



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
ДЕПАРТМАН ЗА ФИЗИКУ



Данијела Радловић-Чубрило

Ефекти примене мултимедије у настави физике
у првом разреду средње стручне школе

- докторска дисертација -

Нови Сад, 2015.

Предговор

Развојем информационо-комуникационих технологија образовање излази из оквира традиционалне наставе и постаје независно од простора и времена. У процесу транзиције друштва од индустријског ка информатичком промењени су не само услови рада, него и улоге кључних учесника у процесу образовања. Позиција наставника као преносиоца и оцењивача знања замењена је менторским приступом у којем наставници помажу ученицима у стицању знања, док се ученик ставља у улогу независног истраживача који знање стиче путем активног учења.

Традиционални приступ настави и недовољна опремљеност школа у Србији наставним средствима за извођење демонстационих огледа и експеримената довели су до тога да је настава физике често формализована, вербализована и недовољно очигледна. Резултати међународних истраживања (PISA, TIMSS) показују да наши ученици по завршетку обавезног образовања немају задовољавајуће функционално знање из физике. У циљу подизања квалитета и ефикасности наставе физике наставницима се препоручује да, уз традиционални приступ, у настави примењују савремене методе које се заснивају на интерактивном приступу учењу.

Могућност примене мултимедије као функционалне интеграције појединачних медија омогућује да се на нов начин осмисли и разради методологија погодна за обучавање ученика и да се реализују нове и разноврсне методе у наставном процесу. У том смислу мултимедија има велики дидактички потенцијал, па је стога оправдано мишљење да њеном применом у великој мери могу да се превазиђу недостаци традиционалне наставе са циљем да се повећа ефикасност наставе физике.

Водећи се овим чињеницама, ова докторска дисертација представља допринос истраживању наставних метода за ефикасно учење физике. Истраживањем спроведеним на узорку ученика првог разреда средње стручне школе потврђено је да је примена мултимедије у настави физике резултовала повећањем квантума и квалитета знања ученика у односу на традиционални облик наставе, као и да ученици генерално имају позитивне ставове према мултимедијалној настави физике.

Поред анализе ефеката примене мултимедије у настави физике, у оквиру дисертације дате су и препоруке наставницима за реализацију мултимедијалне наставе у школској пракси, као и смернице за даља истраживања у циљу превазилажења њених недостатака.

Докторска дисертација рађена је на Катедри за општу физику и методiku наставе физике, на Департману за физику, Природно-математичког факултета, у Новом Саду.

Овом приликом посебно се захваљујем својим менторкама др Душанки Обадовић и др Маји Стојановић на дугогодишњој сарадњи и на несебичној помоћи коју су ми пружале како у току израде ове докторске дисертације, тако и током студирања.

Велику захвалност дугујем професорици др Загорки Лозанов-Црвенковић на стручној помоћи приликом обраде резултата истраживања приказаних у овој дисертацији.

Захваљујем се професорицама др Мирјани Сегединац и др Споменки Будић на корисним саветима и сугестијама који су допринели подизању квалитета овог рада.

Захваљујем се свим пријатељима и колегама који су дали свој допринос и пружали ми моралну подршку током израде ове дисертације.

Посебно се захваљујем својој породици, супругу Давору на несебичној помоћи, ћеркама Тари и Искри, као и мајци Дости на бескрајној љубави, стрпљењу и подршци.

Захваљујем се и онима који више нису међу нама, брату Владимиру и оцу Воиславу који су ме током студија бодрили да истрајем и до самог краја били мој највећи ослонац у животу.

Нови Сад, фебруар 2015.

Данијела Радловић-Чубрило

Садржај

Извод.....	7
Abstract.....	8
1. Увод	9
2. Теоријски део	10
2.1 Настава физике	10
2.1.1 Традиционална настава физике и њени недостаци.....	10
2.1.2 Савремени трендови у настави физике	14
2.1.3 Ставови ученика према настави физике	16
2.1.4 Настава физике у средњим стручним школама у Србији	19
2.2 Теорије учења	22
2.2.1 Бихевиористички приступ учењу	23
2.2.2 Когнитивистички приступ учењу	24
2.2.3 Конструктивистички приступ учењу	25
2.3 Знање	27
2.3.1 Дефиниција и нивои знања.....	27
2.3.2 Блумова и ревидирана Блумова таксономија образовних циљева	28
2.3.3 Испитивање и мерење знања ученика.....	33
2.3.3.1 Тестови знања	35
2.4 Ставови	38
2.4.1 Дефиниција и компоненте ставова	38
2.4.2 Димензије ставова	40
2.4.3 Мерење ставова – скале ставова	41
2.4.3.1 Терстонова диференцијална скала	43
2.4.3.2 Ликертова сумативна скала	45
2.4.3.3 Богардусова кумулативна скала	48
2.5 Мултимедија	49
2.5.1 Појам мултимедије.....	49
2.5.2 Мултимедија у савременом образовању.....	51
2.5.3 Теоријско полазиште употребе мултимедије у настави	57
2.5.3.1 Когнитивна теорија мултимедијалног учења	57
2.5.4 Мултимедија у настави физике.....	59

3. Методологија научног истраживања.....	64
3.1 Предмет и значај истраживања.....	64
3.2 Циљ, задаци и хипотезе истраживања.....	64
3.3 Узорак истраживања.....	66
3.4 Методе, технике и инструменти истраживања.....	68
3.5 Опис тока истраживања.....	72
3.6 Место и време истраживања.....	75
3.7 Узорак градива и модели часова реализованих применом мултимедије.....	75
3.7.1 Примена мултимедије у реализацији часова обраде новог градива.....	76
3.7.1.1 Примена мултимедије у обради наставне јединице Гасови. Основна једначина молекулско-кинетичке теорије гасова.....	77
3.7.1.2 Примена мултимедије у обради наставне јединице Средња вредност кинетичке енергије молекула и температура идеалног гаса.....	84
3.7.1.3 Примена мултимедије у обради наставне јединице Једначина идеалног гасног стања.....	89
3.7.1.4 Примена мултимедије у обради наставне јединице Дискусија једначине идеалног гасног стања – закони идеалних гасова: Бојл-Мариотов закон, Геј-Лисаков закон и Шарлов закон.....	93
3.7.1.5 Примена мултимедије у обради наставне јединице Други принцип термодинамике. Ентропија.....	104
3.7.2 Примена мултимедије у реализацији часова понављања и утврђивања градива ...	113
3.7.3 Примена мултимедије у реализацији часова лабораторијских вежби.....	124
3.7.3.1 Примена мултимедије у реализацији лабораторијске вежбе Дизелов циклус.....	125
3.8 Статистичка обрада резултата истраживања.....	132
3.8.1 Обрада резултата педагошког експеримента.....	132
3.8.2 Обрада резултата анкетирања.....	132
4. Резултати и дискусија.....	133
4.1 Анализа резултата педагошког експеримента.....	133
4.1.1 Утицај примене мултимедије на квантум знања ученика.....	137
4.1.2 Утицај примене мултимедије на квалитет знања ученика.....	140
4.2 Анализа резултата анкетирања.....	151
4.2.1 Факторска анализа скале ставова о мултимедијалној настави физике.....	151
4.2.2 Израженост ставова ученика према мултимедијалној настави физике.....	158

4.2.3 Разлике у ставовима ученика према мултимедијалној настави физике у зависности од експерименталног третмана.....	159
4.2.4 Корелације ставова ученика према мултимедијалној настави физике са оценом из физике и општим успехом.....	159
5. Закључак	161
6. Препоруке.....	163
7. Литература	164
8. Прилози.....	174
Прилог 1 – Тест знања из градива физике обрађиваног у основној школи	175
Прилог 2 – Иницијални тест знања	179
Прилог 3 – Финални тест знања	183
Прилог 4 – Упитник за ученике.....	188
Прилог 5 – Образовни стандарди за крај обавезног образовања за наставни предмет Физика.....	190
Прилог 6 – Садржаји програма за наставни предмет Физика за први разред средњег стручног образовања у четворогодишњем трајању.....	194
Биографија	198
Кључна документацијска информација.....	200
Key words documentation.....	203

Извод

У раду су приказани резултати истраживања спроведеног са циљем да се испитају свеукупни ефекти примене мултимедије у настави физике, у првом разреду средње стручне школе. У оквиру првог дела истраживања испитан је утицај примене мултимедије у настави физике на квантум и квалитет знања ученика, као и њихову ретенцију, у односу на традиционални облик извођења наставе. Други део истраживања је за циљ имао испитивање ставова ученика према мултимедијалној настави физике. Истраживање је спроведено на узорку од 140 ученика првог разреда Техничке школе, у Кикинди.

Први део истраживања реализован је експерименталном методом – експеримент са паралелним групама. Независна варијабла истраживања била је *мултимедијална настава*, док су зависне варијабле биле *квантум* и *квалитет* знања ученика. Квалитет знања ученика разматран је према Блумовој таксономији у три категорије когнитивног домена: знање (памћење), разумевање и примена. За испитивање утицаја главних ефеката – групе (облика наставе) и времена, као и њихове интеракције на квантум и квалитет знања ученика употребљена је анализа варијансе са поновљеним мерењима, док је за испитивање разлика у квантуму и квалитету знања између група у индивидуалним временским моментима – иницијалном, финалном и ретенционом употребљена униваријантна анализа варијансе. Утврђено је да је примена мултимедије у настави физике резултовала статистички значајним повећањем квантума и квалитета знања ученика у свим категоријама, као и ретенције знања у категорији примена у односу на традиционални облик извођења наставе.

Други део истраживања реализован је анкетаирањем ученика упитником о мултимедијалној настави физике у форми Ликертове петостепене скале за мерење ставова. Факторском анализом упитника издвојене су три димензије ставова према мултимедијалној настави физике које су назване: *Повећано интересовање* за мултимедијалну наставу, *Олакшано учење* путем мултимедијалне наставе и *Теškoће у праћењу* мултимедијалне наставе. Резултати анкетаирања потврдили су да ученици имају генерално позитивне ставове према мултимедијалној настави физике. Истраживањем је такође утврђено да се ставови ученика који су били потвргнути различитом експерименталном третману не разликују, као и де не постоји повезаност ставова ученика према мултимедијалној настави физике са оценом из физике и општим успехом ученика.

Резултати истраживања указују на оправданост примене мултимедије у наставној пракси са циљем да се развијају позитивни ставови према учењу физике и поспешу разумевање фундаменталних физичких концепата и закона, те самим тим повећа ефикасност наставе физике.

Кључне речи: мултимедија, ефикасност наставе физике, квалитет знања ученика, ставови ученика

Abstract

The paper presents the results of research conducted in order to examine the overall effects of the multimedia application in teaching physics in the first grade of secondary vocational school. In the first part of the research, the impact of multimedia application in teaching physics to quantum and quality of students' knowledge was examined, as well as their retention compared to the traditional method of teaching. The aim of the second part of the research was to examine students' attitudes to multimedia in teaching physics. The research was carried out on a sample of 140 students of the first grade of Technical School in Kikinda.

The first part of the research was conducted by the experimental method – the experiment with parallel groups. The research independent variable was *multimedia teaching*, while the dependent variables were *quantum* and *quality* of students' knowledge. The quality of students' knowledge was tested in accordance with Bloom's taxonomy in three categories of the cognitive domain: knowledge (memory), comprehension and application. Analysis of variance with repeated measurements was used to examine the influence of major effects – groups (teaching methods) and time, as well as their interactions on quantum and quality of students' knowledge, while univariate analysis of variance was used in testing the difference in quantum and quality of knowledge between groups in individual moments of time – initial, final and retention. It was found that the use of multimedia in teaching physics resulted in a statistically significant increase in the quantity and quality of students' knowledge in all categories, as well as the retention of knowledge in the category of application compared to the traditional teaching method.

In the second part of research the students were surveyed by a questionnaire about multimedia in teaching physics in the form of the Likert-Type five-point scale for measuring attitudes. Factor analysis of the questionnaire identified three dimensions of attitudes toward multimedia teaching in physics, called: *Increased interest* in multimedia teaching, *Learning facilitated* through multimedia teaching and *Difficulties in following* multimedia presentations. The survey results confirmed that students generally had positive attitudes toward multimedia in teaching physics. The survey also found that the attitudes of students who have been subjected to different experimental treatment did not differ, and that there was no correlation between students' attitudes toward multimedia in teaching physics with the grade in physics and general achievement of students.

The research results indicate the validity of multimedia application in teaching practice with the aim of developing positive attitudes towards learning physics and enhancing understanding of fundamental physical concepts and laws, and thus increasing the efficiency of teaching physics.

Keywords: multimedia, efficiency of teaching physics, quality of students' knowledge, attitudes of students

1. Увод

У данашње време младе генерације знање стичу путем различитих медија. Често самосталан рад пружа веће могућности образовања од образовног система чија окошталост и инертност у дугом временском периоду доприносе јасном испољавању његових слабости. Иновације у настави које су се јављају у последње време усмерене су на то да се превазиђе ригидност и инертност постојећег система образовања. Поред неминовних новина у садржајима образовања које су последица „експлозије знања“, модерна информатичка технологија довела је до великог броја иновација у техници и технологији наставе.

Савремене образовне технологије настале имплементацијом информационо-комуникационих технологија у образовање постале су саставни део наставног процеса са тенденцијом не само да унапреде наставни процес, већ и да га у основи мењају. Могућност примене мултимедије као функционалне интеграције појединачних медија омогућује да се на нов начин осмисли и разради методологија погодна за обучавање ученика и да се реализују нове и разноврсне методе у наставном процесу. Применом мултимедије подстичу се образовни и когнитивни процеси као што су кооперативно учење, решавање проблемских ситуација у групи, критичко мишљење, рефлексивна анализа, истраживање, овладавање техником писања извештаја и јавни наступ (Попов, 2010). Мултимедија, као потенцијални чинилац ефикасног наставног процеса превасходно омогућују економичнију, оптималнију и модернију наставу, али се њеном применом остварују и друге добити, као што су: виши ниво мотивације ученика, активност и ангажовање ученика у настави и успешно савладавање наставних садржаја – што непосредно утиче на квалитет и трајност стеченог знања.

Примена мултимедијске образовне технологије у настави захтева савремено опремљену школу, али поред тога захтева и савременог наставника. Савремени наставник поред адекватне стручне спреме мора да има и одговарајућу опште-техничку културу, солидно педагошко и психолошко образовање и спремност да се перманентно професионално усавршава. Извесно је да један број наставника не познаје функцију и моћ савремених дидактичких медија, те да због тога имају ирационалне отпоре према њима и увек налазе изговоре што се њима не користе у свакодневном педагошком раду. Ипак, све већи број наставника прихвата чињеницу да се улога наставника у наставном процесу мења. Наставник је све мање „енциклопедија која хода“ или „учбеник који говори“, а све више стратег, истраживач, програмер, педагошки дијагностичар, организатор рада, саветодавац, педагошки терапеут и васпитач младих генерација (Бранковић и Мандић, 2003).

2. Теоријски део

2.1 Настава физике

Успешна настава физике је један од најкрупнијих изазова пред савременим образовањем у свету. Физика је кључан предмет за оријентацију младог нараштаја на научно-технолошки развој на којем се заснива развој модерне привреде. Посебно важна улога наставе физике је да има велики трансферни потенцијал за касније целоживотно образовање и оспособљавање за стално стицање нових знања која се у будућности покажу релевантним (Paar, 2001). Квалитет рада традиционалне школе не може у довољној мери да задовољи потребе савременог друштва. Модерно друштво захтева од појединца да самостално прикупља информације, да управља њима, анализира их и претвара у употребљиво знање. Стога је сагледавање односа савремене и традиционалне наставе веома важно како би се сагледало садашње стање у настави физике у циљу превазилажења недостатака сваке од њих и стварања што боље основе за квалитетнију наставу физике.

2.1.1 Традиционална настава физике и њени недостаци

У традиционалној настави физике доминира фронтални облик рада са израженом предавачком функцијом наставника, што доводи наставника у положај субјекта а ученика ставља у улогу објекта који пасивно прима информације. Овакав облик наставе не обезбеђује довољну интеракцију са ученицима, нити оставља довољно времена за самосталне активности ученика у функцији квалитетнијег овладавања наставним садржајима. Од ученика се захтева да меморишу велики број информација, уместо да се развијају способности да разумеју принципе по којима се могу решавати одређени проблеми, што доводи до једностраног развијања репродуктивних способности и занемаривања креативних потенцијала ученика (Мандић и Мандић, 1995). Бројна истраживања потврђују да на овај начин свега до 20% ученика успева да развије начин мишљења потребан за разумевање физике, док је за осталих 80% физика неразумљива и досадна, а учење физике бескорисно и извор многих фрустрација (Krsnik, 2001).

