) Исто као код празног балона тј. пре него што је насута вода у њега.</b> <b>V) Није могуће предвидети.</b> <b>Г) Ако имаш неко друго предвиђање, напиши га у простору који следи.</b></p> <p><u>Напиши образложење свог предвиђања:</u></p> <p><u>Разговарај са осталим члановима групе и ако након тога имаш другачије предвиђање или образложење, наведи га:</u></p>	

**III** Балон напуњен водом је уроњену посуду са водом тако да је ван воде остао само врат балона.

- Колико је растојање између линија када је балон напуњен водом уроњен у воду?
- Које предвиђање се остварило?

Размисли и објасни:

**Зашто је настало такво растојање између линија на врату балона?**

Разговарај са осталим члановима групе и ако након тога имаш детаљније или ново образложење, наведи га:

## 6.10. Прилог 3-7: Образац за посматрање и вредновање школског часа

**ЗАВОД ЗА ВРЕДНОВАЊЕ КВАЛИТЕТА ОБРАЗОВАЊА И ВАСПИТАЊА**  
**PM-5. ОБРАЗАЦ ЗА ПОСМАТРАЊЕ И ВРЕДНОВАЊЕ ШКОЛСКОГ ЧАСА (област квалитета *Настава и учење*)**

<b>Школа:</b>	<b>Име и презиме наставника:</b>	<b>Име и презиме наставника који врши процену:</b>
<b>Датум:</b>	<b>Наставни предмет:</b>	<b>Разред и одељење:</b>

Посматрајте следеће активности:

Процена: Заокружите један од одговора:  
 1= претежно слабо; 2= више слабости од предности  
 3= више предности од слабости 4= претежно добро.

	НАСТАВНИК...	Пример понашања	Процена	Шта је било добро? /Предлози за побољшање
1.	... јасно истиче циљеве часа.	<i>Наставник говори ученицима о томе шта треба да уче на том часу и шта очекује да науче.</i>	1 2 3 4	
2.	.... даје упутства и објашњења која су јасна ученицима.	<i>Наставник проверава да ли ученици разумеју како треба да реше задатак.</i>		
3.	.... истиче кључне појмове које ученици треба да науче.	<i>На табли су написане кључне речи или појмови из теме која се обрађује.</i>		
4.	..... користи наставне методе које су ефикасне у односу на циљ часа.	<i>Активности/радovi ученика показују да је циљ часа остварен.</i>		
5.	..... поступно поставља све сложенија питања/задатке/ захтеве.	<i>На почетна питања наставника највећи број ученика даје тачан одговор.</i>		
6.	.... учи ученике како да користе различите начине/приступе за решавање задатака/проблема.	<i>Наставник показује ученицима алтернативне начине решавања задатка.</i>	1 2 3 4	
7.	.... учи ученике како да ново градиво повежу са претходно наученим.	<i>Наставник показује ученицима радове и дидактички материјал који су користили за неке раније часове и подсећа на то шта су тада учили.</i>		
8.	..... учи ученике како да повежу наставне садржаје са примерима из свакодневног живота.	<i>Задаци и питања у вези са темом садрже примере из свакодневног живота.</i>		
9.	.... учи ученике како да у процесу учења повежу садржаје из различитих области.	<i>Наставник поставља питања која захтева знања која су учили из других области/предмета.</i>		
10.	...учи ученике да постављају себи циљеве у учењу.	<i>Наставник поставља питање ученику: "Шта ћеш прво да урадиш/прочиташ, а затим...?"</i>		

	НАСТАВНИК...	Пример понашања	Процена	Шта је било добро? /Предлози за побољшање
11.	....прилагођава захтеве могућностима ученика.	<i>Ученици могу да бирају задатке за вежбање који су припремљени на два, три нивоа.</i>	1 2 3 4	
12.	....прилагођава темпо рада различитим потребама ученика.	<i>Ученици имају различито време за израду задатка.</i>		
13.	....прилагођава наставни материјал индивидуалним карактеристикама ученика.	<i>Неким ученицима је омогућено да користе помоћне материјале у учењу.</i>		
14.	....посвећује време ученицима у складу са њиховим образовним и васпитним потребама.	<i>Са неким ученицима наставник ради индивидуално док други ученици раде у групи.</i>		
15.	....примењује специфичне задатке/активности/материјале на основу ИОП-а за ученике којима је потребна додатна подршка у образовању.	<i>За ученике који имају ИОП-е припремљени су посебни задаци који се користе по потреби.</i>		
16.	.... ефикасно структурира и повезује делове часа.	<i>Активности на часу логично следе једна другу.</i>	1 2 3 4	
17.	.... ефикасно користи време на часу.	<i>До краја часа, наставник је остварио све планиране активности.</i>		
18.	..... на конструктиван начин успоставља и одржава дисциплину у складу са договореним правилима.	<i>Свима у групи је јасно како треба да се понашају у време учења.</i>		
19.	... функционално користи постојећа наставна средства.	<i>Изабрана су одговарајућа наставна средства за решавање задатака.</i>		
20.	.... усмерава интеракцију међу ученицима тако да је она у функцији учења (користи питања, идеје, коментаре ученика за рад на часу).	<i>Када једна група извештава, наставник позива остале ученика да им поставе питања.</i>		

	НАСТАВНИК...	Пример понашања	Процена	Шта је било добро? /Предлози за побољшање
21.	.... проверава да ли су постигнути циљеви часа.	<i>На крају часа разговара се о кључним појмовима који су у вези са постављеним циљевима.</i>	1 2 3 4	
22.	..... врши оцењивање са адекватном повратном информацијом	<i>Радови ученика су оцењени, а оцене прате и образложења са упутством за даљи рад.</i>		
23.	.... прилагођава захтеве вредновања могућностима ученика.	<i>Вредновање је усклађено са могућностима појединих ученика (нпр. смањен је број и промењена врста задатака).</i>		
24.	.... похваљује напредак ученика.	<i>Наставник даје позитивне коментаре ученицима током часа.</i>		
25.	.... даје потпуну и разумљиву информацију ученицима о њиховом раду.	<i>Ученицима је јасно шта су научили, шта још треба да науче, у чему треба да исправе грешку.</i>		
26.	.... учи ученике како да процењују свој напредак.	<i>Наставник учи ученике како да утврде критеријуме успешност у учењу (нпр. објашњава им како да утврде напредак у читању)</i>		
27.	.... показује поштовање према ученицима.	<i>Наставник се ученицима обраћа по имену и гледа их док разговара са њима.</i>	1 2 3 4	
28.	.... испољава емпатију према ученицима.	<i>Тон и начин обраћања наставника показује да он разуме осећања ученика.</i>		
29.	.... адекватно реагује на међусобно неуважавање ученика.	<i>Наставник одмах примерено реагује на сваку врсту неуважавања у групи.</i>		
30.	.... користи различите поступке за мотивисање ученика.	<i>Наставник похвалама подстиче ученике који су стидљиви.</i>		
31.	.... даје ученицима могућност да постављају питања, дискутују и коментаришу у вези са предметом учења на часу.	<i>Ученици без устручавања питају и дискутују у вези са темом, при чему се поштују правила у учењу и раду.</i>		
32.	.... задаје домаће задатке који подстичу ученике на продубљивање теме.	<i>Нпр. самосталан и тимски рад, истраживачки рад, рад на пројектима, коришћење различитих извора и долажење до креативних решења, итд.</i>		



	УЧЕНИЦИ...	Пример понашања	Процена	Шта је било добро? /Предлози за побољшање
32.	.... су заинтересовани за рад на часу.	<i>Ученици износе своје примере, имају додатне коментаре о теми и сл.</i>	1 2 3 4	
33.	..... активно учествују у раду на часу.	<i>Велики број ученика поставља питања у вези са излагањем наставника.</i>		
34.	..... су разумели предмет учења на часу.	<i>Ученици успешно раде задатке самостално, без помоћи наставника.</i>		
35.	.... користе доступне изворе знања.	<i>Ученици имају прилику да користе уџбеник, радну свеску, пано, карту, зидне слике...</i>		
36.	..... користе повратну информацију да реше задатак/унапреде учење.	<i>После коментара наставника на радове, већи број ученика успешно исправља грешку/поправља задатак.</i>		
37.	..... процењују тачност одговора/решења.	<i>Ученици међусобно процењују тачност решења.</i>		
38.	.... умеју да образложе како су дошли до решења.	<i>Ученици умеју да објасне поступак у решавању задатка.</i>		

**БЕЛЕШКЕ:**

*Задаци у експерименталној групи – Радни листови*

## 6.11. Прилог 3-8: Домаћи задатак - Основни појмови о сили потиска

Име и презиме ученика: \_\_\_\_\_

Разред и одељење: \_\_\_\_\_

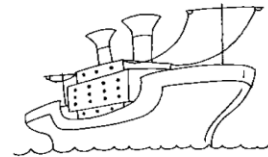
### Први домаћи задатак

1. Како се назива сила која приморава балон загњурен у воду да „искочи“ на површину када се пусти?

2. Допуни реченице које следе тако да искази буду тачни.

На лопту која плута на површини воде делују две силе: Сила којом Земља привлачи лопту - \_\_\_\_\_ и сила којом вода делује на лопту - \_\_\_\_\_. Ове две силе имају исти \_\_\_\_\_, а супротан \_\_\_\_\_.

3. Брод плови по мору (слика десно). Нацртај и обележи силе које делују на њега (вучна сила, сила Земљине теже, сила потиска и сила отпора средине).



4. Динамометар показује да је тежина неког тела у ваздуху 50N, а у води 30N. Колика је вредност силе потиска којом вода делује на то тело?

5. А) Од чега све зависи вредност силе потиска која делује на тело потопљено у течност? (Подвуци све тачне одговоре!)

- густине течности;
- облика тела;
- густине тела;
- запремине тела;
- масе тела;
- јачине гравитационог поља.

Б) Напиши формулу која представља математички исказ ове зависности.

6. Колика сила потиска делује на тело запремине  $200 \text{ cm}^3$  када се потопи у алкохол? Користи таблицу густина.

7. Чему је према Архимедовом закону једнака вредност силе потиска којом течност делује на тело?