Наставно градиво у традиционалној школи излаже се прилагођено непостојећем просечном ученику. Тако се дешава да су једни ученици преоптерећени, док су други недовољно активирани. Наставник све ученике образује и васпитава на исти начин, рад и припремање наставника је унифицирано, па је стога и његово реаговање на добијене информације према постигнућима и потребама ученика неадекватно. Овакав начин организовања и извођења наставе је веома једноставан, економичан и захтева најмање времена за припремање наставника. Међутим, у овом случају не води се рачуна о индивидуалним разликама ученика. Индивидуализована настава представља наставну организацију у којој сваки ученик учи несметано, без застоја и успешно овладава сваком следећом етапом у процесу учења и наставе. Индивидуализована настава организована је тако да својим захтевима утиче на даљи развој способности ученика (Ђукић, 1995).

Претерано форсирање уџбеника као јединог извора знања доводи до одвајања теорије од праксе и свакодневног искуства. Уџбеник је веома значајан извор знања, али се у савременој настави користе и бројни други извори (видео и аудио материјали, рачунарски програми, практични часови у природи или у одређеним производним јединицама и сл.), како би ученици могли да добију што бољу информацију о појмовима које изучавају, а не само да их апстрактно замишљају и меморишу (Мандић и Мандић, 1995). *Принцип очигледности* је један од најважнијих дидактичких принципа наставе физике. Овај принцип подразумева да се све што се у настави обрађује и даје као информација, тврдња или закључак у вези са појавама и објектима који се изучавају треба да буде ученицима показано или доказано да би било евидентно или уверљиво. Захтев да се у раду са ученицима све више користе очигледна средства проистиче из психолошких сазнања. Утврђено је да деца лакше схватају објашњења уз помоћ слика. Она лакше схватају сложену слику него просту мисао. Експериментална истраживања степена разумевања и памћења одређеног градива из физике у функцији начина рада показују да дати садржај учења 91% ученика разуме ако је објашњење засновано и праћено огледом. Ако се то градиво обрађује коришћењем илустрација у виду слике или филмског материјала потребан ниво знања постиже 50% ученика, док у случају обраде градива само вербалним путем 24% ученика усваја потребна знања (Петровић, 1994).

У традиционалној настави резултати рада ученика се прате и вреднују парцијално, једнострано и недовољно објективно. У оваквом облику наставе највише питају наставници јер ученицима није остављен простор за то, што доводи до кидана повратне спреге. Мотивације за учење су спољне (оцене, похвале, казне и сл.) па ученик ретко проверава да ли је нешто добро урадио или схватио, нити наставник врши увид у постигнуто. Провера знања ученика и обликовање оцене заснива се у највећој мери на резултатима усменог испитивања и тестова са задацима објективног типа.

Током протеклих неколико деценија, истраживачи у области наставе физике испитивали су ефекте које традиционални облик наставе има на три различита, али подједнако важна аспекта учења: концептуално разумевање, трансфер информација и основне ставове у вези физике (Adams *et al.*, 2006; Bransford *et al.*, 2000; McDermott & Redish, 1999; Redish & Steinberg, 1999; Redish, 2003). Дефинитивни закључак је да без обзира колико „добар“ наставник био, типични ученици којима се предаје на традиционални начин уче механички, памтећи чињенице и „рецепте“ за решавање проблема, без истинског разумевања. Подједнако алармантна је чињеница да упркос највећим напорима наставника, типични ученици на тај начин уче да је физика досадна и небитна за разумевање света који их окружује (Wieman & Perkins, 2005).

Резултати међународног истраживања ученичких постигнућа из математике и природних наука (TIMSS) и међународног програма процене ученичких постигнућа (PISA) спроведених у Србији на популацији ученика завршног разреда основне школе, односно првог разреда средње школе потврђују овај закључак (Baucal i Pavlović-Babić, 2010; Ђерић и сар., 2007; Луковић и Вербић, 2005; Милошевић и Луковић, 2006; Pavlović-Babić i

Vaucal, 2013; Вербић и сар., 2011). Традиционални приступ настави и недовољна опремљеност школа у Србији наставним средствима за извођење демонстрационих огледа и експеримената доводе до тога да је настава физике често формализована, вербализована и недовољно очигледна. Најзаступљенија активност ученика на часовима физике је слушање наставникових предавања, а најчешће примењивани облик рада – фронтални (Табела 2.1).

Табела 2.1 Време које ученици проводе у појединим активностима на часовима физике током једне седмице из угла наставника (према Милошевић и Луковић, 2006)

Активности ученика на часовима	%
Рад који усмерава наставник	17
Самостални рад ученика	12
Слушање наставника приликом предавања и разјашњавања	50
Остале активности	21

Вербић, Бојовић и Милин (Вербић и сар., 2011) наводе сличне резултате: 40% наставника одговара да ученици у току радне недеље проводе између 30% и 50% времена слушајући њихова предавања класичног типа; 62% наставника користи од 10 до 20 % за активности ученика у којима они раде по њиховим инструкцијама, а 63% наставника у току просечне радне планира између 10 и 20 % за самосталне активности ученика. На основу наведених резултата аутори закључују: „Имајући у виду да је недељни фонд часова физике 2 часа, може се закључити да наставници углавном реализују програм обрађујући наставне садржаје на класичан начин, а да је примена различитих метода и облика рада на часу занемарена” (Вербић и сар., 2011: 76-77).

Ова чињеница се донекле може објаснити условима рада у школама у Србији, односно неопремљеношћу кабинета за физику. Употреба рачунара не може заменити демонстрирање огледа и извођење лабораторијских вежби. Значајан број наставника (75%) сматра да их недостатак наставних средстава и опреме коју би користили ученици или они сами у току обраде нових садржаја или увежбавања градива много или донекле ограничава у току наставног процеса (Вербић и сар., 2011).

Према мишљењу ученика, активност запамћивања чињеница је у великој мери заступљена на часовима физике: 36% ученика сматра да су укључени у ову активност на скоро сваком часу, док 20% ученика сматра да је то случај на приближно половини свих часова (Вербић и сар., 2011).

Резултати истраживања такође указују на забрињавајућу чињеницу да наши ученици погрешно тумаче природу истраживања и експеримента услед њихове недовољне заступљености у настави. Увидом у Табелу 2.2 уочава се да су се ученици чешће изјашњавали да учествују у извођењу експеримената, односно истраживања на часовима

физике (25%) него њихови наставници (14%), што наводи на закључак да постоје активности у настави које наставници не сматрају експериментом, односно истраживањем, док их ученици схватају управо на такав начин. Осим тога, 78% наставника физике сматра да ученици на часовима повезују оно што су научили са свакодневним животом, док тек 49% ученика потврђује присуство такве активности на часовима физике. Ова чињеница наводи на закључак да оно што наставници покушавају ученицима да прикажу као примену знања у реалним животним ситуацијама ученици не препознају као такво. Генерално, присутност активности осмишљавања и реализације експеримената и истраживања, односно објашњавања посматраних појава и процеса у настави, према процени ученика и наставника у нашој земљи значајно је мања од међународног просека (Милошевић и Луковић, 2006).

Табела 2.2 *Време посвећено експерименталним и истраживачким активностима ученика на часу физике из угла ученика и наставника (према Милошевић и Луковић, 2006)*

Активност	Ученици		Наставници	
	Србија (%)	Међународни просек (%)	Србија (%)	Међународни просек (%)
Ученици гледају наставника како показује експеримент или истраживање.	37	58	36	55
Ученици осмишљавају експеримент или истраживање.	23	38	18	22
Ученици изводе експеримент или истраживање.	25	40	14	30
Ученици раде у малим групама на експерименту или истраживању.	19	31	14	27
Ученици пишу објашњења онога што су посматрали, односно онога што се догодило.	39	47	36	38
Ученици повезују оно што су научили из физике са свакодневним проблемима.	49	49	78	78

Резултати досадашњих PISA тестирања су показали да више од једне трећине ученика у Републици Србији нема развијену ни основну функционалну научну писменост и да су у односу на остале земље које учествују у тестирању испод просека. Наши ученици су остварили просечни скор који је у интервалу другог нивоа постигнућа према стандардима тестирања који разликују шест нивоа, при чему први означава најнижи, а шести највиши ниво постигнућа. На другом нивоу који су остварили, ученици би требало да поседују научна знања која им омогућавају адекватна објашњења у познатим контекстима или извођење закључака из једноставних истраживања. Осим тога, требало би да буду у стању

да директно изводе закључке и дословно интерпретирају резултате научних истраживања. Према досадашњим тестирањима у Србији је мање од 2% испитаних ученика показало највише нивое постигнућа (пети и шести ниво) у научној писмености (Baucal i Pavlović-Babić, 2010; Pavlović-Babić i Baucal, 2013).

Наведени резултати истраживања доводе до генералног закључка да наши ученици солидно владају фактографским знањима из физике, али да постижу скромне резултате када се од њих тражи да анализирају проблем, планирају експерименте, изводе закључке, врше генерализације и процењивање, што припада вишим категоријама когнитивног домена – анализи и резоновању.

2.1.2 Савремени трендови у настави физике

Савремени приступ настави физике полази од становишта да је учење процес активне конструкције знања, при чему се мора водити рачуна о индивидуалним разликама ученика у способностима за учење. Насупрот традиционалној настави где учење представља изолован когнитивни процес и индивидуалну активност, циљ савремене наставе физике је да оно постане интегрални и контекстуални процес у којем доминира кооперативно учење. Мотивација за учење не треба да буде спољашња, већ треба тежити повећању унутрашње мотивације ученика кроз повећање заинтересованости за физику и партипацију у различитим активностима на часовима.

Савремени дидактички трендови наставе физике подразумевају да се фронтални начин рада на часу сведе на минимум. Поред фронталног, у настави физике треба да буду заступљени и индивидуални и групни рад. Учење у групи вршњака има своје предности у односу на подучавање детета од стране одраслог. У таквој интеракцији дете је слободније да изрази своје мишљење, да га суочи с мишљењем других и да активно учествује у решавању проблема на које наилазе у заједничком раду.

Препоручује се да се у реализацији наставе примењују различити извори знања. Према схватању неких аутора, уџбеник се може користити као помоћно наставно средство, док би курикулумом требало да буде предвиђена примена додатне литературе (Daniels & Zemelman, 2003 према: Милошевић и Луковић, 2006). С обзиром на то да савршен уџбеник не постоји, од наставника се очекује да „надокнади“ недостатке уџбеника коришћењем додатног наставног материјала.

Анализа резултата истраживања у области наставе физике спроведених у Србији указује да би активности наших ученика требало више усмерити на експериментални и истраживачки рад. Милошевић и Луковић закључују: „С обзиром на то да наши ученици не остварују задовољавајуће постигнуће на плану анализе и резоновања, потребно је више инсистирати на анализирању података добијених истраживањем и на извођењу закључака. Неопходно је да ученици увиде значај онога што уче и да вежбају примену усвојеног знања решавањем проблемских ситуација са којима се свакодневно суочавају. Подстицање ученика на постављање и тестирање хипотеза, осмишљавање и реализацију

експеримената и истраживања показало се као добра основа за унапређивање ученичког постигнућа“ (Милошевић и Луковић, 2006: 152).

Досадашња истраживања потврдила су да увођење савремених наставних метода које се заснивају на учењу кроз решавање проблема, истраживање и једноставне екперименте, повећава ефикасност наставе физике (Најдукović *et al.*, 2011; Миличић *et al.*, 2012; Обадовић *et al.*, 2013; Радловић Ћубрило *et al.*, 2009). Ученици, чији наставници уз традиционални приступ уводе и неке од савремених наставних метода, постижу боље резултате – стичу трајније знање и потврђују се кроз активно учење у настави. У оваквом, интерактивном приступу настави задовољство ученика је евидентно. Акцент је на активном учењу које ученика ставља у позицију субјекта и омогућује развој његових свеукупних психофизичких потенцијала.

Критикујући традиционалну наставу говоримо о њеним недостацима гледано из перспективе данашњице и могућности времена у коме живимо. Настава и учење физике подржано информационо-комуникационим технологијама имају велики дидактички потенцијал и нуде алтернативу решењима која се примењују у традиционалном приступу. Један од путева за изналажење и развијање решења за бољу и ефикаснију наставу физике је свакако примена мултимедијалних програма који се креирају за персоналне рачунаре, а који омогућавају стварање електронских уџбеника са текстом, сликом, звучним анимацијама и филмовима. На овај начин ученици могу самостално да приступе мултимедијалним садржајима и да самостално напредују у овладавању наставним садржајима, да се врате на садржаје који им нису довољно јасни, да добију додатне и повратне информације у складу са својим могућностима и интересовањима (Мандић, 2003). Квалитетно презентовани материјал, уз коришћење мултимедије и хипертекста, даје знатно богатије садржаје физике у поређењу са наставом која се одвија на традиционални начин, у учионицама.

Примена савремених образовних технологија потпомаже индивидуално учење и посредством наставника та интеракција у стварном времену повећава ефикасност учења. Нова технологија пружа могућност наставнику да обезбеди двострану комуникацију у настави. Мултимедијска презентација доприноси лакшем одржавању дисциплине у настави и креирању педагошких ситуације у којима ће долазити до изражаја одговорност ученика за успех наставе и учења. „Ученици марљивије прате мултимедијску презентацију, боље памте наставне садржаје (нарочито оне који се теже уче слушањем и читањем) и активније учествују у процесу сазнања нових садржаја. Брже стицање знања пружа могућност ученицима да размишљају, анализирају и закључују; да се више посвете учењу истраживањем, откривањем и решавањем проблема и да на тај начин дају већи допринос своме развоју“, истиче Мандић (Мандић, 2003:114).

С обзиром да су садржаји из физике врло погодни за дизајнирање занимљивих и атрактивних проблемски постављених ситуација, повећање заинтересованости и активности ученика се може побољшати коришћењем мултимедије као савремене образовне технологије. Применом ове технологије наставни садржаји постају атрактивни,

привлачни за ученике па као такви могу значајно да допринесу популаризацији наставних садржаја физике, а исто тако могу значајно да допринесу подизању квалитета и применљивости стечених знања. Основна идеја је да се направи конекција између реалних животних феномена и апстрактних модела у физици и на тај начин омогући разумевање фундаменталних физичких концепата и закона. Осим тога, мултимедија игра важну улогу у остваривању принципа очигледности у настави физике, посебно када извођење демонстрационих огледа и експеримената из објективних разлога није могуће у школским условима (недостатак реалне лабораторијске опреме, безбедосни разлози и сл.)

Иако несумњиво има низ предности, могућности које реално пружа образовна технологија недовољно се користе у настави. Један од разлога је и тај што њена примена захтева напуштање неких устаљених образаца понашања наставника и ученика карактеристичних за традиционалну концепцију наставног процеса, чиме се успорава процес њене имплементације (Semple, 2000). Такође, јасно је да адекватна примена образовне технологије мора бити праћена обучавањем наставника за примену исте у настави што је отежано њеном константном модернизацијом и усложњавањем.

2.1.3 Ставови ученика према настави физике

У свету постоји релативно дуга традиција истраживања ученичких ставова и интересовања за физику и природне науке. Резултати показују да се физика обично налази на крају листе, заједно са хемијом и математиком, када деца рангирају предмете. Опширна истраживања спроведена у немачким школама (Phys. Blätt. 56 (2000) 7/8 према: Paar, 2001) показала су да је од свих школских предмета ученици највише негативних ставова изражавају према физици, те да је физика ученицима најтежи и најмање привлачан предмет, упркос томе што се немачки систем у целини сматра најквалитетнијим у свету.

До сличних закључака доводе и истраживања спроведена у нашој земљи. Педагошко друштво Србије објавило је резултате испитивања ставова ученика осмог разреда о тежини обавезних наставних предмета спроведених на узорку величине 258 ученика из 10 основних школа (извор: <http://www.pedagog.rs/stavovi%20ucenika.php>). Ученици су рангирани предмете по тежини од 1 до 5, при чему већа бројна вредност уједно означава и већи ранг тежине предмета. На листи од 12 обавезних предмета физика се налази на другом месту са просечним рангом тежине 3.71 (на првом месту је математика, а на трећем хемија са просечним рангом тежине 3.82 односно 3.64), што одговара категорији „углавном тежак предмет“.

У оквиру међународног TIMSS истраживања сачињен је индекс ученичког вредновања физике који омогућава увид у начин на који ученици процењују физику. Ученици су процењивали у ком степену се слажу са следећим тврдњама: Волео бих да учим више физике у школи; Волим да учим физику; Мислим да ми учење физике може помоћи у свакодневном животу; Потребна ми је физика да бих боље савладао друге школске предмете; Треба добро да знам физику да бих се уписао на факултет који желим; Волео

бих посао у коме се користи физика; Треба добро да знам физику да бих добио посао који желим.

Табела 2.3 Индекс вредновања по предметима (према Милошевић и Луковић, 2006)

Предмет	Високо (%)	Средње (%)	Ниско (%)
Математика	42.68	39.61	17.71
Биологија	32.36	37.54	30.10
Физика	21.14	28.93	49.93
Хемија	21.01	27.64	51.35
Географија	25.46	36.18	38.36

Резултати показују да у најмање вредноване предмете спадају хемија и физика које око половине наших ученика ниско вреднује (Табела 2.3).

Истраживања показују да ученици проучавају, уче и опредељују се за физику као изборни предмет само уколико постоји посебан интерес за ову науку (Lavonen *et al.*, 2005). Искуства неких западних земаља показују да, примера ради, у Немачкој физику бира 20-25%, у Словенији око 15%, а у Енглеској свега око 5% ученика завршних разреда гимназије (Krsnik, 2001). У поређењу са осталим природним наукама утврђено је да број ученика који се опредељују за физику опада у односу на биологију и хемију (Osborne *et al.*, 2003). Испитивањем ставова ученика који бирају између физике и друштвених предмета (језици, друштвене науке) показало се да ученици који су одабрали физику ову науку оцењују као интересантну и важну за разумевање како свакодневних појава, тако и целог универзума. Са друге стране, ученици који су се определили за друштвене предмете слажу се да су експерименти важан део физике и да је она повезана са свакодневним животом, али им је физика тешка, у много мањој мери интересантна и повезана са разумевањем универзума (Angell *et al.*, 2004).

Извори негативних ставова ученика према физици су разноврсни. Ученици, пре свега, налазе учење физике тешким, првенствено због потребе усвајања великог броја нових чињеница и апстрактних појмова. Тешкоће у савлађивању градива могу представљати и ученикова предзнања и погрешна уверења о неким законима у природи, тзв. мисконцепције (Hammer, 1996a, 1996b). Са друге стране, оно што се у уџбенику стручњацима чини јасним и разумљивим, често није разумљиво ученику, јер ученик тумачења и илустрације доживљава другачије него наставник. Неквалификован наставни кадар, примена неодговарајућих наставних метода и недостатак наставних средстава такође могу бити узрок негативних ставова ученика према физици (Ibeh *et al.*, 2013). Посебан проблем представља преоптерећеност наставе физике математичким апаратом. Примена математике у настави физике свакако је неопходна како би се остварили виши нивои сазнања, али математички апарат који се примењује у вишем курсу физике ученицима је веома тежак. Истраживања потврђују да се ученици не опредељују за виши курс физике управо из овог разлога, иако сами садржаји физике ученицима нису одбојни уколико би се математички апарат изоставио (Checkley, 2010).

Једно од највећих истраживања ставова студената уводног курса физике о физици као науци и учењу физике проистекло је из PhET (Physics Education Technology) пројекта Колорадо универзитета. У истраживању је употребљен CLASS (Colorado Learning Attitude about Science Survey) инструмент који проучава различита подручја ученичких перцепција учења физике као што су њена повезаност са реалним светом, интерес за физику, везе између појмова из физике, концептуално разумевање, поузданост и софистицираност у решавању физичких проблема (Adams *et al.*, 2006). Резултати истраживања показали су да је посебан интерес за физику главни фактор који утиче на ставове ученика, као и да на овај фактор највише утиче повезаност наставе физике са реалним животом. На овом пољу уочене су највеће разлике у одговорима у зависности од пола испитаника. Утврђено је да девојке показују мањи интерес за физику од младића. Потврђена је позитивна корелацију концептуалног разумевања и ретенције знања ученика са позитивним уверењима о физици, као и значајна повезаност наставних метода са ставовима ученика (Perkins *et al.*, 2005, 2006). Истраживања такође показују да су ученици свесни позитивних уверења какве експерти имају о физици, али и да се та уверења значајно разликују од њихових, без обзира на курс физике који похађају на факултету и средње школе коју су претходно завршили. Утврђено је и да су ставови студената који похађају напредни курс физике најприближнији ставовима које експерти имају о овој науци (Gray *et al.*, 2008).

Ниво заинтересованости ученика за физику може се повећати избором одговарајућих наставних садржаја. Истраживање (Angell *et al.*, 2004) показује да су и наставницима и ученицима интересантније области физике које се заснивају на теоријама које се не могу једноставно показати (теорија релативности, астрофизика, квантна физика, атомска и нуклеарна физика), као и да је ученицима проучавање силе и кретања и термодинамике занимљивије него наставницима. Осим тога, мали проценат како ученика тако и наставника оценио је историју и филозофију физике као интересантну.

Применом експеримената у настави физике може се позитивно утицати на ставове ученика према овом предмету. Ученици који на часовима изводе једноставне експерименте воле да уче физику и сматрају је интересантном, за разлику од ученика код којих на часовима ова активност није заступљена (Obadović *et al.*, 2013).

Иако истраживања не потврђују повезаност пола испитаника и предиспозиција за бављење науком (Spelke, 2005), ставови младића и девојака према математици и природним наукама се разликују (Kost *et al.*, 2009). Уопштено гледано, младићи имају позитивније ставове о науци него девојке (Britner, 2008; Zhu, 2007). Школска пракса потврђује да се девојке ређе опредељују за гимназијску изборну наставу физике од младића, а ова разлика се одржава и када је у питању интерактивна настава физике (Pollock *et al.*, 2007). Неки аутори ове чињенице објашњавају разликама у претходном усвајању знања, као и већ формираним ставовима и предубеђењима (Britner, 2008), док други сматрају да учење физике у средњим школама није обликовано да буде у складу с когнитивним развојем и социјалном спознајом девојака, што доприноси нижој саморегулацији у физици (Trumper,

2006). У сваком случају, посебну пажњу требало би усмерити на активности којима би се отклонили ови недостаци, односно које би физику приближиле и учиниле атрактивнијом женској популацији ученика.

Уопштено гледано, у циљу повећања ефикасности наставе физике ученике би требало на систематски начин упућивати да изграде позитивне вредносне ставове према физици, јер важан лични ресурс за остваривање високог образовног постигнућа у физици јесте позитивно вредновање садржаја који се уче. Уколико ученици процењују одређени предмет као важан и користан за успех у животу, изабраће да више времена и пажње посвете том предмету, што за последицу има већи квалитет знања (Милошевић и Луковић, 2006).

2.1.4 Настава физике у средњим стручним школама у Србији

Физика се у систему средњег стручног образовања Републике Србије за највећи број образовних профила из различитих подручја рада категорисала као обавезан, општеобразовни предмет. Реферма средњег стручног образовања која се у нашој земљи спроводи од 2003. године донела је значајне измене на овом плану, па се у складу са тим за неке образовне профиле предмет Физика у потпуности елиминише из наставних планова, док код других „прелази“ на листу стручних или изборних предмета. До промена долази и када су у питању недељни фондови часова, углавном са тенденцијом да се број часова смањи.

Професори физике сматрају да се фондови часова смањују у корист других предмета, те да ће се овакве одлуке негативно одразити на резултате опште матуре која ће заменити пријемне испите за факултете. Стратегијом образовања предвиђено је да убудуће ђаке за факултете припремају гимназије. У том смислу, проблем би се могао појавити код ђака који желе да након похађања средње стручне школе наставе даље да се образују у некој од грана науке, технике или технологије. Са друге стране, одговорни за спровођење реформе сматрају да се на овај начин одговара законима тржишта, те да је примарни задатак средњег стручног школовања образовање за тржиште рада по завршетку средње стручне школе.

Начело изборности, као једно од важних начела на којима се темељи реформа школства омогућује ученицима појединих образовних профила да физику проучавају и у вишим разредима средње школе. Као што је већ наведено при анализи ставова ученика према физици, резултати истраживања спроведених у другим земљама показују да се за физику као изборни предмет опредељује само мали проценат ученика. Овакви резултати намећу наставницима физике, било да подржавају реформу образовања или не, обавезу да физику учине транспарентнијом, занимљивијом и разумљивијом овој популацији ученика.

У складу са савременим трендовима у образовању, према Закону о средњем образовању (члан 27.), образовно-васпитни рад за редовног ученика може да се остварује и као настава на даљину. Уколико школа поседује расположива средства потребна за овај вид образовања и васпитања, предметни наставници су у обавези да обезбеде наставне

материјале у електронској форми који су ученику доступни путем интернета. У том смислу неопходно је континуирано професионално усавршавање наставника физике у области примене информационо-комуникационих технологија у процесу наставе.

С обзиром да у истраживању изложеном у овој докторској дисертацији узорак чине ученици првог разреда средње стручне школе образовних профила четворогодишњег образовања у којима се предмет Физика изучава у првом и другом разреду са 2 часа недељно, у наставку су дати основни елементи наставног програма и начина његовог остваривања (Правилник о изменама правилника о плану и програму образовања и васпитања за заједничке предмете у стручним и уметничким школама, Службени гласник Републике Србије, Просветни гласник, број 11, Београд, 28. јун 2013.).

Циљ наставе физике у средњој стручној школи јесте стицање функционалне писмености (природно-научне и техничке) и знања о физичким појавама и процесима и оспособљавање ученика за примену знања у струци и свакодневном животу, стицање радних навика, одговорности и способности за самосталан и за тимски рад, формирање основе за даље образовање.

Задаци наставе физике су да ученици:

- развијају природно-научну и техничку писменост;
- стичу знања о физичким појавама значајним за струку и разумеју основне физичке законе;
- развијају свест о значају експеримента у сазнавању, разумевању и проверавању физичких закона;
- стекну способност за уочавање, формулисање и решавање једноставнијих проблема;
- развијају логичко и апстрактно мишљење и критички став у мишљењу;
- схвате значај физике за технику и природне науке;
- развијају способности и вештине за примену знања из физике у струци;
- стичу знања о природним ресурсима, њиховој ограничености и одрживом коришћењу;
- развијају правилан однос према заштити, обнови и унапређењу животне средине;
- развијају радне навике, одговорност, систематичност, прецизност и позитиван став према учењу.

Наставни програм физике у средњој стручној школи надовезује се структурно и садржајно на наставни програм физике у основној школи. Ученици треба да науче основне појмове и законе физике на основу којих ће разумети појаве у природи и имати целовиту слику о значају и месту физике у образовању, у струци и у животу уопште. Они треба да стекну основу за даље школовање, првенствено на природно-математичким и техничким факултетима, али и на свим осталим на којима физика као фундаментална наука има примену у струци (медицина, стоматологија...).

Програм обухвата садржаје које на одређеном нивоу могу да усвоје сви ученици средњих стручних школа. То су углавном садржаји из класичне физике, који представљају основ за изучавање стручних предмета, а у знатно мањој мери елементи савремене физике неопходни за разумевање неких научних открића и технологија који могу битно да утичу на живот људи. При томе је узето у обзир да класична физика проучава појаве које су доступне чулима па се лакше могу разумети и прихватити, а имају и већу примену у свакодневној пракси и струци.

Програм даје могућност коришћења разних метода и облика рада (предавање, разговор, огледи, практичан рад, радионице, самосталан рад ученика, рад у групама). На садржајима програма може се у потпуности илустровати суштина методологије истраживачког приступа у физици и другим природним наукама: посматрање појаве, уочавање битних својстава система у којима се појава одвија, мерење у циљу проналажења међузависности одабраних величина, планирање нових експеримената ради прецизнијег утврђивања тражених односа, формулисање природних закона.

Демонстрациони огледи чине саставни део редовне наставе физике, али су све мање заступљени у настави због недовољне опремљености школа наставним средствима. Увођење једноставних експеримената за демонстрирање физичких појава има за циљ „враћање“ огледа у наставу физике, развијање радозналости и интереса за физику и истраживачки приступ природним наукама.

Препоручује се да се у настави физике користе рачунари (симулације експеримената и физичких појава, лабораторијске вежбе и обрада резултата мерења, моделирање физичких процеса, самостални пројекти ученика...).

Методски захтеви наставе физике који морају бити задовољени при излагању програмских садржаја су:

- *Поступност* (од једноставнијег ка сложенијем) при упознавању нових појмова и формулисању закона;
- *Оцигледност при излагању наставних садржаја* (демонстрациони огледи, анимације, симулације);
- *Повезаност наставних садржаја* (хоризонтална и вертикална).

Нивои образовно-васпитног рада дефинишу обим и дубину проучавања појединих елемената садржаја програма:

Први ниво: *Обавештеност* (О)

Обавештеност као ниво образовно-васпитних захтева изискује да ученик може да се сети – репродукује оно што је учио у битно неизмењеном облику (термине, специфичне чињенице, методе и поступке, опште појмове, принципе, законе или теорије).

Други ниво: *Разумевање* (Р)

Разумевање као ниво образовно-васпитних захтева изискује да ученик буде оспособљен да градиво које је учио реорганизује (објасни, анализира, доведе у нове везе које нису биле

непосредно дате у градиву). Разумевање као образовно-васпитни ниво укључује у себе и претходни ниво – обавештеност.

Трећи ниво: *Примена* (П)

Примена као ниво образовно-васпитних захтева изискује да ученик буде оспособљен да одређене генерализације, принципе (законе), теорије или опште методе примењује у решавању проблема и задатака.

Примена као образовно-васпитни ниво укључује у себе оба претходна нива – обавештеност и разумевање.

Основни облици рада са ученицима којима се остварују напред наведени циљеви и задаци наставе физике су:

- (1) излагање садржаја теме уз одговарајуће демонстрационе огледе;
- (2) решавање квантитативних и квалитативних задатака;
- (3) лабораторијске вежбе;
- (4) коришћење и других начина рада који доприносе бољем разумевању садржаја теме (домаћи задаци, семинарски радови, пројекти...);
- (5) систематско праћење рада сваког појединачног ученика.

Ученицима је физику неопходно представити као живу, недовршену науку, која се непрекидно, интензивно развија и мења, а не као скуп завршених података, непроменљивих закона, теорија и модела. Зато је ученицима нужно истаћи проблеме које физика решава у данашњем времену.

Данас је физика експликативна, теоријска и фундаментална наука и њеним изучавањем, заједно са осталим наукама стичу се основе научног погледа на свет. Идеја фундаменталности физике у природним наукама и њен значај за технику треба да доминирају у средњошколској настави физике.

2.2 Теорије учења

Учење је комплексан процес који проучавају психологија и педагогија, а објашњавају га и бројне теорије учења. Према традиционалној концепцији учење се одређује као свесна и намерна активност појединца са циљем усвајања одређених знања, вештина и навика, а у највећој мери своди се на понављање онога што се учи док се не усвоји. Овакво схватање учења је уско и односи се само на неке аспекте и исходе учења, па се стога у савременој психологији под учењем подразумева далеко обухватнији процес. Резултати учења могу бити везани уз развој способности на сазнајном (когнитивном), доживљајном (афективном) и практичном (психомоторном) подручју. Шире одређење појма учења полази од становишта да су исходи учења веома различити и да се односе на велики број карактеристика човека: на његово знање, искуство, навике, вештине, особине или црте личности, способности, ставове, интересовања и мотивацију уопште, на емоционално доживљавање, на развој личности. Отуда, шире одређење појма учења обухвата

„релативно трајно мењање јединке које је изазвано њеним потребама или утицајем средине и активности особе“ (Ђурић, 1997: 31).

Основни теоријски приступи објашњавању процеса учења су: бихевиористички, когнитивистички и конструктивистички (Слика 2.1).