## 6.12. Прилог 3-9: Домаћи задатак – Архимед

### Други домаћи задатак - АРХИМЕД

Архимед (287-212. године пре нове ере) био је старогрчки научник, математичар и физичар.

Живео је у Сиракузи, граду на Сицилији, који је у то време припадао Великој Грчкој.

Прва знања стекао је од оца Фидије који је био астроном, а касније је пуно путовао широм света ради образовања. Познато је да је боравио у египатској Александрији која је у то време била центар знања, где се спријатељио и са Ератостеном, који је познат као прва особа која је измерила обим Земље.

Архимед је један од најпознатијих научника. Остварио је велики допринос у области математике и физике, посебно механике и оптике.

Између осталог, објаснио је принцип рада полуге, принцип пливања и тоњења тела, као и закон потиска. Први је применио концепт тежишта тела.

Својим методом израчунао је вредност броја пи ( $\pi$ ) са већом тачношћу него било ко пре њега. Написао је бројне радове из геометрије о кривама и телима која се добијају ротацијом кривих, а посебно је био поносан на одређивање површине и запремине лопте и ваљка. Покушао је да процени димензије свемира, конструисао је систем сфера којима описује кретање небеских тела...

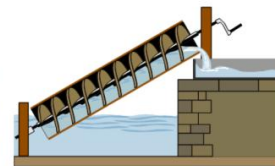
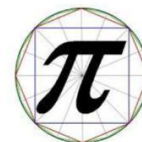
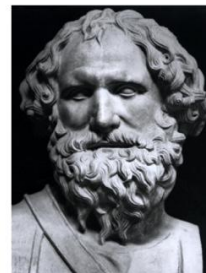
И као практичару ретко ко му је раван. Свом пријатељу, Хијерону II, краљу Сиракузе, био је главна узданица у одбрани града. Својим механичким направама, оруђима и оружјима, катапултима и оптичким направама, дуго је успешно бранио зидине Сиракузе, а његова направа за наводњавање, Архимедов вијак, и данас се користи.



Светској баштини оставио је узвик: „Еурека!“ (Нашао сам, пронашао!), додуше и слику како наг трчи по улицама Сиракузе пресећан због открића силе потиска.

Његова изјава: „**Дајте ми ослонац и подићи ћу Земљу!**“, такође је постала цивилизацијска тековина.

Архимеду се приписује још једна позната реченица: „**Не ремети моје кругове!**“. Сматра се да су ово биле његове последње речи. Изрекао их је римским војницима који су освојили Сиракузу. Архимед је био задубљен у своје математичке цртеже на песку а његова смрт постала је легенда. Осим тога, познато је да је Архимедов гроб садржао велику скулптуру која је илустровала његов омиљени математички доказ, а састојала се од лопте уписане у ваљак, исте висине и пречника. Наиме, Архимед је доказао да је запремина лопте једнака  $2/3$  запремине око ње описаног ваљка.



## Задаци:

1. Прочитајте текст на првој страни и продискутујте о томе како бисте одговорили на питање: Ко је био Архимед и по чему је најпознатији?
2. Постоји прича о томе да је краљ Сиракузе Хијерон II посумњао да круна коју је поручио није направљена од чистог злата. Зато је позвао Архимеда да то провери, али да не оштећује круну.  
Размислите и продискутујте о могућим начинима да се овај задатак изврши.  
Како бисте ви решили овакав задатак данас?
3. Претпоставимо да о једној круни знамо следеће податке:  
Тежина круне у ваздуху је  $30\text{ N}$ , а тежина воде коју круна истисне када се потпуно потопи је  $2\text{ N}$ .  
Како на основу ових података можемо проверити да ли је круна од чистог злата?

### 6.13. Прилог 3-10: Радни лист - Одређивање густине тела применом Архимедовог закона

#### Одређивање густине тела применом Архимедовог закона

##### Први део – ТЕОРИЈСКА ОСНОВА:

А) Који подаци су неопходни да би се изачунала густина неког тела, на пример кугле од пластелина?

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

Б) Коју физичку величину меримо када на динамометар окачимо куглу од пластелина?

\_\_\_\_\_

В) Како помоћу динамометра и посуде са водом можемо одредити силу потиска којом вода делује на куглу?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

##### Други део - МЕРЕЊЕ:

Тежина кугле у ваздуху: \_\_\_\_\_.

Тежина кугле у води: \_\_\_\_\_.

На основу ова два податка, одреди вредност силе потиска у води: \_\_\_\_\_.

##### Трећи део - ФОРМУЛЕ:

Напиши формулу за тежину тела: \_\_\_\_\_.

Напиши формулу за силу потиска: \_\_\_\_\_.

##### Четврти део - РАЧУН:

На основу измерене тежине кугле у ваздуху одреди њену масу.

На основу израчунате силе потиска одреди запремину кугле. (Користи  $g=10 \text{ m/s}^2$ )

Израчунај густину кугле од пластелина.

#### 6.14. Прилог 3-11: Истраживачки домаћи задатак о јабукама

### Трећи домаћи задатак – „Да ли јабуке тону у води?“

#### Пажљиво прочитај упутство за израду домаћег задатка:

- Твој задатак је да код куће истражиш да ли јабуке тону у води и да то детаљно објасниш.
- Да би то постигао/ла потребно је да одредиш колико износи густина једне просечне јабуке. Сав потребан прибор сигурно ћеш лако пронаћи у кући, посебно у кухињи.
- Веома је важно да опишеш све кораке свог истраживања и уколико је могуће да направиш фотографије важних корака, као и да јасно истакнеш закључке свог истраживања.
- Извештај можеш предати у облику PowerPoint презентације коју ћеш снимити под својим именом и презименом и коју ћеш послати на e-mail:

[domaci.fizika@gmail.com](mailto:domaci.fizika@gmail.com)

- Важно је да поштујеш задати рок како би наставник могао благовремено да прегледа ваше радове.
- Уколико ниси у могућности да користиш рачунар или да пошаљеш e-mail, свој рад можеш у истом року предати наставнику у школи.
- Овај домаћи задатак није обавезан, што значи да не постоји било каква казна ако га не урадиш. Међутим, ако задатак урадиш и све кораке јасно и прецизно прикажеш у свом извештају, то ће позитивно утицати на твоју оцену коју добијаш за залагање и активности на часу. Осим тога, радећи овакав задатак имаћеш прилику да примениш своје знања, али и да провериш колико добро си разумео појаве пливања и тоњења тела.

## 6.15. Прилог 3-12: Домаћи задатак – Сила потиска и појаве везане за њу

Име и презиме ученика: \_\_\_\_\_

Разред и одељење: \_\_\_\_\_

### Четврти домаћи задатак – Сила потиска и појаве везане за њу

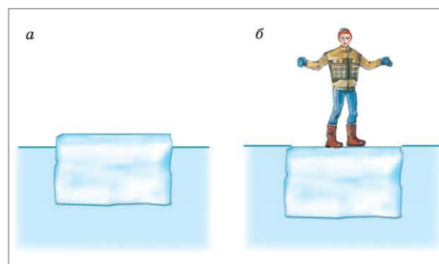
#### Питања из уџбеника:

1. Зашто се јавља сила потиска?
2. Како све можемо да одредимо силу потиска?
3. Ког правца и смера је сила потиска? Где се налази нападна тачка ове силе?
4. Како гласи Архимедов закон?
5. Зашто лакше пливамо у морској води него у базену или реци?
6. Да ли се сила потиска јавља само у течностима?
7. Попуни табелу:

тело <b>тоне</b> у течности	$Q \_ F_p$	$\rho_{\text{тела}} \_ \rho_{\text{течности}}$
тело _____ у течности	$Q < F_p$	$\rho_{\text{тела}} \_ \rho_{\text{течности}}$
тело _____ у течности	$Q \_ F_p$	$\rho_{\text{тела}} \_ \rho_{\text{течности}}$

#### Додатни задаци:

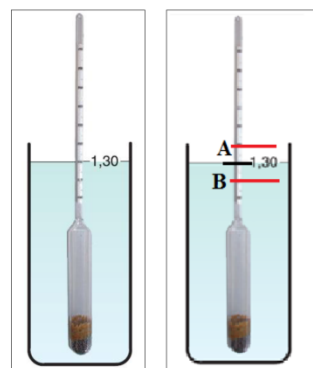
1. Одреди максималну масу човека који може да стоји на санти леда а да „не наваси ноге“ (као на слици б). Дебљина санте је 40 cm а површина основе  $2 \text{ m}^2$ . (Узети да је  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .)



2. На сликама 1 и 2 приказан је **ареометар**, уређај који служи за мерење густине течности.

У примеру на слици 1 ареометар показује да је густина течности  $1,30 \text{ g/cm}^3$ .