Слика 2.1 Основне теорије учења

2.2.1 Бихевиористички приступ учењу

Бихевиористички приступ објашњавању процеса учења развијен је у првој половини 20. века, а према њему је учење повезано са стварањем асоцијација између одређених надражаја и реакција организма. Бихевиоризам је указао на важну улогу поткрепљивања или награђивања у процесу учења. Према бихевиористичком моделу, наставници могу утицати на понашање ученика тако да поткрепљују понашање које води жељеном образовном циљу. Жељено понашање подстиче се позитивним поткрепљивањем – наградама, добрим оценама, похвалама, док се нежељено понашање уклања помоћу негативних повратних информација – прекорима, лошијим оценама и казнама.

У складу са бихевиористичким приступом, одређени начин учења или стил интелектуалног рада може се изградити поткрепљивањем истог. Примера ради, ако наставник подстиче и награђује постављање питања деца ће пре изградити интелектуалну радозналост него ако се на њихова питања одговара нерадо или ретко. Ако наставник позитивно оцењује дословну репродукцију наученог, за децу ће се учење свести на меморисање, а ако награђује учење с разумевањем, давање критичких коментара, читање шире литературе и сл., велика је вероватноћа да ће „интелектуални профил“ његових ученика бити другачији.

Бихевиористичке методе се врло често користе у електронском учењу, примера ради приликом испитивања знања појединог студента на крају лекције. На тим тестовима ученици одговарају на питања и уколико успешно одговоре добијају позитивну повратну

информацију, а уколико не знају неке од одговора упућују се на места на којима могу пронаћи информације везане уз тачан одговор.

Најзначајнији представници бихевиоризма били су Вотсон (Watson), који се бавио истраживањем односа између надражајне ситуације (стимуланса) и реакције, Торндајк (Thorndike) који је открио тзв. *закон ефекта* према којем свако деловање које у одређеној ситуацији изазива задовољство бива с већом вероватноћом поновљено, као и Скинер (Skinner) који је развио принципе тзв. *инструменталног условљавања* којим се промене у понашању (учење) могу постићи поткрепљивањем и награђивањем жељених облика понашања.

Према бихевиоризму подучавање треба рашчланити у мање и добро поткрепљене кораке. Бихевиористички приступ примењује се: (а) редовном употребом тестова, квизова и других метода процене и самопроцене знања; (б) планирањем и спровођењем различитих облика похваљивања и награђивања за остварене резултате у образовном процесу и (в) ускраћивањем награде или прикладним кажњавањем за нежељене облике понашања током образовања (извор: <http://www.carnet.hr/referalni/obrazovni/mkod/pedagogija/bihev.html>).

2.2.2 Когнитивистички приступ учењу

Когнитивне теорије учења потичу из прве половине 20. века и баве се мисаоним активностима којима се активно обрађују информације, а учење се посматра као процес организовања, чувања и тражења веза између информација. Према когнитивизму, суштина учења је у развијању когнитивних шема или мисаоних структура које репрезентују одређене спољашње или унутрашње појаве или процесе. Притом се развијају нове мисаоне шеме и уклапају у постојеће знање и/или постојеће шеме бивају промењене и прилагођене како би се у њих уклопило ново искуство. *Асимилација* је процес претварања искуства у унутрашње представе и нове шеме које су тако обликоване да се уклапају у постојеће знање, док је *акомодација* процес прилагођавања и мењања постојећих шема како би се могло прихватити ново искуство.

За успешно подучавање употребом когнитивних теорија важно претходно утврдити врсту и развијеност шема које ученици већ поседују, а потом обликовати процес и садржаје учења на начин да се даље развијају, мењају и допуњују постојеће шеме. Шеме које појединац поседује током његовог развоја постају садржајно све богатије, сложеније и више структуриране.

Зачетници когнитивизма су Пијаже (Piaget), који је сматрао да дете током развоја изграђује посебне когнитивне структуре, тзв. „менталне мапе“, помоћу којих разуме и реагује на своја искуства из околине, као и Виготски (Vygotsky), који је развио концепт социјалног учења које ставља нагласак на друштвену културу у којој се дете развија и на процес учења који се одвија у простору између оног што је познато и оног што може бити научено. Према Виготском *зона наредног развоја* има непосреднији значај за динамику интелектуалног развоја детета него актуелни ниво његовог развоја – *зона актуелног развоја*, која означава све оне когнитивне структуре и способности које дете има у

релативно развијеној форми у тренутку када „улази“ у интеракцију са неком одраслом, компетентнијом особом (Ignjatović-Savić i sar., 1990 према: Baucal, 2003). У оквиру заједничке активности дете ће испољавати способности које није испољавало у условима индивидуалног функционисања. Виготски је сматрао да управо те способности које дете може да испољи у сарадњи са компетентнијим партнером показују шта ће бити следећа фаза у когнитивном развоју пошто ће се оне интернализovati и постати део когнитивне структуре детета (Baucal, 2003). То значи да дете у сарадњи и уз помоћ може да уради више и боље, те да се могућности детета подижу на виши ниво, јер „оно што дете уме да ради у сарадњи, сутра ће моћи да уради самостално.“ У складу са тим, у процесу образовања се треба ослонити на оне интелектуалне функције које се тек развијају, а не на већ уобличене.

Новији представници когнитивизма су Спиро (Spiro), који је обликовао теорију тзв. *когнитивне флексибилности* као способности за спонтано реструктурирање нечијег знања у ситуацијама које се битно мењају с обзиром на захтеве које постављају пред појединца и Гање (Gagne), који је познат по својој *теорији кумулативног учења*. Према Гањеу, градиво у настави треба излагати организовано, систематично и у логичким целинама као би се омогућило ученицима да добијене чињенице међусобно повезују и сврставају у одређену категорију, правило. Правила су у мисаоној хијерахији на вишем нивоу од појмова и да би их ученици разумели наставник би требало да им темељно објасни појмове и везе међу њима. Познавање правила, по мишљењу Гањеа, је услов за успешно решавање проблема које он назива правилима вишег реда. Ученик би у својој свести требало да има ускладиштена одговарајућа правила која ће му помоћи у решавању задатих проблема у различитим ситуацијама. Један од резултата учења по Гањеовој теорији јесте и развијање когнитивне стратегије, али које и какве стратегије стицања знања ће појединац развити зависи од структуре његове личности, активности и искуства која је учењем стекао (Вилотијевић, 1999).

Типичне методе подучавања према когнитивистичким начелима су коришћење примера и модела за усвајање и повезивање појмова, вежбе категоризације и компарације, израда дијаграма и шема, ослањање на раније научено у стицању нових знања, комбиновање различитих начина учења

(извор: <http://www.carnet.hr/referalni/obrazovni/mkod/pedagogija/kognit.html>).

2.2.3 Конструктивистички приступ учењу

Конструктивистички приступ учењу заснива се на поставци да знање настаје активношћу ученика, а процес учења се састоји у (ре)организацији шема којима ученик репрезентује одређене елементе у својој физичкој и социјалној околини. Конструктивизам као теоријски концепт означава *изградњу знања на темељу сопственог искуства* па је због тога начин стицања знања јединствен код сваког појединца. Притом се настоји да ученици што више самостално одабирају и прерађују информације, стварају хипотезе и доносе

одлуке на темељу сопствених менталних модела (когнитивних структура, шема) којима организују лично искуство.

Будући да ученици сами стичу и „конструишу“ своје знање, наставници би у томе требало само да их воде и усмеравају. Задатак наставника је да ученицима осигурају потребне изворе информација и друге материјале којима ће сопственом активношћу изградити своје знање. Знање се стиче у социјалном контексту па је група и шира друштвена средина у којој ученик стиче знања од велике важности за процес учења. Наставник прво треба да уведе ученике у нову област градива, да им помогне да открију како ће најлакше и најделотворније стицати ново знање и да их са временом осамостали тако да науче како сами могу да уче (енгл. *learn to learn*). За примену овог модела учења у пракси важно је подстицати обликовање нових појмова или конструката код ученика који се повезују са раније усвојеним шемама и уграђују у сложене структуре на основу когнитивне активности и практичног искуства и деловања ученика.

По теорији конструктивизма, ученик треба да повећа своју одговорност за учење. На овај начин наглашена је важност активности ученика у процесу учења за разлику од претходних ставова где је одговорност била на наставнику, а ученик је био пасиван (Von Glasersfeld, 1989).

Један од најпознатијих зачетника конструктивизма је Брунер (Bruner) који познат по својој теорији *инструменталног концептуализма*. Брунер сматра да дете током когнитивног развоја постепено развија три начина репрезентовања света који нас окружује: (1) акциони – акцијом или демонстрирањем; (2) иконички – путем слика и (3) симболички – преко језика и говора. Интелектуални развој детета зависи од онога што му друштво пружа као средство акције – од мисаоног представљања до симболизовања и комуницирања (Bruner, 1966).

Према Брунеру подучавање треба: (а) заснивати на искуствима и контекстима у којима ученици желе и у могућности су да уче; (б) структурирати тако да је стицање нових знања у опсегу претходно постигнутих могућности ученика и (в) обликовати на начин да се премошћују процепи између стеченог и доступног знања те попуњавају празнине у већ стеченом знању.

У складу са конструктивистичким приступом, приликом учења треба што више користити самосталан рад ученика на проблемима који су повезани са градивом које требају да савладају, односно ученици треба да решавају сложеније и са реалним светом повезане задатке, користе анализе случајева, раде на пројектима и сл. (извор: <http://www.carnet.hr/referalni/obrazovni/mkod/pedagogijkonstr.html>).

2.3 Знање

2.3.1 Дефиниција и нивои знања

Појам школског (формалног) образовања увек се доводи у везу са знањем, односно са преношењем знања са професорске инстанце на ученичку. Ученици у школи треба да развијају когнитивне способности и вештине: да усвајају знања о чињеницима, разумевају појмове, развијају аналитичко мишљење, објашњење и резонување. Уже схватање наставног програма обухвата систематска и процедурална знања, метод долажења до знања и његову примену (Аврамовић, 2007).

Пољак (Poljak, 1984) у оквиру дидактике *знање* дефинише као систем или логички преглед чињеница и генерализација о објективној стварности које је појединац усвојио и трајно задржао у својој свести. *Чињенице* су конкретности, односно појединости о објективној стварности које појединац сазнаје перцептивним путем, док су *генерализације* (*апстракције*) појмови, правила, принципи, методе, закони, дефиниције, закључци, докази, категорије и хипотезе које човек не сазнаје перцепцијом.

Нивои знања које је појединац стекао процесом учења манифестују се на неколико основних начина, у зависности од степена усвојености садржаја и могућности да се усвојени садржаји практично примене. Према Пољаку (Poljak, 1984) разликује се пет нивоа знања:

- (1) *Знање присећања* – најнижи квалитет знања; ученик се само сећа неких садржаја које је учио (нешто је учио, али се не сећа тачно шта).
- (2) *Знање препознавања* – ученици могу да идентификују припадност неких садржаја, знају на шта се односе, али их не могу да их објасне.
- (3) *Знање репродукције* – ученици репродукују садржаје које су учили, али их не разумеју.
- (4) *Оперативно знање* – висок квалитет знања; ученици владају наставним садржајима и у стању су да их примене.
- (5) *Креативно или стваралачко знање* – највиши степен квалитета знања; ученик на темељу стечених ствара нова знања.

Савременији приступи знање дефинишу као искуство или информације преко којих се може комуницирати и које се могу размењивати (Allee, 1997). Бенет и Бенет (Bennet & Bennet, 2000) нагласак стављају на разумевање – знање, које се састоји од података и информација, се може сматрати пуно ширим разумевањем ситуација, односа, узрочних феномена, и теорија и правила (експлицитних и имплицитних), који леже у датом домену или проблему. Према Вигу (Wiig, 1995) може се сматрати да је знање састављено од разумевања, поопштавања (генерализација) и апстракција, које носимо са собом на трајној или полутрајној бази и примењујемо за интерпретацију и управљање светом око нас, док Аргирис (Argyris, 1993) знање сажето дефинише као капацитет за ефективно деловање.

Данас се сматра да главни исход образовања треба да буде стицање функционалних, применљивих знања. Приликом процене постигнућа ученика у оквиру међународних

програма (као што је PISA), од ученика се не тражи да репродукују садржаје различитих наставних програма, већ да их примене у релеватним ваншколским ситуацијама. Бити функционално писмен значи протумачити контекст у оквиру којег је неки податак дат, схватити и довести ствари у одређену везу, користити научено знање у различитим ситуацијама.

Функционална знања треба развијати од најранијег детињства. У оквиру школовања, функционална знања се развијају усмеравањем образовних процеса према ученику и његовим активностима, као и стављањем нагласка на она образовна постигнућа која подразумевају развој језичке, математичке, научне, уметничке, културне, техничке, информатичке писмености, неопходне за живот и рад у савременом друштву (извор: www.kreativnaskola.rs).

2.3.2 Блумова и ревидирана Блумова таксономија образовних циљева

Амерички школски психолог Блум (Bloom *et al.*, 1956) је са својим колегама идентификовао три начина усвајања садржаја, односно издвојио три подручја (домена) образовних активности:

- когнитивно,
- афективно и
- психомоторно.

У сваком од три подручја дефинисани су и хијерархијски уређени циљеви васпитања и образовања (Табела 2.4).

Табела 2.4 Блумова таксономија васпитно-образовних циљева – основна верзија (према Бјекић и сар. 2006)

Подручја учења приказана хијерархијски од нижих ка вишим		
Когнитивно подручје	Афективно подручје	Психомоторно подручје
знање	примање	рефлексни покрети
схватање	реаговање	фундаментални покрети
примена	вредновање	перцептивне способности
анализа	организовање	физичке способности
синтеза	карактеризација	невербална комуникација
евалуација		

Когнитивно подручје подразумева знање и развој интелектуалних вештина. Блумову таксономију когнитивног подручја чини 6 нивоа знања: (1) знање; (2) схватање; (3) примена; (4) анализа; (5) синтеза и (6) евалуација.

Афективно подручје обухвата ставове, мотивацију, осећања, вредности, уважавање и ентузијазам. У овом подручју издвојено је пет нивоа усвајања информација, од најједноставнијег ка најсложенијем понашању то су: (1) прихватање; (2) реаговање; (3) вредновање; (4) организовање и (5) карактеризација.

Психомоторно подручје обухвата физичко кретање, координацију и коришћење моторних вештина. У овом подручју су такође издвојене категорије, односно нивои понашања: (1) рефлексни покрети; (2) фундаментални покрети; (3) перцептивне способности; (4) физичке способности и (5) невербална комуникација.

Таксономије образовних активности указују на начин како се може извршити евалуација образовних исхода. Блумова таксономија знања омогућује мерење постигнућа ученика у когнитивном подручју, што је од посебног значаја за наставни процес (Табела 2.5).

Табела 2.5 Блумова таксономија образовних циљева у когнитивном подручју

КОГНИТИВНО ПОДРУЧЈЕ – НИВОИ ЗНАЊА		
ЗНАЊЕ	памћење претходно наученог садржаја	ученик дефинише проблем, прави графички или табеларни приказ резултата, репродукује садржаје
СХВАТАЊЕ	овладавање значењем садржаја	ученик дискутује о резултатима мерења, објашњава појаву, наводи примере
ПРИМЕНА	коришћење наученог у новим и конкретним ситуацијама	ученик демонстрира експеримент, разликује променљиве, излаже проблем, ради рачунске задатке, илуструје законитости
АНАЛИЗА	разумевање садржаја и структуре проблема	ученик упоређује резултате мерења, анализира њихове бројне вредности, испитује везу, закључује
СИНТЕЗА	формулисање и грађење нове структуре од постојећих знања и вештина	ученик креира и планира експеримент, склапа апаратуру, доводи у везу физичке величине и појаве
ЕВАЛУАЦИЈА	квалитативно и квантитативно процењивање вредности садржаја за дату сврху	ученик приказује резултате експеримента, оцењује резултате, критички их разматра, изводи закључке

Блум и сарадници (Блум, 1981) су објаснили сваки ниво оригиналне таксономије који је дефинисан и уређен кроз поднивое, тако да обухвата посебне сазнајне категорије:

Знање укључује оне облике понашања и испитних ситуација у којима је наглашено памћење, било де се оно огледа у препознавању или у репродуковању идеја, наставног градива или различитих појава. При томе се сматра да понашање ученика у репродукцији треба да буде врло слично његовом понашању за време учења. У току учења ученик усвоја извесну информацију, памти је, да би је затим репродуковао или да би је препознао. Иако може доћи до неке измене садржаја у памћењу ученика, то за појам знања, као и за његово

испитивање, није од важности. Знање искључује и процесе стварања односа и просуђивања. Наиме, од ученика се очекује да ће одговорити и на питања која се донекле разликују од питања у оригиналној ситуацији учења. Поднивои на нивоу знања су (1) знање појединости: знање терминологије и знање специфичних чињеница; (2) знање путева и начина третирања појединости: познавање конвенција, познавање смерова и низова, познавање класификација и категорија, познавање критеријума, познавање методологије и (3) знање општих појмова у неком подручју: знање принципа и генерализација, знање теорија и структура.

Схватање обухвата интелектуалне способности и вештине које се у школи вероватно највише наглашавају. Кад се ученик нађе пред неким саопштењем, од њега се очекује да зна шта му се саопштава и да се може служити садржајима и идејама тог саопштавања – предавања. Саопштавање или комуникација може бити у усменој или писменој форми, може имати вербални или неки други симболички облик. Ако термин комуникација употребљавамо у ширем смислу, онда се он може односити и на конкретне појаве као и на оно што је изражено неким знаковима на папиру. Поднивои на нивоу схватања су: (1) превођење; (2) тумачење и (3) екстраполација.

Примена подразумева да је ученик овладао претходним конгитивним доменима, односно знањем и схватањем. Категорија примене је у складу са претходним захтевом, односно да би се нешто применило, пре свега то треба схватити као методу, теорију, принцип или апстракцију. Наставник очекује од ученика да ако он нешто схвата – разуме, онда ће то моћи и применити. Међутим, да ученик схвата, показује се тиме што се може служити задатим апстракцијама. Да ученик може применити знање доказује се тиме што се он са њим може исправно служити у ситуацији у којој путеви и начини решавања нису одређени. Дакле, примена подразумева знање и коришћење неке генерализације или одговарајућег принципа на задати проблем. Ниво примене није хијерархијски даље уређиван.

Анализа наглашава разбијање садржаја на његове саставне делове, као и откривање односа између тих делова и начина на који су они повезани. Анализа може бити усмерена и на технике и средства помоћу којих се саопштава неки садржај или изводи закључак саопштавања. Анализу не треба схватити као саму себи довољну, односно пуку вежбу ради откривања организације и структуре комуникације, већ као педагошку импликацију која помаже потпунијем и целовитијем схватању – разумевању проблема, или као увод у евалуацију градива. Између анализе и схватања, са једне стране и анализе и евалуације, са друге стране не може се повући јасна граница. Схватање се односи на садржај градива, док анализа и на садржај и на облик. Када се говори о критичкој анализи, анализа се тада неприметно претвара у евалуацију или када се анализира однос елемената неког доказа, онда се тим чином и просуђује – евалуира каква је вредност тог доказа. Поднивои на нивоу анализе су: (1) анализа елемената; (2) анализа односа и (3) анализа организационих начела.

Синтеза се дефинише као састављање елемената и делова у неку целину. То представља процес њиховог комбиновања како би се добио неки поредак или структура, која пре тог процеса комбиновања није постојала. У томе је већином садржана нова комбинација делова претходног искуства примењеног на ново градиво које треба реконструисати у нову, мање – више добру интегралну целину. То је она категорија конгитивног домена у којој највише долази до изражаја креативност ученика, која није у потпуности ослобођена, јер се од ученика очекује да ради у границама које намеће задати проблем, градиво или неки теоретски, односно методолошки проблем. Схватање, примена и анализа такође садрже извесно састављање елемената и конструкцију значења, али су те операције у служби у тим категоријама само делимичне и некомплетне, док су у синтези од пресудног значаја. Поднивои на нивоу синтезе су: (1) израда саопштења; (2) израда плана и (3) израда система апстрактних односа.

Евалуација – вредновање се дефинише као просуђивање вредности за неку сврху различитих идеја, радова, решења, метода, садржаја и слично. Вредновање се заснива на употреби критеријума и стандарда којима се процењује колико су појаве које еволуирамо тачне, ефикасне, економичне или задовољавајуће. Просуђивање може бити квантитативно или квалитативно, а критеријуми могу ученику бити задани или их он сам мора одредити. Евалуација је у таксономији смештена на последње место, јер се јавља касно у комплексним процесима у којима имамо комбинацију свих осталих конгитивних облика – знања, схватања, примене, анализе и синтезе. Оно што се у евалуацији додаје су критеријуми и стандарди. Евалуација у неким случајевима може бити увод у стицање нових знања, нов покушај схватања или примене, или увод у нову анализу и синтезу. Поднивои на нивоу евалуације су: (1) евалуација према унутрашњим критеријумима и (2) евалуација према спољашњим критеријумима.

Блумова таксономија је емпиријски проверавана и развијана. Првобитну верзију Блумове таксономије ревидирали су 1990. године Андерсон и Кратвол (Anderson & Krathwohl, 2001), који су учествовали и у њеном формирању. Због чињенице да је ученик постао актер процеса учења, јер активно селекује информације и на основу њих конструише сопствене системе знања, односно због наглашавања учења са разумевањем које се заснива на две димензије учења – шта ученик зна и како ученик сазнаје и мисли, једнодимензионални модел из оригиналне Блумове таксономије замењен је дводимензионалним моделом. У ревидираној таксономији се поред димензије знања, уводи и димензија когнитивних процеса (Табела 2.6).

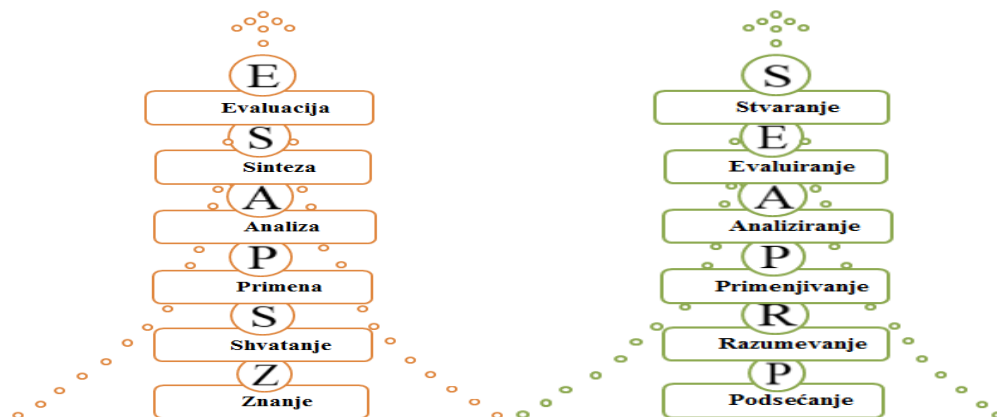
Димензија знања обухвата врсте знања које треба научити: (1) знање чињеница – чињенично или фактографско знање; (2) знање појмова и структура појмова – концептуално знање; (3) знање поступака и процедура – процедурално знање; (4) свест о сазнајним процесима активним при сазнавању, учење сазнајних процеса потребних за сазнавање других знања – метакогнитивно знање.

Табела 2.6 Ревидирана Блумова таксономија – димензије знања и когнитивних процеса

Димензије знања	Димензије когнитивних процеса					
	Памћење	Разумевање	Примењивање	Анализирање	Евалуирање	Стварање
Чињенично знање						
Концептуално знање						
Процедурално знање						
Метакогнитивно знање						

Когнитивни процеси су процеси које треба користити приликом учења. Хијерархија когнитивних процеса у ревидираној таксономији подсећа на сазнајне нивое оригиналне Блумове таксономије. Когнитивни процеси наведени у ревидираној таксономији су: памћење, разумевање, примењивање, анализирање, евалуирање, стварање. Друга промена у структури таксономије је у томе што је ниво *синтеза* замењен нивоом *стварање*, који је постао највиши ниво знања, односно у ревидираној таксономији највиши ниво когнитивних процеса (Слика 2.2).

Поред промене у структури и (когнитивних) процеса које наглашава, промене у таксономији се односе и на промену терминологије. За називе шест категорија таксономије првобитно су коришћене именице, а у ревизији су преименоване у речи глаголског порекла.



Слика 2.2 Нивои когниције у првој верзији Блумове таксономије (лево) и нивои когниције у ревидираној верзији (десно) (према Бјекић и сар. 2006)

Андерсон и Кратвол (Anderson & Krathwohl, 2001) су у ревидираној таксономији дефинисали нивое когнитивних процеса и хијерархијски их даље уредили навођењем одговарајућих поднивоа. Подсећање представља преузимање одговарајућег знања из дугорочног памћења и обухвата: (1) препознавање и (2) подсећање. Разумевање

представља конструисање значења на основу саопштених инструкција и информација, укључујући усмену, писмену и графичку комуникацију. Поднивои које обухвата ниво разумевања су: (1) тумачење – интерпретација; (2) навођење примера; (3) сумирање; (4) извођење; (5) поређење и (6) објашњавање. Примењивање је извођење одговарајуће процедуре у датој ситуацији, обухвата два поднивоа: (1) извођење и (2) имплементација. Анализирање представља разбијање садржаја на његове саставне делове и откривање односа између тих делова и начина на који су они повезани. Обухвата: (1) разликовање; (2) организовање и (3) описивање. Евалуирање је процена вредности на основу неких критеријума или стандарда, обухвата: (1) проверавање и (2) критиковање. Стварање представља повезивање елемената тако да формирају кохерентну или функционалну целину, односно реорганизацију елемената у нове обрасце или структуре. Обухвата: (1) генерисање; (2) планирање и (3) прављење.

2.3.3 Испитивање и мерење знања ученика

Тенденција развоја васпитно-образовних система је да ученици стичу и/или развијају вештине учења и структуре знања. Оваква усмереност захтева експлицирање очекиваних ефеката сваке наставне и васпитно-образовне процедуре. Традиционална организација наставе издваја циљеве и задатке предмета и конкретних часова, а нови концепт је усмерен ка одређивању циљева и очекиваних исхода¹ образовног процеса (Бјекић и Папић, 2005).

Образовање засновано на исходима захтева оцењивање ученика у односу на постигнуће, дакле у односу на исходе. Блумова таксономија представља основ за одређивање критеријума остварености исхода образовања, али и за разврставање питања, тестовских задатака, поступака проверавања и оцењивања. Илуструје вештине и способности које ученик може да достигне на сваком од 6 нивоа когнитивног подручја (Табела 2.7).

Испитивање знања ученика може да буде у: (1) усменом облику и (2) писаној форми.

Усмено испитивање се остварује путем директног, личног контакта наставника и ученика. У непосредној интеракцији наставника и ученика, наставник може да усмерава ученикове одговоре, поставља даља питања и на тај начин утврђује шта ученик зна, а шта не, које навике и умења има, а која му недостају. Од ученика треба захтевати да што самосталније и прегледније излаже, образлаже, објашњава и доказује. Усмено испитивање има несумњиву вредност, јер знање ученика долази до изражаја, али му је мерна вредност веома слаба с обзиром да постоји низ фактора који умањују објективност оцењивања.

¹ Појам исход интегрисања значења следећих појмова: ефекти наставног процеса остварени на нивоу понашања и постигнућа ученика, резултати наставе препознатљиви у понашању ученика; манифестације компетенција. Исходи су репертоари понашања које ученик стиче учењем. Исходи се могу одређивати, и практичним деловањем кориговати, на два нивоа (1) општи исходи се постављају на нивоу школског програма, модула и области и (2) оперативни исходи се дефинишу на нивоу конкретног часа и непосредно су проверљиви и мерљиви (Бјекић и Папић, 2005).

Табела 2.7 Блумова таксономија у когнитивном подручју – основа за оцењивање (према Бјекић и Панић, 2005)

Компетенција	Демонстриране вештине
ЗНАЊЕ	Опажа и именује информације; Зна датуме, податке, места; Зна главне идеје; Захтеви којима се проверава оствареност исхода на овом нивоу: дефиниши, наведи, опиши, идентификуј, покажи, означи, изабери, испитај, именуј, ко, када, где итд.
СХВАТАЊЕ	Разуме информацију; Преводи из једног у други контекст; Интерпретира податке, упоређује, разликује; Уређује, групише, открива узроке; Предвиђа последице; Захтеви којима се проверава оствареност исхода на овом нивоу: резимирај, опиши, интерпретирај, повежи, разликуј, процени, дискутуј, прошири.
ПРИМЕНА	Користи информације; Користи методе, појмове, теорије у новим ситуацијама; Решава проблеме користећи усвојене вештине или сазнања Захтеви којима се проверава оствареност исхода на овом нивоу: примени, демонстрирај, израчунај, комплетирај, покажи, реши, испитај, преобликуј/модификуј, повежи, промени, класификуј, експериментиши, истражи.
АНАЛИЗА	Одређује структуру; Организује делове; Препознаје главни смисао; Идентификује компоненте; Захтеви којима се проверава оствареност исхода на овом нивоу: анализирај, издвој, уреди, објасни, класификуј, подели, упореди, изабери.
СИНТЕЗА	Користи старе идеје за стварање нових; Генерише из датих података; Повезује знања са другим областима; Предвиђа закључке / закључује; Захтеви којима се проверава оствареност исхода на овом нивоу: преобликуј / модификуј, интегриши, замени, направи план, предвиди шта ако?, укомпонуј, формулиши, припреми, генерализуј / уопшти, поново напиши.
ЕВАЛУАЦИЈА	Упоређује, утврђује сличности и разлике између идеја; Процењује вредност теорија и излагања; Бира на основу рационалних аргумената; Верификује вредност података; Препознаје субјективност; Захтеви којима се проверава оствареност исхода на овом нивоу: процени, одлучи, оцени, провери, тестирај, измери/одмери, предложи, изабери, просуди, објасни, разликуј.

Слабости усменог испитивања су:

- може се испитати мали број ученика;
- онемогућен је подједнак однос према свим ученицима;
- узорци питања се могу значајно разликовати по тежини;
- субјективност наставника доводи до погрешне процене знања ученика.

У нашем школском систему најприсутнији облик усменог проверавања знања је индивидуално усмено испитивање. Циљ оваквих испитивања је да покажу способност ученика да формулишу мисли, изнесу одговоре, мишљења, погледе и информације, те на тај начин омогуће наставнику да утврди потенцијале или слабости ученика у раду.

Поред индивидуалног испитивања могуће су и групни усмени испити који могу имати форму дискусије у којој је веома важан индивидуални допринос.

Испитивање знања ученика у писаној форми може бити у виду: (1) есеја на задату тему; (2) низова питања и/или задатака (контролне вежбе, писмене вежбе и сл. и (3) тестова (стандардизовани тестови или низови задатака објективног типа).

При писању задатака ученик је самосталан, али без непосредне интеракције са наставником. Предност овакве врсте испитивања је што сви ученици раде исте задатке, те су у истом положају чиме је обезбеђена једнака основа за упоређивање, а самим тим и за оцењивање. Наставник има много више времена за оцењивање писмених задатака и оцењивање не мора вршити непосредно по извршеном испитивању, већ након пажљивог читања и разврставања у групе, чиме може у што већем степену да елиминише деловање несистематских субјективних фактора школске оцене, којима он модификује процес оцењивања (Бјекић и Папић, 2005).

2.3.3.1 Тестови знања

Тестовима знања настоји се да се утврди да ли је, односно у којој мери ученик усвојио одређена знања, вештине и навике из чега произлази да се управо ова врста тестова највише употребљава у педагошком истраживању.

Тест знања дефинише се као мерни инструмент састављен од низа задатака или проблема, систематски одабраних, помоћу којих се на објективан начин, на изазваном узорку понашања, испитују и мере знања (Бјекић и Папић, 2006).

Према Мужичу (1982) разликују се: (1) *тестови знања у ужем смислу* којима се испитује познавање самих чињеница и (2) *тестове способности примене знања* којима се испитују вештине и навике помоћу којих ученик уме применити, употребити стечено чињенично знање.

Све евалуативне технике укључујући и тестирање морају да имају основне метријске карактеристике које се утврђују разноврсним поступцима – *баждарењем*, које за циљ има утврђивање, стандардизовање и нормирање мерних вредности поступака и инструмената припремљених за проучавање одређеног педагошког питања (Лекић, 1980). *Метријске*

карактеристике инструмената који се употребљавају у педагошким истраживањима су: ваљаност (валидност), објективност, поузданост (релијабилност), дискриминативност (осетљивост) и нормираност (упоредивост).