Која ознака на слици 2, **А** или **В**, одговара већој густини ( $1,35 \text{ g/cm}^3$ )?  
**Образложи!**



Слика 1

Слика 2



## **Прилози поглављу Резултати истраживања са дискусијом**

**6.16. Табела - Заступљеност четири категорије ученичких одговора на уводном дијагностичком тесту о пливању и тоњењу тела у контролној и експерименталној групи**

Задатак ( типови алтернативних концепција)	Научно објашњење		Алтернативна концепција		Погрешно објашњење		Без објашњења	
	К	Е	К	Е	К	Е	К	Е
1. Велике/тешке ствари тону, мале/лаке ствари пливају	12 (15.2%)	13 (17.6%)	28 (35.4%)	34 (45.9%)	4(5.1%)	10 (13.5%)	35 (44.3%)	17 (23%)
2. Предмети који имају у себи ваздуха пливају	12 (15.2%)	11 (14.9%)	40 (50.6%)	49 (66.2%)	13 (16.5%)	6 (8.1%)	14 (17.7%)	8 (10.8%)
3. Шупље ствари тону	6 (7.6%)	7 (9.5%)	25 (31.6%)	29 (39.2%)	25 (31.6%)	26 (35.1%)	23 (29.1%)	12 (16.8%)
4. Равне ствари пливају	23 (29.1%)	15 (20.3%)	26 (32.9%)	45 (60.8%)	8 (10.1%)	5 (6.8%)	22 (27.8%)	9 (12.2%)
5. Оштра ивица предмета чини да он потоне	15 (19%)	19 (25.7%)	27 (34.2%)	43 (58.1%)	8 (10.1%)	4(5.4%)	29 (36.7%)	8 (10.8%)
6. Вертикални предмети тону, хоризонтални предмети пливају	11 (13.9%)	13 (17.6%)	39 (49.4%)	47 (63.5%)	8 (10.1%)	6 (8.1%)	21 (26.6%)	8 (10.8%)
7. Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају	18 (22.8%)	17 (23%)	34 (43%)	42 (56.8%)	6 (7.6%)	5 (6.8%)	21 (26.6%)	10 (13.5%)
8. Допуњавање материјалом који плива помаже тешким стварима да пливају	5 (6.3%)	14 (18.9%)	24 (30.4%)	26 (35.1%)	26 (32.9%)	19 (25.7%)	24 (30.4%)	15 (20.3%)
9. Велика количина воде чини да ствари пливају	12 (15.2%)	20 (27%)	16 (20.3%)	20 (27%)	14 (17.7%)	15 (20.3%)	37 (46.8%)	19 (25.7%)
10. Лепљива течност чини да ствари пливају	0 (0%)	0 (0%)	14 (17.7%)	29 (39.2%)	14 (17.7%)	9 (12.2%)	51 (64.6%)	36 (48.6%)

### 6.17. Crosstab statistics - искуства ученика о пливању и тоњењу тела

Табела 1. Први задатак „Велике и тешке ствари тону, а мале и лаке пливају“

		Без искуства	Немогуће искуство	Нерелевантно искуство	Релевантно искуство	Укупно
<b>Погрешан или одговор без образложења</b>	Count	53	0	4	8	65
	Expected Count	47.0	3.0	4.7	10.3	65.0
<b>Алтернативна концепција</b>	Count	48	7	6	1	62
	Expected Count	44.9	2.9	4.5	9.8	62.0
<b>Научно објашњење</b>	Count	9	0	1	15	25
	Expected Count	18.1	1.2	1.8	3.9	25.0
<b>Укупно</b>	Count	110	7	11	24	152
	Expected Count	110.0	7.0	11.0	24.0	152.0

Табела 2. Други задатак „Предмети који имају ваздуха у себи увек пливају“

		Без искуства	Немогуће искуство	Нерелевантно искуство	Релевантно искуство	Укупно
<b>Погрешан или одговор без образложења</b>	Count	37	0	3	1	41
	Expected Count	31.4	.5	8.3	.8	41.0
<b>Алтернативна концепција</b>	Count	60	2	27	0	89
	Expected Count	68.1	1.2	18.0	1.7	89.0
<b>Научно објашњење</b>	Count	20	0	1	2	23
	Expected Count	17.6	.3	4.7	.5	23.0
<b>Укупно</b>	Count	117	2	31	3	153
	Expected Count	117.0	2.0	31.0	3.0	153.0

Табела 3. Трећи задатак „Шупље ствари тону“

		Без искуства	Немогуће искуство	Нерелевантно искуство	Релевантно искуство	Укупно
<b>Погрешан или одговор без образложења</b>	Count	75	2	4	4	85
	Expected Count	72.7	2.2	5.6	4.5	85.0
<b>Алтернативна концепција</b>	Count	48	2	4	0	54
	Expected Count	46.2	1.4	3.6	2.8	54.0
<b>Научно објашњење</b>	Count	7	0	2	4	13
	Expected Count	11.1	.3	.9	.7	13.0
<b>Укупно</b>	Count	130	4	10	8	152
	Expected Count	130.0	4.0	10.0	8.0	152.0

Табела 4. Четврти задатак „Равне ствари пливају“

		Без искуства	Немогуће искуство	Нерелевантно искуство	Релевантно искуство	Укупно
<b>Погрешан или одговор без образложења</b>	Count	43	0	0	0	43
	Expected Count	37.9	2.0	.8	2.3	43.0
<b>Алтернативна концепција</b>	Count	61	7	3	0	71
	Expected Count	62.6	3.3	1.4	3.7	71.0
<b>Научно објашњење</b>	Count	30	0	0	8	38
	Expected Count	33.5	1.8	.8	2.0	38.0
<b>Укупно</b>	Count	134	7	3	8	152
	Expected Count	134.0	7.0	3.0	8.0	152.0

**Табела 5.** Пети задатак „Оштра ивица предмета чини да он потоне“

		Без искуства	Немогуће искуство	Нерелевантно искуство	Релевантно искуство	Укупно
<b>Погрешан или одговор без образложења</b>	Count	49	0	0	0	49
	Expected Count	43.2	1.6	.3	3.9	49.0
<b>Алтернативна концепција</b>	Count	63	5	0	1	69
	Expected Count	60.8	2.3	.5	5.4	69.0
<b>Научно објашњење</b>	Count	22	0	1	11	34
	Expected Count	30.0	1.1	.2	2.7	34.0
<b>Укупно</b>	Count	134	5	1	12	152
	Expected Count	134.0	5.0	1.0	12.0	152.0

**Табела 6.** Шести задатак „Предмет у вертикалном положају тоне, а у хоризонталном плива“

		Без искуства	Немогуће искуство	Нерелевантно искуство	Релевантно искуство	Укупно
<b>Погрешан или одговор без образложења</b>	Count	42	0	0	1	43
	Expected Count	36.2	3.7	.6	2.5	43.0
<b>Алтернативна концепција</b>	Count	69	13	2	1	85
	Expected Count	71.6	7.3	1.1	5.0	85.0
<b>Научно објашњење</b>	Count	17	0	0	7	24
	Expected Count	20.2	2.1	.3	1.4	24.0
<b>Укупно</b>	Count	128	13	2	9	152
	Expected Count	128.0	13.0	2.0	9.0	152.0

**Табела 7.** Седми задатак „Предмети од тврдог материјала тону, а од меког пливају“

		Без искуства	Немогуће искуство	Нерелевантно искуство	Релевантно искуство	Укупно
<b>Погрешан или одговор без образложења</b>	Count	39	1	2	0	42
	Expected Count	33.4	1.7	5.0	1.9	42.0
<b>Алтернативна концепција</b>	Count	52	4	16	3	75
	Expected Count	59.6	3.0	8.9	3.5	75.0
<b>Научно објашњење</b>	Count	29	1	0	4	34
	Expected Count	27.0	1.4	4.1	1.6	34.0
<b>Укупно</b>	Count	120	6	18	7	151
	Expected Count	120.0	6.0	18.0	7.0	151.0

**Табела 8.** Осми задатак „Допуњавање материјалом који плива помаже тешким стварима да пливају“

		Без искуства	Немогуће искуство	Нерелевантно искуство	Релевантно искуство	Укупно
<b>Погрешан или одговор без образложења</b>	Count	80	0	2	2	84
	Expected Count	75.8	1.6	1.6	4.9	84.0
<b>Алтернативна концепција</b>	Count	46	2	1	1	50
	Expected Count	45.1	1.0	1.0	2.9	50.0
<b>Научно објашњење</b>	Count	12	1	0	6	19
	Expected Count	17.1	.4	.4	1.1	19.0
<b>Укупно</b>	Count	138	3	3	9	153
	Expected Count	138.0	3.0	3.0	9.0	153.0

Табела 9. Девети задатак „Велика количина воде чини да ствари пливају“

		Без искуства	Немогуће искуство	Нерелевантно искуство	Релевантно искуство	Укупно
<b>Погрешан или одговор без образложења</b>	Count	74	1	1	8	84
	Expected Count	70.2	1.1	1.7	11.1	84.0
<b>Алтернативна концепција</b>	Count	34	1	1	0	36
	Expected Count	30.1	.5	.7	4.7	36.0
<b>Научно објашњење</b>	Count	19	0	1	12	32
	Expected Count	26.7	.4	.6	4.2	32.0
<b>Укупно</b>	Count	127	2	3	20	152
	Expected Count	127.0	2.0	3.0	20.0	152.0

Табела 10. Десети задатак „Лепљива течност чини да ствари пливају“

		Без искуства	Немогуће искуство	Нерелевантно искуство	Релевантно искуство	Укупно
<b>Погрешан или одговор без образложења</b>	Count	87	1	1	0	89
	Expected Count	84.3	2.9	1.2	.6	89.0
<b>Алтернативна концепција</b>	Count	38	4	1	0	43
	Expected Count	40.7	1.4	.6	.3	43.0
<b>Научно објашњење</b>	Count	18	0	0	1	19
	Expected Count	18.0	.6	.3	.1	19.0
<b>Укупно</b>	Count	143	5	2	1	151
	Expected Count	143.0	5.0	2.0	1.0	151.0

**6.18. Табела - Постигнућа ученика контролне и експерименталне групе на уводном и завршном дијагностичком тесту**

Укупан скор	Фреквенција и проценат			
	Контролна група		Експериментална група	
	Уводни тест	Завршни тест	Уводни тест	Завршни тест
<b>0</b>	6 (7.6%)	8 (10.1%)	-	-
<b>1</b>	-	1 (1.3%)	-	-
<b>2</b>	1 (1.3%)	2 (2.5%)	-	-
<b>3</b>	1 (1.3%)	1 (1.3%)	1 (1.4%)	-
<b>4</b>	2 (2.5%)	2 (2.5%)	-	-
<b>5</b>	3(3.8%)	1 (1.3%)	-	-
<b>6</b>	-	-	2 (2.7%)	-
<b>7</b>	2 (2.5%)	2 (2.5%)	-	-
<b>8</b>	3 (3.8%)	-	2 (2.7%)	-
<b>9</b>	1 (1.3%)	2 (2.5%)	2 (2.7%)	-
<b>10</b>	4 (5.1%)	3 (3.8%)	3 (4.1%)	-
<b>11</b>	4 (5.1%)	3 (3.8%)	2 (2.7%)	-
<b>12</b>	5 (6.3%)	4 (5.1%)	3 (4.1%)	-
<b>13</b>	3 (3.8%)	4 (5.1%)	6 (8.1%)	1 (1.4%)
<b>14</b>	12 (15.2%)	5 (6.3%)	2 (2.7%)	1 (1.4%)
<b>15</b>	5 (6.3%)	7 (8.9%)	6 (8.1%)	-
<b>16</b>	5 (6.3%)	6 (7.5%)	5 (6.8%)	-
<b>17</b>	6 (7.6%)	4 (5.1%)	5 (6.8%)	1 (1.4%)
<b>18</b>	4(5.1%)	4(5.1%)	3 (4.1%)	1 (1.4%)