Ваљаност (валидност), својство које указује да је процес закључивања о мереном својству исправан. Тест је валидан ако заиста мери оно чему је намењен: ако је намењен мерењу знања стеченог процесом учења, не треба да обухвата задатке који мере друге сазнајне карактеристике. *Објективност* теста подразумева да резултати примене теста искључиво зависе од стеченог знања испитаника, а не од субјективне интерпретације онога који тест примењује и оцењује. Ако је тест знања објективан, различити испитивачи испитујући исте испитанике доћи ће до истих резултата. *Поузданост (реалијабилност)* представља мерну карактеристику теста која се огледа у истој или сличној вредности резултата два узастопна мерења истих величина. Доследност мере указује да нема утицаја неконтролисаних фактора, што омогућује даљи рад и употребу мера (резултата). *Осетљивост (дискриминативност)* представља карактеристику теста помоћу које можемо разликовати ученике с обзиром на њихова знања која представљају предмет мерења. Уколико је тест осетљивији, утолико даје већи број различитих резултата. За тестове знања је веома важно да буду дискриминативни и да укажу на постојеће индивидуалне разлике у нивоу знања који достижу ученици. Да би задовољили захтев дискриминативности, неопходно је да већ при састављању буду коришћени и равномерно распоређени задаци који испитују све нивое знања. *Нормираност* подразумева да се резултати са теста знања изражавају бројчаним вредностима разврстаним у категорије, тако да резултати могу бити просечни, изнад или испод просека, што чини индивидуални резултат релативним, зависним од резултата чланова групе.

У процесу наставе могу се употребљавати две врсте тестова знања:

- стандардизовани – баждарени или формални тестови знања и
- нестандардизовани – небаждарени или неформални тестови знања, који се називају и *низови задатака објективног типа* (НЗОТ) (Андриловић, 1988).

У свакодневној наставној пракси примењују се обе врсте и носе заједнички назив тестови знања.

Стандардизовани тест знања је тест састављен према процедури састављања овакве врсте тестова и обично га саставља екипа стручњака. Код ових тестова утврђене су све метријске карактеристике, прошао је претходну проверу и потребне корекције и има утврђен начин задавања и норме оцењивања. Обично обухвата читав програм једног предмета или већу целину, широко је применљив у већем броју школа и обезбеђује поређења (Савовић и сар., 2006).

Састављање нестандардизованог теста пролази кроз већину фаза израде стандардизованог теста. Код ове врсте теста нису утврђене метријске карактеристике, мада се тежи се да буду задовољене). Обично не пролази претходну проверу већ се директно примењује у наставном процесу и има утврђен начин задавања и систем бодовања и оцењивања. Може

да обухвата једну наставну тему или уже наставне целине и има ограничену примену. Предност нестандардизованих тестова знања је што су ови низови задатака припремљени за конкретну школску ситуацију, боље прате специфичности наставног процеса и начин наставниковог рада, омогућавају усмереност на специфичан ток и процес учења групе ученика којој наставник предаје.

Наставници најчешће користе нестандардизоване тестове знања које креирају сами или у сарадњи са колегама. Познавање технике припремања и састављања тестова је веома значајан фактор за успешно мерење знања у наставној пракси. Основни кораци у припреми и састављању нестандардизованог теста знања су:

- (1) одређивање циља тестирања знања и исхода које ће мерити;
- (2) одређивање модула или релевантних наставних садржаја;
- (3) писање списка идеја за задатке (најмање два пута више идеја од предвиђеног коначног броја задатака у тесту);
- (4) формулисање тестовских задатака претварањем идеја у одређене тестовске облике; пожељно је да се користи што више задатака објективнијег затвореног типа;
- (5) уређивање задатака по групама – једну групу чине сви задаци истог облика; за сваку групу даје се упутство ученику како на те задатке треба да одговара;
- (6) предвиђање кључа за одговоре (оčekиване одговоре) и начин бодовања и оцењивања; при дефинисању броја бодова за сваки задатак треба водити рачуна о сложености интелектуалних процеса које ученик треба да активира да би дао потребан одговор, захтеваној самосталности и захтеваној креативности ученика при одговарању, о захтеваном броју релевантних информација које ученик треба да изложи/препозна;
- (7) увршћивање у коначну форму оних задатака који омогућују достизање циља испитивања: ако је циљ оцењивање, наставник обликује тест по нормативном моделу, а тада обухвата задатке који обезбеђују дискриминативност оцена (обухвата и задатке које већина ученика може да реши, и задатке које просечни ученици решавају, као и задатке које могу да реше само најуспешнији);
- (8) техничко и естетско обликовање теста водећи рачуна о прегледности и постојању довољно простора за учениково одговарање.

Руководећи се метријским карактеристикама тестова знања, наставник који самостално креира низове задатака објективног типа одређује мере за процену тачности одговора и број бодова на основу исхода које је предвидео. Наставник не треба да оцењује успешност на тесту искључиво на основу количине тачних информација, већ на основу степена самосталности и сложености знања које ученик показује (Бјекић и Папић, 2005).

На основу тога које психичке процесе доминантно ангажују разликују се два основна типа тестовских задатака:

- (1) задаци репродукције – захтевају да ученик сам осмишљава одговор, да комбинује усвојене информације и одговор самостално формулише; репродуктивно памћење и мисаоне операције анализе, синтезе и генерализације су основни сазнајни процеси.

(2) задаци рекогниције – захтевају да ученик препознаје понуђене одговоре, уоћава односе и везе, повезује, али не формулише самостално одговор; рекогницијско памћење и мишљење по аналогiji су основни процеси.

На основу начина на који су задаци обликовани, како изгледају и коју активност ученика захтевају, употребљавају се:

- (1) задаци отвореног облика у којима ученик самостално пише одговор (есејски задаци, задаци допуњавања)
- (2) задаци затвореног облика у којима ученик између понуђених бира тачан или тачне одговоре (задаци алтернативног избора, задаци вишеструког избора, задаци повезивања, задаци уређивања).

Предности проверавања и оцењивања знања тестовима знања су (Бјекић и Папић, 2006):

- Ученицима се даје велики број задатака који обухватају градиво ширег обима (у стандардизованим тестовима градиво читавог предмета, а у нестандардизованим могу да обухвате једну наставну тему, али и једну наставну јединицу). На овај начин смањује се могућност да ученик добије задатке само из садржаја које је учио.
- Задаци на тестовима су исти за све ученике, те су ученици у истом положају.
- Сви ученици имају исте услове рада и исто време да искажу своје знање.
- Тест омогућује већу објективност оцењивања јер искључује оне особине ученика које нису предмет школског оцењивања.
- Оцењивање не зависи од оцењивача и елиминишу се субјективни фактори оцењивања везани за наставника.
- Омогућавају проверавање и оцењивање целог одељења, што обезбеђује висок степен економичности у односу на класичне начине оцењивања знања.

Недостаци проверавања и оцењивања знања тестовима знања су:

- Онемогућен је непосредан контакт наставника и ученика.
- Позитивна оцена на тесту не значи и да је ученик савладао све значајне елементе из тестираног садржаја.
- Искључена је могућност да наставник поставља ученику допунска питања.

2.4 Ставови

2.4.1 Дефиниција и компоненте ставова

Став је један од основних појмова за разумевање друштвеног живота и један од основних појмова социјалне психологије уопште (Pennington, 2001). Људи формирају ставове да би лакше одредили свој однос према великом броју различитих појава и адекватно реаговали на њих. Ставови нам омогућују да стекнемо стандарде за своје расуђивање и поступке. На

тај начин лакше оцењујемо и класификујемо објекте и ситуације што нам омогућује лакше и брже сналажење и деловање.

Једном од најцеловитијих дефиниција става сматра се Олпортова, према којој се став дефинише као „трајна ментална односно неурална спремност стечена на основу искуства која врши директивни или динамички утицај на реаговање појединца на објекте и ситуације са којима долази у додир“ (Allport, 1935: 810). Креч, Кречфилд и Балаки дефинишући ставове истичу да су они интеграција три менталне функције: „Став је трајан систем позитивног или негативног оцењивања, осећања и тенденције да се предузме акција за или против – а у односу на различите објекте“ (Krech *et al.*, 1962: 177). Према Роту (Rot, 1983) ставови представљају трајну тенденцију да се према неком објекту реагује на одређени, позитиван или негативан начин. Петц став дефинише као „стечену, релативно трајну и стабилну организацију позитивних или негативних емоција, вредновања и реаговања према неком објекту“ (Petz *i sar.*, 1992: 426), док је према Иглију и Чајкину (Eagly *i Chaiken*, 1998) став психолошка тенденција која се изражава вредновањем неког објекта уз одређени степен склоности или несклоности. Објекат става може бити конкретан или апстрактан, предмет, особа или група.

Из наведених дефиниција произилазе следеће особине става:

- *Трајност* – једном формиран став је отпоран на промене односно релативно је стабилан и непромењив у времену, иако се под утицајем нових искустава може променити;
- *Психфизиолошка основа става* – структуру става чине (а) когнитивни елементи: перцепције објекта става, сазнања о објекту става, вредновање објекта става и (б) емоционални елементи: позитивне емоције према објекту става, када се објект става доживљава као пријатан и привлачан или негативне емоције према објекту става, када се објект става доживљава као непријатан и одбојан, са припадајућим физиолошким процесима;
- *Спремност на понашање* – ставови појединца постоје као диспозиција за понашање која се може актуелизовати у одређеној ситуацији; ставови „спавају“ док појединац делује аутоматски – по уходаном сценарију, без потребе да се на њих позива; такав начин функционисања је адаптиван јер ослобађа човекове когнитивне и телесне капацитете од сталних напора; у новим ситуацијама је понашање мање аутоматско – тамо где нема познатог сценарија, појединац се позива на своје ставове пре него што делује;
- *Стеченост* – ставови се формирају путем искуства у целоживотном процесу социјализације, било у непосредном контакту са објектом става, било посредно, у интеракцији са социјалном околином; будући да су стечени, могу се мењати;
- *Усмереност према објектима става* – који могу бити појединци или социјалне групе, социјалне појаве, догађаји, физички предмети и апстрактни појмови.

Став представља интеграцију три компоненте:

- (1) *афективна (емоционална) компонента*: позитиван или негативан емоционални однос према објекту става;
- (2) *бихевиорална (конативна, акциона) компонента*: мотивација за понашањем у складу са ставом односно спремност за акцију према објекту става, било да се он подржи, помогне или заштити, или да се избегава, онемогући или нападне;
- (3) *когнитивна компонента*: објективна знања или субјективна уверења о објекту става.

Иако се сваки став састоји од сва три наведене компоненте, он се увек највише базира на појединој од наведених компоненти (Giddens, 2007).

Значај става у животу појединца потврђују његове многобројне функције, као што су:

- (а) обликовање што складнијег сазнања о себи и околини, при чему ставови служе за активну перцепцију, интерпретацију и евалуацију спољашњег света и посебно за успостављање равнотеже или уклањање неравнотеже у том сазнању;
- (б) постизање циљева, због чега се формирају и одржавају такви ставови који су инструментални за задовољавање различитих потреба, укључујући и социјалне потребе као што су прихваћеност у групи, осигурање групне подршке и социјални престиж;
- (в) обрамбена заштита личности, примера ради негативан став према некој особи или групи служи очвању или повећању самопоштовања.

(извор: <http://www.scribd.com/doc/26958436/Socijalna-Psihologija-II#scribd>)

2.4.2 Димензије ставова

Ставови различитих појединаца према различитим објектима става се међусобно разликују по различитим квалитативним и квантитативним карактеристикама – *димензијама ставова* (Рот, 1983).

Главне димензије ставова су *валенција* (смер, „предзнак“) која означава да ли је однос према објекту става позитиван или негативан. Уз валенцију, као квалитативни податак, увек се јавља и њена квантитативна мера, тј. степен позитивности или негативности. То је степен *екстремности* (интензитета) става. *Сложеност* става односи се на врсту и количину сазнања о предмету става, као и осећања и тенденције ка акцији. Усклађеност компоненти става указује на степен у којем све три компоненте става – когнитивна, конативна и афективна имају исту или сличну валенцију, степен екстремности и сложености.

Доследност је димензија која говори о томе да ли се приликом сусрета с истим објектом става заузима исти став, а *снага* става представља степен отпорности става на промену при сусрету са садржајима који су у нескладу са ставом. *Отвореност* става огледа се у спремности да се он јавно изрази. Осим што постоје разлике у спремности изношења

својих ставова код различитих појединаца, постоје и разлике у спремности изношења различитих ставова истог појединца.

У истраживањима се најчешће испитују валенција и екстремност става. Димензијом валенције изражава се вредновање објекта става као најбитнија карактеристика.

2.4.3 Мерење ставова – скале ставова

Ставови су хипотетички конструкти и не могу се директно мерити, већ о њима закључујемо посредно, на основу вербалних реакција испитаника. Иако се афективна компонента става може утврдити физиолошки, праћењем реакција симпатичког нервног система, бихевиорална компонента опажањем манифестног понашања, а когнитивна компонента испитивањем знања и уверења о објекту става или испитивањем перцепције објекта става, у већини испитивања ставова користе се скале ставова у којима се о ставу испитаника закључује на основу њихових вербалних исказа. Међу бројним моделима скала као најзначајније издвајају се Терстонова скала (1928), Ликертова скала (1932) и Богардусова скала (1925) Скале за мерење ставова претежно захватају афективну или когнитивну компоненту, а врло ретко бихевиоралну компоненту.

Повећане потребе и усавршене технике истраживања омогућиле су разноврсне комбинације првобитних модела иницијалних скала као инструмента педагошког истраживања. Према Лекићу (1980), најприхватљивија и методолошки најоперативнија класификација скала је *према начину исказивања категорија* (нумеричке скале, дескриптивне скале и графичке скале) и *према начину скалирања* (опредељење за једну или више алтернатива: алтернативне скале, кумулативне скале, контролни листови; рангирање: ранг-скале, скала узорака, поређење парова и уношење одговора према захтевима датим у категоријама скала: „одреди ко“ скала).

О метријским карактеристикама мерних инструмената било је у речи у одељку 2.3.3.1 где су оне набројане и објашњене, а у наставку ће бити наведене и неке од метода њиховог утврђивања које се најчешће користе у педагошким истраживањима ове врсте.

Ваљаност (валидност) је метријска карактеристика која показује да ли се и у ком степену мерним поступком мери управо оно што сматрамо да се мери. Поступци утврђивања ваљаности групишу се у два основна типа – утврђивање теоријске и утврђивање практичне ваљаности. *Теоријска (конструктна) ваљаност* односи се на све оне релевантне податке који указују на то да ли неки тест уопштено мери неки циљани психолошки конструкт или особину и у ком степену (Petz i sar., 1992). Почетну фазу конструкције неког мерног поступка карактерише утврђивање *садржајне ваљаности*, тј. процена ваљаности на темељу систематске логичке анализе његовог садржаја и дескриптивној статистици појединих ставки због коначног одабира ставки који у целини репрезентују све садржаје и обележја карактеристична за конструкт који се жели захватити. *Емпиријска ваљаност* се одређује емпиријском анализом повезаности између резултата теста и различитих других манифестација мерене особине. Начин утврђивања теоријске (конструктне) ваљаности представља поступак факторске анализе којом се

утврђује *факторска ваљаност* теста за мерење одређеног фактора. *Факторска анализа* је скуп математичко-статистичких поступака који омогућују да се варирање резултата у већем броју манифестних варијабли, међу којима постоји повезаност, објасни мањим бројем основних варијабли – фактора или латентних варијабли (Fulgosi, 1979). Основна улога факторске анализе је да поједностави опис мереног понашања редукујући број категорија од почетне сложености свих тестовних варијабли до, на крају, неколико општих фактора или својстава. Након откривања, фактори могу бити корисни у описивању факторске композиције сваке ставке. Свака ставка тада може бити описана помоћу главних фактора који детерминишу резултат, укључујући тежину сваког фактора и повезаност ставке са сваким фактором. Таква повезаност назива се факторском ваљаности теста (Anastasi i Urbina, 1997). У пракси се користе два модела факторске анализе – факторска анализа заједничких фактора и факторска анализа компонената. Факторска анализа главних компонената је варијанта компонентне анализе, чији је циљ што мањим бројем међусобно ортогоналних главних компонената објаснити што већу количину укупне варијансе манифестних варијабли. Практична (критеријска, прогностичка) ваљаност је мера повезаности мерења неког теста с неким независним, спољним критеријумом понашања које се тестом мери или предвиђа (Petz i sar., 1992). Разликују се два приступа валидацији тог типа који се разликују према времену прикупљања критеријских података. Када се тестом-предиктором врши прогноза неког резултата у спољашњем критеријуму понашања или особине у будућности, реч је о прогностичкој ваљаности теста. О дијагностичкој ваљаности се говори кад су критеријски подаци за валидацију прикупљени истовремено с применом теста. Ова врста критеријске ваљаности односи се на ваљаност теста за утврђивање неког тренутног стања.

Поузданост се односи на тачност мерења неког предмета мерења, на доследност или константност резултата у времену, као и на независност мерења од несистематских извора погрешака. Користе се различите методе за процену поузданости које не захватају исте изворе погрешака, па говоримо о различитим врстама поузданости (Petz i sar., 1992). Поузданост поновљеног мерења (тест-ретест метода) састоји се у примени истог мерног инструмента на исту групу испитаника у две временске тачке, а добијени *коэффициент стабилности* указује на стабилност мерног поступка у времену (стабилност предмета мерења). Поузданост паралелних или еквивалентних форми може се одредити уколико се примене две форме истог теста на истој групи испитаника, па се израчуна корелација међу њима. Паралелност тих форми изражава се *коэффициентом еквивалентности*. У основи поузданости компарабилних делова је схватање теста као композита два или више међусобно упоредивих подтестова. Тест се једнократно примени као целина па се накнадно се подели на компарабилне делове (нпр. на парне и непарне ставке), а коэффициент корелације између резултата две половине теста представља *коэффициент хомогености*. Поузданост унутрашње конзистенције је крајњи случај фракционисања теста у методи компарабилних делова. Тест се дели на мање компарабилне делове, а крајња варијанта оваквог дељења је подела на саме ставке у тесту. На основу просечне

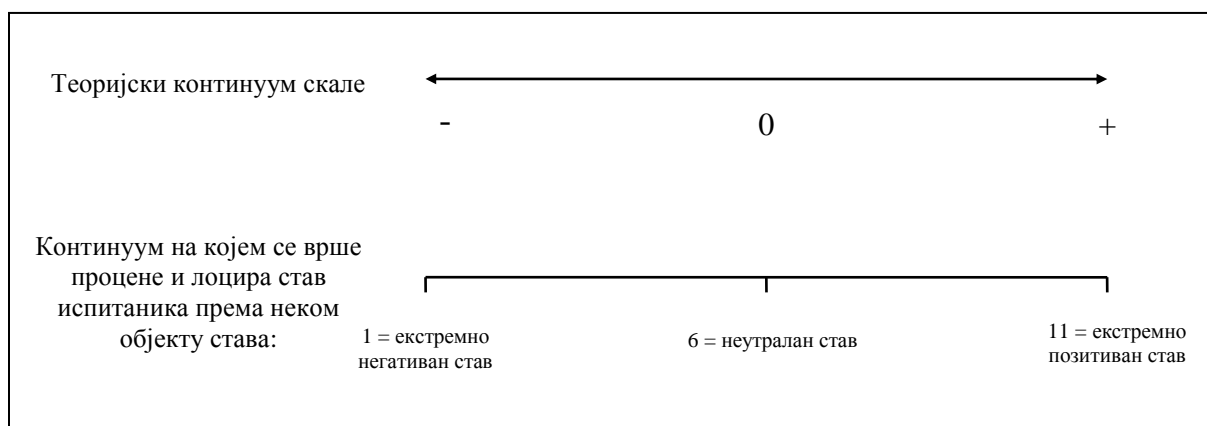
интеркорелације међу ставкама закључујемо о поузданости целог теста (Krković, 1978). Показатељ унутрашње хомогености, тј. унутрашње конзистенције ставки у тесту назива се *Кронбах алфа* (*Cronbach alpha*) коефицијент унутрашње конзистенције. Он указује на степен у којем ставке теста мере исту ствар (Fajgelj, 2003). Предност ове методе је у томе што омогућује ајтем-анализу ставки у тесту којом се утврђује дискриминативна ваљаност појединих ставки.

Објективност је степен независности резултата психолошког мерења од испитивача. Данашњи психолошки тестови већином су потпуно објективни, будући је једнозначност одговора на задатке одређена већ приликом конструкције теста, па не постоји потреба за посебним утврђивањем објективности (Petz i sar., 1992).

Осетљивост (дискриминативност) мерног поступка представља могућност доброг диференцирања испитаника у заступљености мерене особине. Осетљивији је онај мерни инструмент који може боље измерити и мале разлике у величини оног што се мери код испитаника. Ова метријска карактеристика се манифестује у величини распршења резултата – што је распршење веће, то је и дискриминативност мерног поступка већа. Осетљивост зависи од дужине мерног поступка и његове примерености испитиваној популацији (Petz i sar., 1992).

2.4.3.1 Терстонова диференцијална скала

Терстон (Thurstone) је развио скалу ставова покушавајући да принципе Фехнерове класичне психофизике примени на мерење ставова. Аутор сматра да се у ставу према неком објекту става могу издвојити судови који чине једва приметне разлике на интервалном биполарном континууму (Слика 2.3).



Слика 2.3 Континуум скале за мерење ставова према Терстону

Терстон је развио *методу привидно једнаких интервала*², путем које се скала за мерење става конструише следећим корацима:

- (1) јасно дефинисати објекат става;
- (2) прикупити велики број тврдњи: преко 100, које се односе на објекат става, из медија, литературе, у дискусији са другима. При формулисању тврдњи пожељно је да се поштују следеће препоруке:
 - тврдње треба да буду у презенту и у њима се не сме спомињати објекат става,
 - тврдње треба да буду кратке, једноставне и једнозначне односно не смеју у себи да садрже два суда,
 - тврдње могу бити и персоналне, односно у првом лицу једнине,
 - тврдње не смеју да садрже стручне, шатровачке и жаргонске изразе који су неразумљиви већини људи;
- (3) исписати тврдње на папир у форми упитника и дати тврдње на процену групи арбитра, чији се број може кретати од 20 до 100. Задатак арбитра је да путем целобројних вредности процене степен склоности према објекту става који представља степен изражен у појединој тврдњи на континууму става од 1 = екстремно негативан став до 11 = екстремно позитиван став, без обзира на свој лични став, чиме се добија таблица процена. Након добијања одговора арбитра треба одредити тотални распон процена и елиминисати аберантне процене испитаника, а то су оне које за две јединице одступају од тоталног распона;
- (4) груписати резултате у таблицу фреквенција и израчунати из тих груписаних резултата за сваку тврдњу два статистичка показатеља: централну вредност (медијан) и интерквartilно распршење ($Q_3 - Q_1$), на две децимале;
- (5) прва селекција тврдњи с обзиром на њихову (не)одређеност: елиминисати оне тврдње које имају превелико интерквartilно распршење, блиско 1, или веће од неке критеријумске вредности мање од 1 при чему нижа горња гранична вредност представља строжији „критеријум квалитета“ тврдње. Та елиминација се спроводи са намером да се из даљег поступка избаце оне тврдње за које не постоји довољна сагласност међу арбитрама у положају тврдње на континууму става;
- (6) придружити редним бројевима преосталих тврдњи припадајућу скалну вредност изражену централном вредношћу и поређати их по величини централних вредности од 1 до 11 у 10 разреда (1,00-1,99; 2,00-2,99...). Уз редни број сваке тврдње дописује се износ централне вредности и износ интерквartilног распршења тврдње;

² Предложена метода зове се метода привидно једнаких интервала јер арбитраи процењују интензитет става целобројним вредностима као да се судови могу поређати на континууму тако да је размак међу њима управо целобројна вредност, а не нека мања или већа нецелобројна-децимална вредност.

- (7) друга селекција тврдњи с обзиром на утврђивање коначног континуума тврдњи: изабрати 15 до 25 тврдњи које су равномерно распоређене на скали тако да је размак између централних односно скалних вредности суседних тврдњи подједнак. Размаци између централних вредности суседних тврдњи упоређују се са најпожељнијим подједнаким размаком који износи $11/n$, при чему је n = број изабраних тврдњи које улазе у коначну верзију скале. Препоручује се да се издвајање тврдњи започне од разреда који има најмање тврдњи. Скалне вредности поједине тврдње репрезентују степен склоности према објекту става који представља степен изражен у тој тврдњи;
- (8) случајним редоследом на папир исписати тврдње којима се изражава став према неком објекту става различитим степенима склоности. Приликом примене скале задатак испитаника је да заокружи оне тврдње са којима се слаже. Интензитет његовог става изражава аритметичка средина скалних односно централних вредности тврдњи са којима се сложио.

Недостаци Терстонове скале су:

- Дуготрајна и тешка конструкција која ангажује велики број људи и захтева много времена, па је стога неекономична.
- Скала неадекватно апроксимира интервалну скалу суђења, у којој подеоци треба да буду еквидистантни.
- Теоријски је необразложен *a priori* одређен начин процењивања интензитета става путем целобројних вредности које се крећу од 1 = екстремно негативан став до 11 = екстремно позитиван став. Те вредности се могу априорно задати да се крећу примера ради од 1 до 7 или од 1 до 15.
- Начин добијања резултата на скали је неадекватан – независно о броју заокружених тврдњи може се добити исти резултат на скали.
- Приликом процењивања тврдњи став арбитра према објекту става утиче на скалне вредности тврдњи.

2.4.3.2 Ликертова сумативна скала

Ликерт (Likert) је предложио једноставну скалу, као алтернативу Терстоновој скали, којом се заобилази захтевно, дуготрајно и дискутабилно ангажовање независних арбитра за одређивање скалних вредности појединих тврдњи. Сматрао је да се скала за мерење ставова може конструисати само са две врсте тврдњи: са тврдњама које изражавају јасно позитиван став према неком објекту става и са тврдњама које изражавају јасно негативан став према неком објекту става.

Како би надокнадио могући губитак информација услед једноставније конструкције, Ликерт је увео степеновано изражавање слагања или неслагања са сваком тврдњом, што Терстонова скала не користи, с обзиром да је приликом њене примене задатак испитаника да заокружи само оне тврдње са којима се слаже односно да слагање изрази да / не одлуком.

Ликертова скала се састоји из 15 до 20 тврдњи које изражавају позитиван или негативан став према неком објекту става. Уз сваку тврдњу постоји скала којом се изражава степен слагања са том тврдњом, према Табели 2.8. Након што уз сваку поједину тврдњу испитаник назначи степен слагања, његови одговори се оцењују од 5 до 1 за позитивне тврдње и од 1 до 5 за негативне тврдње, како приказује Табела 2.8.

Табела 2.8 Начин оцењивања Ликертове скале с обзиром на врсту тврдње, за два смера оцењивања.

Врста тврдње	Степен слагања				
	потпуно се слаем	слажем се	неодлучан сам	не слажем се	уопште се не слажем
Бројне вредности које се придружују појединим одговорима					
позитивна	5	4	3	2	1
негативна	1	2	3	4	5

Укупни резултат испитаника који одражава интензитет става једнак је суми бодова које је испитаник „постигао“ на свакој тврдњи. Будући да је став испитаника изражен збиром свих испитаникових одговора, Ликертова скала се још назива „скала сумираних процена“ или једноставније „сумативна скала“.

Ликертова скала се конструише следећим корацима:

- (1) јасно дефинисати објекат става;
- (2) прикупити већи број (30 до 50) јасно позитивних и јасно негативних тврдњи које се односе на објекат става;
- (3) исписати случајним редоследом тврдње на папир и уз сваку тврдњу навести степене слагања од 1 до 5 или од 1 до 4, када не желимо неодлучно опредељивање испитаника или евентуално од 1 до 7, када желимо финије степеновање сагласности са тврдњом, чиме се добија тзв. сива верзија скале;
- (4) применити сирову верзију скале на групу од барем 100 испитаника који могу бити репрезентативни нормативни узорак или читава популација, који за сваку тврдњу треба да означе степен слагања, према Табели 2.8;
- (5) оценити добијене одговоре испитаника и за сваког од њих сумирањем бодова на свим тврдњама добити укупни резултат, а затим рангирати укупне резултате испитаника од највиших до најнижих;
- (6) спровести анализу дискриминативности поједине тврдње односно за сваку израчунати индекс моћи дискриминације DPI (енгл. *discriminative power index*). Спроведе се анализа тврдњи екстремних односно крајњих група испитаника, горњих 25%, који су изнад Q_3 и доњих 25%, који су испод. Под претпоставком да су дискриминативније оне тврдње које добро разликују испитанике са најпозитивнијим од испитаника са најнегативнијим ставом, дискриминативност тврдње је утолико већа што је већи DPI.

Осим анализе дискриминативности појединих тврдњи, чиме се испитује дијагностичка ваљаност тврдње, за избор тврдњи за коначну верзију скале се може употребити и сложенији поступак који укључује: (1) израчунавање корелације између ранжираних укупних резултата и резултата добијених на појединој тврдњи и (2) израчунавање међусобне корелације резултата добијених на појединим тврдњама, чиме се испитује унутрашња конзистенција тврдње. За то се користе резултати свих испитаника тј. претходно наведени резултати допуњени степенима слагања за 2/4 средње ранжираних укупних резултата. У том случају је критеријум избора следећи: за коначну верзију скале одабирају се оне тврдње код којих је корелација између ранжираних укупних резултата и резултата добијених на тој тврдњи највећа, а истовремено корелација са осталим тврдњама најмања;

- (7) за коначну верзију скале изабрати жељени број тврдњи, обично 10 до 20, које имају највећу дискриминативну ваљаност или које у највећој мери корелирају са ранжираним укупним резултатима и истовремено минимално корелирају са другим тврдњама;
- (8) применити скалу на друге узорке или ако је скала примењена на популацији из изабраних тврдњи израчунати сумирањем бодова израженост става код појединих испитаника.

Ликертова скала има следеће предности:

- Једноставно се и брзо конструише, у односу на Терстонову скалу, чиме је економичнија.
- Има већи распон могућих одговора на поједину тврдњу у односу на Терстонову скалу: 5 према 2 (да / не), па се добија прецизнија слика о ставу испитаника.
- Ликертова скала има већу поузданост од Терстонове скале са истим бројем тврдњи: Ликертова скала од 20-25 тврдњи има поузданост већу од 0.90, док Терстонова скала треба да има два пута више тврдњи да би имала исту поузданост.
- Еластична је у погледу броја тврдњи за коначну верзију скале: може садржати и до 100 тврдњи, ако оне имају довољно високу дискриминативну ваљаност.
- Омогућује употребу и оних тврдњи које нису манифестно повезане са објектом става, а које су се показале високо дискриминативним или са високом унутрашњом конзистенцијом.

Недостаци Ликертове скале су следећи:

- Иако се елиминацијом дела полазних тврдњи издвајањем недискриминативних тврдњи повећава интерна конзистенција скале, мења се њен предмет мерења, будући да објект става постаје ужи – специфичнији.
- Скала је ординалног типа и омогућује да се испитаници рангирају по изражености става.
- Исти резултат се може добити за различите комбинације одговора на поједине тврдње.
- Скала је дискриминативна за ону групу испитаника за коју је конструисана.

2.4.3.3 Богардусова кумулативна скала

Богардусова (Bogardus) скала је позната под именом „скала социјалне дистанце“ јер се њоме у оригиналној ауторовој верзији испитује социјална дистанца која се дефинише као „степен блискости у социјалним односима који нека особа прихвата у односу према припадницима других социјалних група“ (Petz, 1992). Социјална дистанца је континуум који иде од интимних и топлих односа, преко равнодушних до непријатељских. Објекти става који се испитују скалом социјалне дистанце су најчешће мањинске групе: националне, етничке, расне, религиозне и друге, па се може рећи да се њоме испитују предрасуде према мањинским групама.