Укупан скор	Фреквенција и проценат			
	Контролна група		Експериментална група	
	Уводни тест	Завршни тест	Уводни тест	Завршни тест
<b>19</b>	-	3(3.8%)	8 (10.8%)	4 (5.4%)
<b>20</b>	3 (3.8%)	5 (6.3%)	9 (12.2%)	1 (1.4%)
<b>21</b>	4 (5.1%)	2 (2.5%)	7 (9.5%)	
<b>22</b>	2 (2.5%)	2 (2.5%)	3 (4.1%)	1 (1.4%)
<b>23</b>	2 (2.5%)	2 (2.5%)	1 (1.4%)	1 (1.4%)
<b>24</b>	-	2 (2.5%)	2 (2.7%)	-
<b>25</b>	1 (1.3%)	-	1 (1.4%)	6 (8.1%)
<b>26</b>	-	-	-	4 (5.4%)
<b>27</b>	-	-	1 (1.4%)	11 (14.9%)
<b>28</b>	-	-	-	4 (5.4%)
<b>29</b>	-	2 (2.5%)	-	5 (6.8%)
<b>30</b>	-	-	-	33 (44.6%)

## 7. Литература

- Adey, P. & Shayer, M. (1993). An exploration of long-term far-transfer effects following an extended intervention program in the high school science curriculum. *Cognition and instruction*, 11(1), 1-29.
- Andersen, H. (2002). Experiences from a pedagogical shift in engineering education. *Journal of Engineering Education*, 6(2), 139–144.
- Añino, M. M., Merino, G., Miyara, A., Perassi, M., Ravera, E., Pita, G. & Waigandt, D. (2014). Early error detection: an action-research experience teaching vector calculus. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 45(3), 378-395.
- Anderson, R. (2002). Reforming Science Teaching: What Research Says About Inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
- Антић, С. (2007). Заблуде које остају упркос школском учењу. *Зборник Института за педагошка истраживања*, 39(1), 48-68.
- Антић, С. (2010). *Кооперативно учење: модели, потенцијали, ограничења*. Београд: Институт за психологију Филозофског факултета у Београду.
- Антонијевић, Р. & Јањетовић, Д. (2005). *ТИМСС 2003 у Србији*. Београд: Институт за педагошка истраживања.
- Araz, G. & Sungur, S. (2007). Effectiveness of problem-based learning on academic performance in genetics. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 35(6), 448-451.
- Arons, A. B. & Karplus, R. (1976). Implications of accumulating data on levels of intellectual development. *American Journal of Physics*, 44(4), 396-396.
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American journal of Physics*, 62(8), 750-762.
- Банђур, В. & Поткоњак, Н. (1999). *Методологија педагогије*. Београд: Савез педагошких друштава Југославије.
- Бауцал, А. (2013). Стандарди образовних постигнућа у Србији: искуства из прве деценије. *Иновације у настави*, 26, 7-23.

- Бауцал, А. & Павловић Бабић, Д. (2010). *PISA 2009 у Србији: први резултати - Научи ме да мислим, научи ме да учим*. Београд: Институт за психологију Филозофског факултета у Београду, Центар за примењену психологију.
- Бауцал, А. & Павловић Бабић Д. (2011). *Научи ме да мислим, научи ме да учим*. Институт за психологију и Центар за примењену психологију.
- Бауцал А. & Павловић Бабић Д. (2016). *Препознај, промовиши и прошири - приче о успешним школама*. Београд: Завод за вредновање квалитета образовања и васпитања.
- Beichner, R. J., Saul, J. M., Abbott, D. S., Morse, J. J., Deardorff, D., Allain, R. J., ... & Risley, J. S. (2007). The student-centered activities for large enrollment undergraduate programs (SCALE-UP) project. *Research-based reform of university physics*, 1(1), 2-39.
- Bergmann, J. & Sams, A. (2012). Flip your classroom. *International Society for Technology in Education*, 20.
- Black, P. & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education*, 5, 7-68.
- Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: Where we are today. *International journal of educational research*, 31(6), 445-457.
- Bond, T. G. (1978-1979). Propositional Logic as a Model for Adolescent Intelligence-Additional Considerations. *Interchange*, 9(2), 93-97.
- Bond, T. G. (1995). Piaget and measurement II: Empirical validation of the Piagetian model. *Archives de Psychologie*, 63, 155-185.
- Borasi, R. (1994). Capitalizing on errors as "springboards for inquiry": A teaching experiment. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(2), 166-208.
- Бошњак, М. (2015). *Примена истраживачке методе у реализацији физичких садржаја у настави природе и друштва* (докторска дисертација). Универзитет у Новом Саду, ПМФ.
- Braaten, M. & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education*, 95(4), 639-669.
- Bransford, J., Derry, S., Berliner, D. & Hammerness, K. (2000). Theories of learning and their roles in teaching. *Preparing teachers for a changing world: What teachers should learn and be able to do*, 40-87.
- Bransford, J. D., Brown, A. & Cocking, R. (1999). *How people learn: Mind, brain, experience, and school*. Washington, DC: National Research Council.

- Braund, M. & Driver, M. (2005). Pupils' perceptions of practical science in primary and secondary school: implications for improving progression and continuity of learning. *Educational Research*, 47(1), 77-91.
- Brown, M. Askew, M., Rhodes, V., Wiliam, D., & Johnson, D. (1997). Effective Teachers of Numeracy: Report of a study carried out for the Teacher Training Agency.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction* (Vol. 59). Harvard University Press.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A. & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS06.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Heinemann, 88 Post Road West, PO Box 5007, Westport, CT 06881.
- Bybee, R. W. (2011). Scientific and engineering practices in K–12 classrooms. *Science Teacher*, 78, 34-40.
- Camp, C. W., Clement, J. J., Brown, D., Gonzalez, K., Kudukey, J., Minstrell, J. & Zietsman, A. (1994). *Preconceptions in mechanics: Lessons dealing with students' conceptual difficulties*. Dubuque: Kendall/Hunt.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. & Unger, C. (1989). An experiment is when you try it and see if it works: A study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, 514-529 .
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: Bradford/MIT Press.
- Carey, S. (1999). Sources of conceptual change. *Conceptual development: Piaget's legacy*, 293-326.
- Carey, S. (2000). Science education as conceptual change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 13-19.
- Champagne, A. & Klopfer, L. (1984). Research in science education: The cognitive psychology perspective. In D. Holdzkom & P. B. Lutz (Eds.), *Research within reaches: Science education* (pp. 172-189). Charleston, WV: Research and Development Interpretive Service, Appalachia Educational Laboratory.
- Champagne, A. B., Klopfer, L. E. & Gunstone, R. F. (1982). Cognitive research and the design of science instruction. *Educational Psychologist*, 17(1), 31-53.

- Chandran, S., Treagust, D. F. & Tobin, K. (1987). The role of cognitive factors in chemistry achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(2), 145-160.
- Chena Z. & Klahrb D. (2008): Remote transfer of scientific reasoning and problem solving strategies in children. *Advances in Child Development and Behavior, Volume 36*, 419-470.
- Chi, M. T. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *The journal of the learning sciences*, 14(2), 161-199.
- Chi, M.T. (2008). Three Types of Conceptual Change: Belief Revision, Mental Model Transformation and Categorical Shift. In S. Vosniadou (Eds.), *Handbook of research on conceptual change* (pp. 61–82). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of educational research*, 63(1), 1-49.
- Chinn, A. C. & Malhotra, A. B. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Sci Ed*, 86, 175–218.
- Coletta, V. P., Phillips, J. A. & Steinert, J. J. (2007). Interpreting force concept inventory scores: Normalized gain and SAT scores. *Physical review special topics-physics education research*, 3(1), 010106.
- Coletta, V. P., & Phillips, J. A. (2009). Addressing barriers to conceptual understanding in IE physics classes. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1179, No. 1, pp. 117-120). AIP.
- Collins, A., Brown, J. S. & Newman, S. E. (1998). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, Learning, and Instruction* (pp. 435-497). Hilldale, NJ: Erlbaum.
- Cooper, H., Robinson, J. C. & Patall, E. A. (2006). Does homework improve academic achievement? A synthesis of research, 1987–2003. *Review of educational research*, 76(1), 1-62.
- Cox, A. J., Junkin, W. F., Christian, W., Belloni, M. & Esquembre, F. (2011). Teaching physics (and some computation) using intentionally incorrect simulations. *The Physics Teacher*, 49(5), 273-276.
- Cross, K. P. (1998). Why learning communities? Why now?. *About Campus* 3(3), 4–11.
- Crouch, C. H. & Mazur, E. (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *American journal of physics*, 69(9), 970-977.

Crouch, H.C., Fagen, P. A., Callan, J. P. & Mazur, E. (2004). Classroom demonstrations: Learning tools or entertainment? *American Journal of Physics*, 72(6), 835-838.

Crouch, C. H., Watkins, J., Fagen, A. P. & Mazur, E. (2007). Peer instruction: Engaging students one-on-one, all at once. *Research-Based Reform of University Physics*. 1(1), 40-95.

Cvjetičanin, S., Segedinac, M. & Halaši, T. (2010). Značaj primene metode eksperimenta u razrednoj nastavi. *Nastava i vaspitanje*. 59(2), 173-189.

Чалуковић, Н. (2009). *Физика 7, Уџбеник за седми разред основне школе*. Београд: Круг.

Davis, J. (2001). Conceptual Change, In M. Orey (Eds.). Emerging perspectives on learning, teaching, and technology. Retrived May 28, 2015, from <http://www.coe.uga.edu/epltt/conceptualchange>.

Dawkins, R. K., Dickerson, L. D., McKinney & E. S., Butler, S. (2010). Teaching Density to Middle School Students: Preservice Science Teachers' Content Knowledge and Pedagogical Practices. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*. 82(1), 21-26.

de Kock, A., Slegers, P. & Voeten, M. J. (2004). New learning and the classification of learning environments in secondary education. *Review of educational research*. 74(2), 141-170.

Deslauriers, L., Schelew, E. & Wieman, W. (2011). *Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class*. *Science*, 332, 862-864.

Dewey, J. (1933). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*. Boston, MA: D.C. Heath

Dimant, R. J. & Bearison, D. X. (1991). Development of Formal Reasoning During Successive Peer Interactions. *Developmental Psychology*. 27(2), 277-284.

Ding, L. (2014). Verification of causal influences of reasoning skills and epistemology on physics conceptual learning. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*. 10(2), 023101.

Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B. & Beichner, R. (2006). Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment. *Physical review special Topics-Physics education research*, 2(1), 010105.

diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*. 10, 105-225.

diSessa, A. A. (2006). A history of conceptual change research: Threads and fault lines. In K. Sawyer (Eds.), *Cambridge handbook of the learning sciences* (pp 265–281). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Dole, J. A. & Sinatra, G.M. (1998). Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychologist*, 33(2), 109-128.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*. 23(7), 5-12.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A., *Some features of children's ideas and their implications for teaching*, in R. Driver, E. Guesne and A. Tiberghien (Eds.) (1993). *Children's ideas in science*. Milton Keynes & Philadelphia: Open University Press, pp. 193 – 210.
- Druyan, S. (2001). A comparison of four types of cognitive conflict and their effect on cognitive development. *International Journal of Behavioral Development*. 25(3), 226–236.
- Duch, B., Groh, S. & Allen, D. (2001). *Why problem based learning? A case study of institutional change in undergraduate education*. In B. Duch, S. Groh, & D. Allen (Eds.). *The power of problem-based learning* (pp. 3–11). Sterling, Virginia: Stylus Publishing.
- Duit, R. & Treagust, D. (2003) Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- Duit, R. (2006). *Science Education Research—An Indispensable prerequisite for improving instructional practice*. ESERA Summer School, Braga.
- Duit, R. (2009). *Bibliography Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. Retrieved May 04, 2013, from <http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse>.
- Dykstra, D. I., Boyle, C. F. & Monarch, I. A. (1992). Studying conceptual change in learning physics. *Science Education*. 76(6), 615-652.
- Ђерић, И., Студен, Р. & Луковић, И. (2007). Реализација наставе природних наука у Србији у контексту резултата TIMSS-FT 2007. *Настава и васпитање*, 56(1), 40-55.
- Echevarria, M. (2003). Anomalies as a catalyst for middle school students' knowledge construction and scientific reasoning during science inquiry. *Journal of Educational Psychology*, 95(2), 357.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- Engelhardt, P. V. & Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98-115.
- Erduran, S. & Dagher, Z. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories*. Dordrecht: Springer.

Etkina, E. & Heuvelen, A. V., (2007). *Investigative Science Learning Environment: A Science Process Approach to Learning Physics*. Retrived May 07, 2015, from [http://www.compadre.org/per/per\\_reviews/media/volume1/isle-2007.pdf](http://www.compadre.org/per/per_reviews/media/volume1/isle-2007.pdf)

Etkina, E., Karelina, A., Ruibal-Villasenor, M., Rosengrant, D., Jordan, R. & Hmelo-Silver, C. E. (2010). Design and reflection help students develop scientific abilities: Learning in introductory physics laboratories. *The Journal of the Learning Sciences*, 19(1). 54-98.

Etkina, E., Mestre, J. & O'Donnell, A. (2005). The impact of the cognitive revolution on science learning and teaching. *The cognitive revolution in educational psychology*. 119-164.

Eylon, B. S. & Linn, M. C. (1988). Learning and instruction: An examination of four research perspectives in science education. *Review of educational research*. 58(3), 251-301.

Fabriz, S., Dignath-van Ewijk, C., Poarch, G. & Büttner, G. (2013). Fostering self-monitoring of university students by means of a standardized learning journal - a longitudinal study with process analyses. *European Journal of Psychology of Education*, 1-17.

Feuerstein, R. & Jensen, M. R. (1980). Instrumental enrichment: Theoretical basis, goals, and instruments. In *The Educational Forum* (Vol. 44, No. 4, pp. 401-423). Taylor & Francis Group.

Fleer, M. (2009). Understanding the Dialectical Relations Between Everyday Concepts and Scientific Concepts Within Play-Based Programs. *Res Sci Educ.*, 39, 281–306.

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 111(23), 8410-8415.

Furtak, E. M. & Ruiz-Primo, M. A. (2008). Making students' thinking explicit in writing and discussion: An analysis of formative assessment prompts. *Science Education*, 92(5), 799-824.

Gang, S. (1995). Removing Preconceptions with a "Learning Cycle". *The Physics Teacher*, 33(6), 346-5

Гашић Павишић, С. & Станковић, Д. (2012). Образовна постигнућа ученика из Србије у истраживању TIMSS 2011. *Зборник Института за педагошка истраживања*. 44(2), 243-265.

Gokhale, A..A.(1995). *Collaborative Learning enhances critical thinking*. Accessed on February 26, 2015 <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTE/v7n1/gokhale.jte-v7n1.html?ref=Sawos.Org>

Gray, W. M. (1990). Formal Operational Thought. In W.F. Overton (Ed.), *Reasoning, Necessity and Logic: Developmental Perspectives*. New York: Hillsdale.



- Greenwood, A. (1996). When It Comes To Teaching About Floating and Sinking, Preservice Elementary Teachers Do Not Have To Feel As Though They Are Drowning!. *Journal Of Elementary Science Education*, 8, 1-16.
- Grosse, C. & Renkl, A. (2007). Finding and fixing errors in worked examples: Can this foster learning outcomes?. *Learning and Instruction*. 176, 12–634.
- Grotzer, T. A. (2003). Learning to understand the forms of causality implicit in scientifically accepted explanations. *Studies in Science Education*. 39(1), 1-74.
- Gupta, A., Hammer, D. & Redish, E. F. (2010). The case for dynamic models of learners' ontologies in physics. *The Journal of the Learning Sciences*. 19(3), 285-321.
- Hake, R. R. (1998), Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Am. J. Phys.* 66(1), 64-74.
- Hardy, I., Jonen, A., Möller, K. & Stern, E. (2006). Effects of instructional support within constructivist learning environments for elementary school students' understanding of "floating and sinking". *Journal of Educational Psychology*. 98(2), 307.
- Harlen, W. (2010). *Principi i velike ideje naučnog obrazovanja* (pripredio S. Jokić, 2011). Beograd: Prosvetni pregled.
- Harlen, W. (2013). *Assessment & inquiry-based science education: Issues in policy and practice*. Global Network of Science Academies. Retrived May 05, 2015, from <http://www.interacademies.net/File.aspx?id=21245>
- Hatzinikita, V., Koulaidis, V. & Hatzinikitas, A. (2005). Modeling pupils' understanding and explanations concerning changes in matter. *Research in Science Education*, 35(4), 471-495.
- Hawkins, W. J. (2001). Curiosity: A prerequisite for the attainment of formal operations?. *Education*, 103(1), 100-103.
- Heller, P., Keith, R. & Anderson, S. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving. *American Journal of Physics*, 60(7), 627–636.
- Heemsoth, T. & Heinze, A. (2014). The impact of incorrect examples on learning fractions: A field experiment with 6th grade students. *Instructional Science*, 42(4), 639-657.
- Hestenes, D. (1998). Who needs physics education research!?. *American Journal of Physic*. 66.
- Hestenes, D. & Wells, M. (1992). A mechanics baseline test. *The physics teacher*, 30(3), 159-166.

Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The physics teacher*, 30(3), 141-158.

Hewson, P. W. & A'Beckett Hewson, M. G. (1984), The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction, *Instructional Science*, 13(1), 1 - 13.

Hoellwarth, C., Moelter, M. J. & Knight, R. D. (2005). A direct comparison of conceptual learning and problem solving ability in traditional and studio style classrooms. *American Journal of Physics*, 73(5), 459-462.

Holmes, B. & Greik, L. (1998). Views of the Mountain from the Valley: a rural community assessment of the Japanese education system. In *The 43<sup>rd</sup> International Conference of Eastern Studies. Tokyo: May* (pp. 22-23).

Howe, C. (2002). *Conceptual Structure in Childhood and Adolescence: The Case of Everyday Physics*. Routledge.

Howe, C., Tolmie, A., Thurston, A., Topping, K., Christie, D., Livingston, K., ... & Donaldson, C. (2007). Group work in elementary science: Towards organisational principles for supporting pupil learning. *Learning and Instruction*, 17(5), 549-563.

Huelser, B. J. & Metcalfe, J. (2012). Making related errors facilitates learning, but learners do not know it. *Memory & cognition*, 40(4), 514-527.

IAP (2012). Taking Inquiry-Based Science Education into Secondary Education. Report of a global conference. Retrived May 10, 2015, from <http://www.sazu.si/files/file-147.pdf>.

Ifenthaler, D. (2012). Determining the effectiveness of prompts for self-regulated learning in problem-solving scenarios. *Educational Technology & Society*, 15(1), 38-52.

Inhelder, B. & Piaget, J. (1958). *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*. New York: Basic Books.

Ивић, И., Пешикан, А. & Антић, С. (2001). *Активно учење 2 - приручник за примену метода активног учења/наставе*. Београд: Институт за психологију.

Извештај *Процена квалитета Оквира националног курикулума – основе учења и наставе*. (2016). Београд: Министарство просвете Републике Србије, Завод за вредновање квалитета образовања и васпитања.

Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (1990). *Cooperative learning and achievement*.

Johnson, D. W., Skon, L. & Johnson, R. (1980). Effects of cooperative, competitive, and individualistic conditions on children's problem-solving performance. *American Educational Research Journal*, 17(1), 83-93.

Johnson, D. W., Johnson, R. T., Stanne, M. B. & Garibaldi, A. (1990). Impact of group processing on achievement in cooperative groups. *The Journal of Social Psychology*, 130(4), 507-516.

Јокић, С. (2017). Приказ више књига - приручника за наставнике у оквиру пројекта Рука у тесту. *Настава физике број 5*, 77-82.

Jones, M. H., Alexander, J. M. & Estell, D. B. (2010). Homophily among peer groups members' perceived self-regulated learning. *The Journal of Experimental Education*, 78(3), 378-394.

Капор, Д. & Шетрајчић, Ј. (2009). *Физика 7, уџбеник за седми разред основне школе*. Београд: Завод за уџбенике.

Karplus, R. & Butts, D. P. (1977). Science teaching and the development of reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 14(2), 169-175.

Kearney, M. & Treagust, D. F. (2001). Constructivism as a referent in the design and development of a computer program using interactive digital video to enhance learning in physics. *Australian Journal of Educational Technology*, 17(1), 64-79.

Key competences for lifelong learning-European reference framework (2007). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Khishfe, R. & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of research in science teaching*, 39(7), 551-578.

Klein, P. D., Piacente-Cimini, S. & Williams, L. A. (2007). The role of writing in learning from analogies. *Learning and Instruction*, 17(6), 595-611.

Krajcik, J. S. & Czerniak, C. M. (2014). *Teaching science in elementary and middle school: A project-based approach*. New York: Routledge.

Крнета, М. & Стевановић, К. (2010). *Физика, уџбеник за седми разред основне школе*. Београд: БИГЗ

Крнета, М., Стевановић, К. & Тошовић, Р. (2010). *Физика, збирка задатака са лабораторијским вежбама за седми разред основне школе*. Београд: БИГЗ

Крнета, М. & Стевановић, К. (2012). *Методички приручник за наставу Физике у седмом разреду основне школе*. Београд: БИГЗ

Krsnik, R. (2001). Učenik i učenje fizike - Što govore rezultati istraživanja. Retrived May 14, 2015, from <http://www.sazu.si/files/file-147.pdf>. *PMF Zagreb*. <http://nastava.hfd.hr/simpozij/2001/2001-Krsnik.pdf>

Kurtz, B. & Karplus, R. (1979). Intellectual development beyond elementary school VII: Teaching for proportional reasoning. *School Science and Mathematics*, 79(5), 387-398.

Lasley, T. J., Matczynski, T. J. & Rowley, J. B. (2002). *Instructional models: Strategies for teaching in a diverse society*. Wadsworth/Thomson Learning.

Lasry, N. (2008). Clickers or flashcards: Is there really a difference? *The Physics Teacher*, 46(4), 242–245.

Laws, P. W. (1991). Calculus-based physics without lectures. *Physics today*, 44(12), 24-31.

Lawson, A. E. (1989). *A Theory of Instruction: Using the Learning Cycle to Teach Science Concepts and Thinking Skills*. NARST Monograph, Number One.

Lawson, A. E. & Weser, J. (1990). The rejection of nonscientific beliefs about life: Effects of instruction and reasoning skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(6), 589-606.

Lawson A. E., & Worsnop, W. A. (1992). Learning about evolution and rejecting a belief in special creation: Effects of reflective reasoning skill, prior knowledge, prior belief and religious commitment. *Journal of research in science teaching*, 29(2), 143-166.

Лазаревић Д. (1999). *Од спонтаних ка научним појмовима - Развој научних појмова кроз наставу и школско учење*. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.

Lee, H., Linn, M.C, Varma, K, Liu, O.L. (2010). How Do Technology-Enhanced Inquiry Science Units Impact Classroom Learning?. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(1), 71-90.

Leonard, W. H. & Chandler, P. M. (2003). Where is the inquiry in biology textbooks?. *The American Biology Teacher*, 65(7), 485-487.

- Levy, P., Lameras, P., McKinney, P. & Ford, N. (2011). The pathway to inquiry based science teaching. The features of inquiry learning: Theory, research, and practice. Pathway to Inquiry Based Science Teaching, (Deliverable 2.1). European Commission: CSA-SA Support Actions, Project Number 266624
- Low, R. & Jin, P. (2012). Self-Regulated Learning. In *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 3015-3018). New York: Springer.
- Maloney, D. P., O’Kuma, T. L., Hieggelke, C. J. & Van Heuvelen, A. (2001). Surveying students’ conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 69(S1), S12-S23.
- Marshall, H. H. (Ed.). (1992). *Redefining student learning: Roots of educational change*. Ablex Publishing Corporation.
- Марушић Јаблановић, М. & Гутвајн Јакшић, Н. (2017). *TIMSS 2015: резултати и импликације*. Београд: Институт за педагошка истраживања.
- Marinković, S. (2010). Problemi kvaliteta našeg obrazovanja i promene u koncepciji obrazovanja. *Nastava i vaspitanje*. 59 (1), 5-23.
- Mazur, E. (1997). *Peer instruction: A user’s manuel*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ
- Мазур, Е. (2016). Колегијално подучавање: приручник (превод Поповић-Божић, М. и Жекић, А.). Београд: Физички факултет.
- Mayer, E.R., & Alexander, A.P. (Eds.). (2011). *Handbook of Research on Learning and Instruction*. New York: Routledge
- Mbano, N. (2003). The effects of a cognitive acceleration intervention programme on the performance of secondary school pupils in Malawi. *International Journal of Science Education*, 25(1), 71-87.
- McDermott, L. C. & Shaffer, P. S. (2002). the Physics Education Group at the University of Washington, Tutorials in Introductory Physics.
- McDermott, L. C., Shaffer, P. S., & Rosenquist, M. L. (1996). *Physics by inquiry* (Vol. 1, p. 1). New York: Wiley.
- McDermott, L.C. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, July 1984.
- McKagan, S. B., Perkins, K. K. & Wieman, C. E. (2010). Design and validation of the quantum mechanics conceptual survey. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 6(2), 020121.

Mercer, N. & Littleton, K. (2007). *Dialogue and the development of children's thinking: A sociocultural approach*. Routledge.

Miller, K. J., Schell, A. Ho, Lukoff, B. & Mazur, E. (2016). Response switching and self-efficacy in Peer Instruction classrooms. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 11, 010104

Милошевић, Н. & Луковић, И. (2006). Контекст учења физике и постигнуће ученика. *Настава и васпитање*, 55 (2) 136-154.

Милутиновић, Ј. (2011). Социјални конструктивизам у области образовања и учења. *Зборник Института за педагошка истраживања*, 43(2), 177–194.

Minner, D. D., Levy, A. J. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction - what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of research in science teaching*, 47(4), 474-496.

Minstrell, J. (1992). Facets of students' knowledge and relevant instruction. In R. Duit, F. Goldberg, and & H. Neidderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*. Kiel, Germany: IPN.

Murphy, C. & Beggs, J. (2003). Children's perceptions of school science. *School science review*, 84, 109-116.

Mwamwenda, T. S. (1999). Undergraduate and graduate students' combinatorial reasoning and formal operations. *The Journal of genetic psychology*, 160(4), 503-506.

Mušanović, M. (1998). *Konstruktivistička paradigma kvalitete osnovnog obrazovanja*. Zbornik radova: Kvaliteta u odgoju i obrazovanju. Rijeka: Pedagoški fakultet u Rijeci.

Nehm, R. H. & Schonfeld, I. S. (2008). Measuring knowledge of natural selection: a comparison of the CINS, an open-response instrument, and an oral interview. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(10), 1131-1160.

Нешић, Љ. (2015). *Поглавља методике наставе физике*. Ниш: Универзитет у Нишу.

Newby, L & Winterbottom, M. (2011). Can research homework provide a vehicle for assessment for learning in science lessons? *Educational Review*, 63(3), 275-290.

Niemi, H. (2002). Active learning—a cultural change needed in teacher education and schools. *Teaching and teacher education*, 18(7), 763-780.

National Science Foundation (NSF) (1997). *The Challenge and Promise of K-8 Science Education Reform*. Foundations, 1. Arlington, VA: NSF p7

Образовни стандарди за крај обавезног образовања. (2009). Београд: Министарство просвете Републике Србије, Завод за вредновање квалитета образовања и васпитања.

Ohlsson, S. (1996). Learning from performance errors. *Psychological Review* 103, 241–262.

Оквир националног курикулума (нацрт). (2015). Београд: Развионица.

Оквир националног курикулума - основе наставе и учења (нацрт). (2015). Београд: Развионица

Оквир предметног курикулума - обавезни предмети у основном образовању (нацрт). (2015). Београд: Развионица

OECD (2005). *Teachers matter: Attracting, developing and retaining effective teachers*. Paris: OECD.

OECD (2014). *TALIS 2013 Results: An International Perspective on Teaching and Learning*. Paris: OECD.

OECD/CERI (2008). *21<sup>st</sup> century learning: Research, innovation and policy directions from recent OECD analyses*. Paris: OECD/CERI.

Павловић Бабић, Д. & Бауцал, А. (2013). *PISA 2012 у Србији: први резултати*. Београд: Институт за психологију и Центар за примењену психологију.

Павловић Бабић, Д., Бауцал, А. & Кузмановић, Д. (2009). *Научна писменост PISA 2003 и PISA 2006*. Београд: Министарство просвете Републике Србије, Завод за вредновање квалитета образовања и васпитања, Институт за психологију Филозофског факултета Универзитета у Београду.

Perkins, D. N. & Grotzer, T. A. (2005). Dimensions of causal understanding: The role of complex causal models in students' understanding of science. *Studies in Science Education*, 41(1), 117-165.

Пешикан, А. (2010). Савремени поглед на природу школског учења и наставе: социо-конструктивистичко гледиште и његове практичне импликације. *Психолошка истраживања*, Вол. 13, Но. 6, 157–184.

Петровић, В. М. (2013). *Улога социо-когнитивног конфликта у развоју научних појмова у школском контексту* (докторска дисертација). Универзитет у Београду, Филозофски факултет.

Петровић, В. (2005). *Развој научних појмова у настави познавања природе*. Јагодина: Учитељски факултет.

Пијаже, Ж. и В. Инхелдер (1996). *Интелектуални развој детета*. Београд: Завод за удџбенике и наставна средства.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211-227

Pottenger, F. M. (1992). *The local environment: FAST 1, Foundational approaches in science teaching*. CRDG.

Potari, D. & Spiliotopoulou, V. (1996). Children's approaches to the concept of volume. *Science Education*, 80(3), 341-360.

Powell, C., K. & Kalina, J., C. (2009). Cognitive and social constructivism: developing tools for an effective classroom. *Education*, 130(2), 241-250.

Правилник о наставном програму за шести разред основног образовања и васпитања. Сл. гласник РС - Просветни гласник, бр. 5/2008 и 3/2011.

Правилник о наставном програму за седми разред основног образовања и васпитања. Сл. гласник РС - Просветни гласник, бр. 6/2009 и 3/2011.

Правилник о наставном програму за осми разред основног образовања и васпитања. Сл. гласник РС - Просветни гласник, бр. 2/2010 и 3/2011.

Правилник о стандардима компетенција за професију наставника и њиховог професионалног развоја, Сл. гласник РС - Просветни гласник бр. 5/2011.

Qin, Z., Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (1995). Cooperative versus competitive efforts and problem solving. *Review of educational Research*, 65(2), 129-143.

Radovanovic, J. & Slisko, J. (2012). Approximate value of buoyant force: A water-filled balloon demonstration. *The Physics Teacher* 50(7), 490 – 491.

Radovanovic, J. & Slisko, J. (2013). Applying a predict–observe–explain sequence in teaching of buoyant force. *Physics Education, Phys. Educ.* 48(1), 28-34.

Radovanovic, J. & Slisko, J. (2014a). Introducing self-regulated learning into early physics teaching in Serbia: Design, initial implementation and evaluation of a multi-stage sequence of homework and classwork. *Journal of Baltic Science Education*, Vol.13, No 3, 411-424.



- Radovanovic, J. & Sliško, J. (2014b). Investigative homework with apples: An opportunity for primary-school students to learn actively the relationship between density and flotation. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 2(1), 1-14.
- Радуловић, Ј. & Митровић, М. (2011). Зашто су наставне методе у нашим школама недовољно разноврсне. *Настава и васпитање бр, 3*, 367-377.
- Распоповић М. (2009). *Физика 7, уџбеник са збирком задатака, лабораторијским вежбама и тестовима за седми разред основне школе*. Београд: Завод за уџбенике.
- Reiser, R. A. & Dempsey, J. V. (Eds.). (2012). *Trends and issues in instructional design and technology*. Boston, MA: Pearson.
- Rocard, M. et al. (2007). Science Education NOW: A renewed Pedagogy for the Future of Europe, Brussels: European Commission. Retrived May 20, 2015 [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-onscience-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-onscience-education_en.pdf)
- Sadler, P. M., Schneps, M. H. & Woll, S. (1989). A private universe. *Santa Monica, CA: Pyramid Film and Video*.
- Scheyvens, R., Griffin, A. L., Jocoy, C. L., Liu, Y. & Bradford, M. (2008). Experimenting with active learning in geography: Dispelling the myths that perpetuate resistance. *Journal of Geography in Higher Education*, 32(1), 51-69.
- Schweingruber, H., Keller, T. & Quinn, H. (Eds.). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Sharan, S. (1980). Cooperative learning in small groups: Recent methods and effects on achievement, attitudes, and ethnic relations. *Review of educational research*, 50(2), 241-271.
- Shayer, M. (2003). Not just Piaget; not just Vygotsky, and certainly not Vygotsky as alternative to Piaget. *Learning and instruction*, 13(5), 465-485.
- Shayer, M. & Adey, P. S. (1993). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students IV: Three years after a two-year intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4), 351-366.
- Shayer, M. & Adhami, M. (2007). Fostering cognitive development through the context of mathematics: Results of the CAME project. *Educational studies in Mathematics*, 64(3), 265-291.
- Shayer, M. & Beasley, F. (1987). Does instrumental enrichment work?. *British Educational Research Journal*, 13(2), 101-119.

Shayer, M., Küchemann, D. E. & Wylam, H. (1992). The Distribution of Piagetian Stages of Thinking in British Middle and Secondary School Children. In: L. Smith (Ed.), *Jean Piaget: Critical Assessments*. Volume 1. New York: Routledge, Chapman and Hall Inc.

Shemwell, J. T., Chase, C. C. & Schwartz, D. L. (2015). Seeking the general explanation: A test of inductive activities for learning and transfer. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(1), 58-83.

Shuell, T. J. (1996). The role of educational psychology in the preparation of teachers. *Educational Psychologist*, 31(1), 5-14.

Simons P.R.J (1999). Transfer of learning: paradoxes for learners. *International Journal of Educational Research* 31, p. 577-589.

Singh, C. & Rosengrant, D. (2003). Multiple-choice test of energy and momentum concepts. *American Journal of Physics*, 71(6), 607-617.

Slater, T. F. (2003). When is a good day teaching a bad thing?. *The Physics Teacher*, 41(7), 437-437.

Slavin, R. E. (1990). *Cooperative learning: Theory, research, and practice*. Prentice-Hall.

Slotta, J. D., Chi, M. T. & Joram, E. (1995). Assessing students' misclassifications of physics concepts: An ontological basis for conceptual change. *Cognition and instruction*, 13(3), 373-400.

Smith, C., Carey, S. & Wisner, M. (1985). On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, 21(3), 177-237.

Smith, J. P., diSessa, A. A. & Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *Journal of the Learning Sciences*, 3(2), 115-163.

Sokoloff, D. R. & Thornton, R. K. (1997). Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 399, No. 1, pp. 1061-1074). AIP.

Songer, N. B., & Linn, M. C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration?. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 761-784.

Springer, L., Stanne, M. E., & Donovan, S. S. (1999). Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering, and technology: A meta-analysis. *Review of educational research*, 69(1), 21-51.

Стратегија развоја образовања у Србији до 2020. (2012). Београд: Службени гласник РС бр. 107/2012.

Стандарди општих међупредметних компетенција за крај средњег образовања. (2013). Београд: Београд: Министарство просвете Републике Србије, Завод за вредновање квалитета образовања и васпитања.

Stepanović, I. (2004). Istraživanje formalno-operacionalnog mišljenja na uzrastu 14-19 godina. *Psihologija*, Vol. 37 (2), 163-181.

Stepanović, I. (2007). *Mišljenje u adolescenciji: razvojni tok i uloga porodice*. Београд: Институт за психологију.

Stepanović Ilić, I. (2012). Poređenje efekata samostalne konstrukcije formalnih operacija i asimetrične vršnjačke interakcije na njihov razvoj. *Nastava i vaspitanje*, LXI, 141-155.

Stobart, G. (2008). *Testing times: The uses and abuses of assessment*. Routledge.

Stojnov, D. (2001). Konstruktivistički pogled na svet: Predstavljanje jedne paradigme. *Psihologija 1-2/2001*. 9-48.

Strike, K., & Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (pp. 147-176). New York: State University of New York Press.

Tella, A. (2007). The Impact of Motivation on Student's Academic Achievement and Learning Outcomes in Mathematics among Secondary School Students in Nigeria. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(2).

Thornton, R. K. & Sokoloff, D. R. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. *American Journal of Physics*, 66(4), 338-352.

Thornton, R. K., Kuhl, D., Cummings, K. & Marx, J. (2009). Comparing the force and motion conceptual evaluation and the force concept inventory. *Physical review special topics-Physics education research*, 5(1), 010105.

Tomita, M. K. (2008). *Examining the influence of formative assessment on conceptual accumulation and conceptual change* (dissertation). Stanford University.

Treagust, F. D. & Duit, R. (2008). Conceptual change: A discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, 3(2), 297-328.

- Trowbridge, L. W., Bybee, R. W. & Carlson Powell, J. (2000). *Teaching Secondary School Science-Strategies for developing science literacy*. 7. utg. Upper Side River.
- Tsitsipis, G., Stamovlasis, D. & Papageorgiou, G. (2012). A Probabilistic Model for Students' Errors and Misconceptions on the Structure of Matter in Relation to Three Cognitive Variables. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(4), 777-802.
- Tsovaltzi, D., McLaren, B. M., Melis, E. & Meyer, A. K. (2012). Erroneous examples: effects on learning fractions in a web-based setting. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(3), 191-230.
- Urone, P. (1998). *College Physics*. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole Publishing Company.
- Uum, M., Verhoeff, R. & Peeters, M. (2016). Inquirybased science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*, 38 (3), 450-469.
- Varelas, M. (1996). Between theory and data in a Seventh-grade science class. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(3), 229-263.
- Виготски, С., Л. (1977). *Мишљење и говор*, Београд: Полит
- Vizek Vidović, V., Rijavec, M., Vlahović-Štetić, V. & Miljković, D. (2014). *Psihologija obrazovanja*. Beograd: Klett
- Vosniadou, S., Carretero, M., & Schnotz, W. (Eds.). (1999). *New perspectives on conceptual change*. Pergamon.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive psychology*, 24(4), 535-585.
- Vosniadou, S., Ioannides, C, Dimitrakopoulou, A. & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11, 381-419.
- Vosniadou, S., Vamvakoussi X. & Skopeliti, I. (2008). *The Framework Theory Approach to the Problem of conceptual Change*, In S. Vosniadou (Eds.), *Handbook of research on conceptual change* (pp. 3-34). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Vulfolk, A., Hjuž, M. & Volkap, V. (2014). *Psihologija u obrazovanju I-III*. (Naslov originala: Psychology in Education/ Anita Woolfolk, Malcolm Hughes, Vivienne Walkup. Prevela sa engleskog Marina Vicanović). Beograd: Clio.

Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research in Science Teaching and Learning* (pp. 177-210). New York: Macmillan.

Watkins, J. & Mazur, E. (2013). Retaining students in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) majors. *Journal of College Science Teaching*, 42(5), 36-41.

White, R. & Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*, New York: The Falmer Press

White, B. Y., Shimoda, T. A. & Frederiksen, J. R. (1999). Enabling students to construct theories of collaborative inquiry and reflective learning: Computer support for metacognitive development. *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, 10, 151-182.

Williamson, K., Willoughby, S. & Prather, E. (2013). Development of the Newtonian gravity concept inventory. *Astronomy Education Review*, 12(1), 010107.

Wilson, C., Taylor, J, Kowalski, S & Carlson, J. (2010). The Relative Effects and Equity of Inquiry-based and Commonplace Science Teaching on Students' Knowledge, Reasoning and Argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(3), 276-301.

Windschitl, M. (2002). Framing constructivism in practice as the negotiation of dilemmas: An analysis of the conceptual, pedagogical, cultural, and political challenges facing teachers. *Review of educational research*, 72(2), 131-175.

Wosilait, K., Heron, P. R., Shaffer, P. S. & McDermott, L. C. (1998). Development and assessment of a research-based tutorial on light and shadow. *American Journal of Physics*, 66(10), 906-913.

Xu, L., & Clarke, D. (2012). Student difficulties in learning density: a distributed cognition perspective. *Research in science education*, 42(4), 769-789.

Yeo, S. & Zadnik, M. (2001). Introductory thermal concept evaluation: Assessing students' understanding. *The Physics Teacher*, 39(8), 496-504.

Yerushalmi, E., Puterkovsky, M. & Bagno, E. (2013). Knowledge integration while interacting with an online troubleshooting activity. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 463-474.

Yeung, N. & Summerfield, C. (2012). Metacognition in human decision-making: confidence and error monitoring. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1594), 1310-1321.

Yin, Y. (2012). Applying Scientific Principles to Resolve Student Misconceptions. *Science scope*, 35(8), 48 - 53.

Yin, Y., Tomita, M. K., & Shavelson, R. J. (2008). Diagnosing and Dealing with Student Misconceptions: Floating and Sinking. *Science scope*, 31(8), 34-39.

Yin, Y., Tomita, M. K., & Shavelson, R. J. (2013). Using formal embedded formative assessments aligned with a short-term learning progression to promote conceptual change and achievement in science. *International Journal of Science Education*, 36(4), 531-552.

Zeitoun, H. H. (1989). The relationship between abstract concept achievement and prior knowledge, formal reasoning ability and gender. *International Journal of Science Education*, 11(2), 227-234.

Zhang, P., Ding, L. & Mazur, E. (2017). Peer Instruction in introductory physics: A method to bring about positive changes in students' attitudes and beliefs. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 13, 010104.

Zimmerman, B. J. (1990). Self-regulated learning and academic achievement: An overview. *Educational psychologist*, 25 (1), 3-17.

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into practice*, 41 (2), 64 -67.

Zimmerman, B. J., & Schunk, D. H. (Eds.). (2013). *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives*. New York: Routledge.

Zion, M., Cohen, S. & Amir, R. (2007). The spectrum of dynamic inquiry teaching practices. *Research in Science Education*, 37(4), 423-447.

Žekić, A., Popović Božić, M., Mitrović, M., Radiša, B., Popović, Z., Nikolić, B. & Misailović, B. (2017). Praćenje učenja koncepta Njutnove mehanike pomoću Zbirke test pitanja o pojmu sile, Zbornik izabranih radova 5.međunarodne konferencije o nastavi fizike u srednjim školama, Aleksinac, 243-252.

## Кратка биографија



Јелена Радовановић рођена је 25. 11. 1981. године у Подгорици. Основну школу завршила је у Рогачици, а гимназију у Бајиној Башти. На Природно-математичком факултету у Крагујевцу, 2005. године, стекла је диплому физичара-информатичара, а 2009. године одбранила је мастер рад у области методике наставе физике на Природно-математичком факултету у Новом Саду.

Живи и ради у Ужицу. Има једанаест година радног искуства као наставник физике у основној школи. Аутор је више научних и стручних радова, као и саопштења на међународним скуповима. Осим тога, аутор је и реализатор више радионица, трибина и једног семинара намењеног стручном усаврашавању наставника. Поред наставе и научно-истраживачког рада, интензивно се бави активностима промоције и популаризације науке. Сарађује са Научним клубом у Ужицу и Центром за промоцију науке у Београду.

Јелена је саветник спољни сарадник школске управе Ужице, члан Тима за праћење Оквира националног курикулума и члан Комисије Друштва физичара Србије за наставне планове и програме у основном и средњем образовању.

Универзитет у Новом Саду

Природно-математички факултет

### Кључна документацијска информација

Редни број:  РБР	
Идентификациони број:  ИБР	
Тип документације:  ТД	Монографска документација
Тип записа:  ТЗ	Текстуални штампани материјал
Врста рада  ВР	Докторска дисертација
Име и презиме аутора:  АУ	Јелена Радовановић
Ментор:  МН	др Јосип Слишко др Маја Стојановић
Наслов рада:  НР	Промене ученичких алтернативних концепција у учењу физике: Ефекти традиционалне наставе и метода активног учења



<p>Језик публикације:</p> <p>ЈП</p>	Српски
<p>Језик извода:</p> <p>ЈИ</p>	Српски / енглески
<p>Земља публиковања:</p> <p>ЗП</p>	Република Србија
<p>Уже географско подручје:</p> <p>УГП</p>	Војводина
<p>Година:</p> <p>ГО</p>	2017
<p>Издавач:</p> <p>ИЗ</p>	Ауторски репринт
<p>Место и адреса:</p> <p>МА</p>	Нови Сад, Природно-математички факултет, Департман за физику, Трг Доситеја Обрадовића 4.
<p>Физички опис рада:</p> <p>ФО</p>	7 поглавља/ 302 страница / 16 слика / 28 табела / 13 графикона / 274 референце / 18 прилога
<p>Научна област:</p> <p>НО</p>	Физика

<p>Научна дисциплина:</p> <p>НД</p>	<p>Методика наставе физике</p>
<p>Предметна одредница, кључне речи:</p> <p>ПО</p>	<p>Настава физике, Алтернативне концепције, Активно учење, Пливање и тоњење тела.</p>
<p>УДК</p>	
<p>Чува се:</p> <p>ЧУ</p>	<p>ПМФ, Библиотека, Департман за физику, Трг Доситеја Обрадовића 4.</p>
<p>Важна напомена:</p> <p>ВН</p>	<p>Нема</p>
<p>Извод: ИЗ</p>	<p>У раду је приказано истраживање реализовано са циљем проширивања знања о феномену алтернативних концепција у настави физике, са нагласком на алтернативне концепције о пливању и тоњењу тела и поређење ефеката традиционалне наставе и метода активног учења на њихово превазилажење. Резултати истраживања показују широку заступљеност алтернативних концепција о пливању и тоњењу тела код испитиваних ученика седмог разреда основне школе непосредно пре реализовања наставе о сили потиска и појавама везаним за њу. Поређењем постигнућа ученика на завршном дијагностичком тесту у односу на уводни утврђено је да постоје статистички значајне разлике у ефекту традиционалног модела наставе и модела наставе усмерене на активно учење о сили потиска и појавама везаним за њу на превазилажење алтернативних и усвајање научних концепата услова за пливање и тоњења тела: У контролној групи средњи нормализовани напредак износи <math>0.04 \pm 0.25</math>, а у експерименталној <math>0.84 \pm 0.21</math>. Предност примене</p>

	метода активног учења над традиционалним приступом настави додатно потврђују разлике у постигнућу ученика у погледу примене и трајности усвојених знања о сили потиска и појавама везаним за њу. Основне импликације истраживања односе се на неопходност уважавања савременог конструктивистичког погледа на природу учења у наставном процесу, односно примену наставних приступа усмерених на активно учење и развој широког спектра компетенција.
Датум прихватања теме од стране НН већа:  ДП	26.2.2013.
Датум одбране:  ДО	
Чланови комисије:  КО	др Ивана Богдановић, ПМФ Нови Сад (председник) др Ивана Степановић Илић, Филозофски факултет Београд (члан) др Маја Стојановић, ПМФ Нови Сад (ментор)

**University of Novi Sad**

**Faculty of Sciences**

### **Key word documentation**

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	Ph.D. Thesis
Author: AU	Jelena Radovanović
Mentor: MN	Josip Sliško, PhD Maja Stojanović, PhD
Title: TI	Changes of Students' Alternative Conceptions in Physics Learning - Effects of Traditional Teaching and Active Learning Methods
Language of text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	Serbian/English
Country of publication: CP	Republic of Serbia
Locality of publication: LP	Vojvodina
Publication year:	2017

PY	
Publisher:	Autor's reprint
PU	
Publication place:	Novi Sad, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Department of Physics, Trg Dositeja Obradovica 4
PP	
Physical description:	7 chapters / 302 pages / 16 figures / 28 tables / 13 charts / 274 references / 18 appendices
PD	
Scientific field	Physics
SF	
Scientific discipline	Didactics of physics
SD	
Subject, Key words	Physics Teaching and Learning, Alternative Conceptions, Active Learning Methods, Floating and Sinking
SKW	
UC	
Holding data:	Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Novi Sad, Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovica 4
HD	
Note:	None
N	
Abstract:	The thesis presents an investigation implemented with the goal of expanding knowledge on the phenomenon of alternative conceptions, with emphasis on alternative conceptions on floating and sinking and on the comparison of effects of traditional teaching and active learning methods on overcoming those alternative conceptions. The results show wide presence of alternative conceptions on floating and sinking among the subject seventh grade primary school students, immediately before teaching them about buoyancy and related phenomena. By comparing students' achievements on the final diagnostic test with the initial test results, statistically significant differences were found between the effects of traditional teaching model and the model focused on active learning about buoyancy and related phenomena on overcoming alternative and adopting scientific concepts of
AB	

	<p>conditions leading to floating and sinking: in the control group, the average normalized gain is <math>0.04 \pm 0.25</math>, and in the experimental group it is <math>0.84 \pm 0.21</math>. The advantage that active learning methods have over traditional teaching approach is additionally confirmed by differences in students' achievements with regards to the application and long-term retention of adopted knowledge on buoyancy and related phenomena. Basic implications of the research are the need to take note of modern constructivistic view on the nature of learning in the teaching process and of the application of teaching approaches aimed at active learning and the development of a wide spectrum of competences.</p>
Accepted on Scientific Board on:	26.2.2013.
AS	
Defended:	
DE	
Thesis Defend Board:	<p>Ivana Bogdanović, PhD, Faculty of Sciences, University of Novi Sad (chairwoman)  Ivana Stepanović Ilić, PhD, Faculty of Philosophy, University of Belgrade (member)  Maja Stojanović, PhD, Faculty of Sciences, University of Novi Sad (mentor)</p>
DB	