Примена Богардусове скале је врло једноставна. Испитанику се да упутство да у табели означи који степен блискости у социјалним односима прихвата у односу према припадницима задате социјалне групе, при чему степене блискости изражавају тврдње: (1) прихватам да буде мој брачни партнер; (2) прихватам да буде мој лични пријатељ у клубу; (3) прихватам да буде сусед у мојој улици; (4) прихватам да буде сарадник у мојој канцеларији; (5) прихватам да буде грађанин моје земље; (6) прихватам да буде само посетилац моје земље и (7) прихватам да треба да буде изопштен из моје земље. Притом је мања социјална дистанца изражена мањим бројем, као да се ради о физичкој дистанци.

Конструкција скале спроводи се у два корака:

- (1) обликовање судова односно тврдњи који представљају поједине степене дистанце / блискости након чега се саставља таблица која у левој маргиналној колони има попис објеката става, нпр. попис етничких група, а у заглављу попис судова који представљају поједине степене дистанце. Уколико се спроводи скалограмска анализа пожељно је да у почетној верзији скале буде 10-12 судова;
- (2) скалограмска анализа судова, како је предложио Гутман, којом се утврђује релативно мали скуп кумулативних судова који ће верно репродуковати континуум неког става и који ће чинити једнодимензионалну скалу. Гутманов критеријум кумулативности и једнодимензионалности претпоставља да су судови тако одабрани да када испитаник означи да прихвата по рангу већи суд, значи да прихвата и све судове по рангу ниже у хијерархији. То значи:
 - да је довољно да испитаник означи своје слагање са једним јединим – вишим судом, па да на основу тог одговора можемо закључити са којим би се нижим судовима тај испитаник такође сложио,
 - да је могуће из укупног резултата испитаника на скали утврдити са којим се судовима испитаник сложио, а са којим није и тиме репродуковати појединачне одговоре испитаника и
 - да ће испитаник који се сложи са судом вишег ранга имати виши укупни резултат на скали од испитаника који се са истим судом не сложи.

За судове који омогућују доношење наведених закључака кажемо да имају кумулативна својства што значи да суд вишег ранга логички у себи садржи и све судове нижег ранга.

Богардусова скала представљала је предлог како кумулативна скала треба да изгледа да задовољи критеријум једнодимензионалности и премда на њој у време када је настала није спроведена скалограмска анализа, она се због својих метријских особина ипак назива *кумулативна скала*.

Недостаци Богардусове скале су следећи:

- Скала је ординална: судови 6 и 7 (6: прихватам да буде само посетилац моје земље и 7: прихватам да треба да буде изопштен из моје земље) су у тој мери изражени да не могу да припадају једном континууму еквидистантних судова.
- Аутор не даје начин израчунавања јединственог показатеља који би указивао на релативни положај поједине етничке групе на континууму социјалне дистанце.

(извор: <http://www.scribd.com/doc/26958436/Socijalna-Psihologija-II#scribd>)

2.5 Мултимедија

2.5.1 Појам мултимедије

Дефинисање појма *мултимедија* заокупљало је пажњу многих аутора. У литератури се јављају се различита тумачења овог појма, у зависности од перспективе проучавања. Етимологија речи мултимедија упућује на две латинске речи од којих ова сложеница води порекло – *multus* (много, више, који се јавља у више облика) и *medium* (средство, посредник) у смислу медија, односно средства комуникације и изражавања (Клајн и Шипка, 2006). Мултимедиј, као феномен савременог друштва у најужем смислу можемо посматрати као папир, ваздух, електромагнетно поље путем којих се преносе информације, док најширем смислу представља средство у процесу интеракције човека са окружењем. За мултимедије је карактеристичан мултимедијални доживљај, по појавним облицима (перцептивним видовима информација, тј. логичкој структури) и преносним путевима (физички преносним путевима) вишеструк, симултан и снажан доживљај (извор: <http://sr.wikipedia.org/sr/Мултимедија>).

Фенрих (Fenrich, 1997) мултимедију дефинише као узбудљиву комбинација хардвера и софтвера који омогућују интегрисање видеа, анимације, аудио записа, графике и текста у циљу развијања ефектних презентација на рачунару.

Према Филипсу (Philips, 1997) мултимедију карактерише присуство текста, слике, звука, анимације и видеа, неких од њих или свих заједно, организованих у један кохерентан програм.

Мултимедијални систем карактерише компјутерски контролисана интегрисана продукција, манипулација, презентација, складиштење и комуникација независних информација која је кодирана барем кроз континуиран (временски-зависан) и дискретан (временски-независан) медиј (Steinmetz & Nahrstedt, 1997).

Флин и Тетзлаф закључују: „Мултимедија је комбинација текста, анимиране графике, видеа и звука која представља информације на начин који је много занимљивији и

разумљивији него када су оне само у виду текста. Користи се за образовање на свим нивоима, обуку за посао, игрице и у индустрији забаве“ (Flynn & Tetzlaff, 1998:165).

Хофстетер (Hofstetter, 2001) мултимедију дефинише као употребу рачунара да представи и комбинује текст, графику, звук и видео, са линковима и алатима који омогућају корисницима навигацију, интеракцију, креирање и комуникацију.

Заједничко становиште које одређује појам мултимедија је да она представља интеграцију више од једног медија (текст, звук, графика, видео, анимација) у литертури познатих као *мултимедијални елементи*, који се међусобно допуњају и обогаћују у свом деловању. Суштина мултимедијалности је *интерактивност* као главно обележје медија (Слика 2.4).

Мултимедији		
		
Текст	Звук	Слика
		
Анимација	Видео	Интерактивност

Слика 2.4 Мултимедију (извор: <http://sr.wikipedia.org/sr/Мултимедија>)

Текст је основни елемент мултимедије. То је низ словних знакова који може бити приказан на екрану употребом корисничког интерфејса. Овај елемент обухвата употребу фонтова, величине, боје и позадине текста. *Графика* чини мултимедијалну апликацију атрактивнијом. Она помаже да се садржаји илуструју кроз непокретне слике као што су фотографије, илустрације, иконице или било које друге не-текстуалне елементе. *Аудио* компонента је део који садржи звучни ефекат, говор, музику или нарацију. *Видео* запис се састоји од покретних слика које се репродукују различитим брзинама и у себи углавном

садржи и аудио компоненту. *Анимација* представља низ статичних слика које се смењују одређеном брзином чиме се ствара утисак кретања.

Мултимедија обухвата апликације и документе побољшане додавањем звука, анимације или видеа, а у најширем смислу представља програмску подршку која корисницима омогућује приступ овим медијима. Уколоко је корисник само пасивни прималац, којем није омогућено да управља током мултимедијалне презентације говоримо о тзв. *линеарној мултимедији*, док се термин *нелинеарна* или *интерактивна мултимедија* користи се за случај да је корисницима омогућена контрола над апликацијом. Када текст, приказан на рачунару, садржи линкове ка другим текстовним документима тако да читалац може једноставним кликом на линк да отвори други текст који детаљније објашњава одабрану реч или појам, онда говоримо о *хипертексту*. Читалац хипертекста је у могућности да ствара сопствени пут претраживања и читања. *Хипермедија* настаје када се у хипертекст додају слике, анимација, звук, видео итд. Хипермедија као своју битну компоненту укључује интерактивност и од корисника захтева активност – хипермедијске теме су повезане тако да корисник у потрази за информацијом прелази с предмета на други повезани предмет. При томе се под појмом интерактивности подразумева било каква врста дијалога корисника и апликације. Интерактивност омогућава кориснику бирање, одлучивање, али и повратни утицај на програм у реалном времену захваљујући постојању више навигацијских путања у хипермедијском програму. Хипермедија свој нагли процват дугује развоју рачунарских мрежа, а посебно место у овом развоју заузима појава World Wide Web-а (WWW) као сервиса Интернета. Интернет је настао као хипертекстуални систем, а додавањем мултимедијских елемената Интернет постаје глобални хипермедијски систем.

Софтверска средства, поруке и садржај приказан на рачунарском, или ТВ екрану, заједно чине мултимедијални пројекат који може бити и у виду странице или сајта на World Wide Web-у. У изради мултимедијалног пројекта учествује тим стручњака. Менаџер пројекта дефинише обим и циљеве пројекта у складу са захтевима клијената и обезбеђује финансијска средства и опрему. Експерт из струке истражује и одабира одговарајуће садржаје. Методичар одлучује о начину презентовања информација, у складу са најбољом образовном стратегијом. Графички дизајнер израђује графичке елементе програма (позадине, фото колажи, 3D објекти, логотипови, анимације...), водећи рачуна о уметничком аспекту пројекта. Аудио-видео техничар уређује аудио и видео снимке и одговоран је за њихов квалитет. Финални део пројекта, за који је задужен програмер, обухвата обједињавање мултимедијалних елемената у рачунарски програм.

2.5.2 Мултимедија у савременом образовању

Многа научна истраживања указују на чињеницу да вид перцепције значајно утиче на ниво усвојеног знања и вештина, односно да се коришћењем више чула може повећати ефикасност учења. Једна од теорија која се базира на истраживањима ове врсте је Дејлова теорија (Dale, 1954, 1969) настала средином прошлог века која се може илустровати тзв.

пирамидом учења (Слика 2.5). На слици се види како поједине активности генерално утичу на памћење оног што се учи, те самим тим на ефикасност учења.



Слика 2.5 Пирамида учења (према Dale, 1969)

Пирамида учења указује да се коришћењем једног вида перцепције постиже знатно нижи ниво усвајања знања у односу на случајеве трансфера знања који захтевају активирање разних видова перцепције, односно њихову истовремену примену и комбиновање. Активностима са врха пирамиде – искључиво читањем или слушањем, односно облицима трансфера знања који су уједно и најзаступљенији у извођењу традиционалне наставе остварују се најнижи резултати.

Интензивним развојем информационо-комуникационих технологија стекли су се услови да се активности учења које се налазе при дну пирамиде реализују у процесу наставе. Применом мултимедија мотивишемо ученике у учењу различитим опажајним каналима и на тај начин, са становишта реализације наставе, мултимедији постају један од потенцијално најефикаснијих модела трансфера знања. Мултисензорном (мултиперцептивном) наставом развијају се облици активног учења којима ученици самостално долазе до нових сазнања. У том смислу позиција ученика у наставном процесу се мења од објекатске, карактеристичне за традиционалну наставу, ка субјекатској карактеристичној за савремену, интерактивну наставу.

Најар (Najjar, 1996) на основу великог броја емиријских истраживања закључује да мултимедијалне презентације помажу људима да усвоје више информација за краће време у односу на класична предавања у учионицама и истиче да ово нарочито долази до изражаја када су презентације интерактивног карактера и када темпо усвајања информација диктира ученик. Осим тога, медији треба јасно да подржавају један другог, а

највећи ефекат постиже се код ученика са малим предзнањем или способностима из дате области.

Станковић (2003) анализирајући проблеме данашње наставе истиче да она у највећем броју случајева представља прилагођавање нивоа излагања и усвајања знања потребама „просечног“ ученика. Таква настава онемогућује ученику да напредује индивидуалним темпом сходно својим могућностима. Наставни садржаји који се интерпретирају уз употребу рачунара (образовних апликативних софтвера, хипертекста, хипермедије...), осавременују наставу и подижу је на виши ниво у односу на традиционалну.

Липовац тврди да постоји сигнификантна разлика између мултимедијалне и традиционалне наставе у погледу усвојености знања у корист мултимедијалне наставе и закључује: „Мултимедијалност је битно обележје савремене организације учења у школи и изван ње. Уштеда времена, већа заинтересованост, већа активност ученика и лакше памћење при раду говори нам да ће мултимедијалност у скорој будућности представљати нашу свакодневницу“ (Липовац, 2003: 211).

Савремена наставна технологија не негира традиционалне приступе настави већ се темељи на њима и проширује број и значај дидактичких елемената наставе сагледавајући их у новим односима. Сама по себи, примена нових технологија у настави не значи квалитативну измену наставног процеса. Реализација наставног часа зависи од дидактичко-методичких решења за које се наставник опредељује када користи образовну технологију (Semple, 2000). Наставници имају водећу улогу у осмишљавању мултимедијалних наставних стратегија. Они треба да омогуће услове за развој свих ученичких актуелних и потенцијалних способности те треба да буду осетљиви на потребе ученика.

Учење у учионици обезбеђује контакт ученика и наставника, па се стога назива контактном (енгл. face to face) учење. За разлику од контактне, учење на даљину (енгл. e-learning) може да се одвија искључиво преко мреже (енгл. on-line learning), или путем мобилних уређаја као што су мобилни телефони, преносни и џепни рачунари (енгл. m-learning).

Када посматрамо процес учења на даљину мултимедија постаје незаобилазни фактор, јер у том случају предавач није физички присутан уз ученике како би привукао њихову пажњу, мотивисао их на учење те појаснио садржаје које ученици теже или недовољно разумеју. Већ само претраживање World Wide Weба-а представља својеврсно учење, но негативни ефекти који се при томе могу испољити су да се ученици при претраживању могу изгубити у виртуелном простору такозваном „web-space-u“. У том смислу важно је, не само да ученици науче како да нађу и прикупе информације коришћењем алата за претраживање или тематских каталога, него и да знају да их употребе када их пронађу, односно да их трансформишу у знање.

У савременој наставној пракси сусрећемо комбинацију класичних предавања (лицем у лице) и учења подржаног информационо-комуникационим технологијама које се базира на примени Интернета и мултимедије, са циљем да се обликује што делотворније и

обогаћеније окружење за учење. Овакав облик учења познат је као флексибилно или хибридно учење (енгл. hybrid learning, blended learning). Суштина хибридног учења је у повећаној осетљивости за потребе ученика и у већем увиду у предности и недостатке различитих медија и комуникацијских технологија које се могу користити у процесу подучавања и учења одређене тематске целине или лекције. Хибридно учење представља комбинацију најбољих поступака из традиционалног и on-line образовања (Слика 2.6).



Слика 2.6 Подскупови хибридног учења

Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) је посебано погодан програмски пакет применљив у школској пракси. Мудл је интернет платформа намењена првенствено образовању на даљину, односно отворен и свима доступан систем асинхроне наставе уз помоћ информационо-комуникационе технологије. Инсталирањем Мудл платформе на школски сервер наставници су у могућности да постављају мултимедијалне материјале, као и различите врсте on-line тестова за проверу знања, при чему ни наставницима, ни ученицима као крајњим корисницима нису потребна напредна знања, већ само основно познавање рада са рачунаром и Интернетом.

Савремена технологија омогућила је и реализацију тзв. *видео конференција* које све већу улогу добијају и на пољу образовања. Применом телекомуникацијских мрежа и видео технологије ученицима је омогућено да прате излагања, постављају питања, одговарају на питања и међусобно комуницирају. На екрану се види активни учесник конференције, а камере могу бити постављене у све учионице, тако да комуникација може да се изводи у реалном времену. Ова технологија је посебно погодна за сродне школе и факултете у којима студенти могу да размењују информације, а наставници да уједначе садржаје и тимски раде на планирању и реализацији наставе.

За реализацију мултимедијалне наставе наставници су у могућности да користе готове мултимедијалне материјале доступне на Интернету (анимације, симулације, видео записи...), наменски прављене образовне софтвере, али и да сами креирају мултимедијалне материјале за наставу употребом одговарајућих програма.

Microsoft Power Point је програм који наставници највише користе у школској пракси за израду мултимедијалних презентација, пре свега због своје једноставности за употребу. У најједноставнијем облику презентације садрже текст и статичне слике. Презентације су углавном праћене предавањем (говором) наставника, који уједно управља и током презентације (вођена, енгл. *speaker-led* презентација). Могућност уметања аудио и видео фајлова, *flash* анимација и *web* страна презентацију може учинити знатно динамичнијом и занимљивијом. Прављењем веза до других слајдова и подешавањем трајања слајда, слајдови се могу трансформисати у мултимедијалну презентацију која се сама репродукује (самостална, енгл. *self-running* презентација). Презентације које подразумевају активно учешће корисника и употребљавају се најчешће као самодукативно средство називају се корисничке интерактивне (енгл. *user-interactive*) презентације. *Prezi* је савременија варијанта програма за израду мултимедијалних презентација која нуди веће могућности у односу на *Power Point* када су у питању визуелни ефекти, па је самим очекивано да ће у скорој будућности преузети примат и у наставној пракси.

Једноставни програми који наставници могу сами да користе за израду мултимедијалних материјала су *Windows movie maker* за прављење видео материјала (филмова) и *GIF animator* за израду анимација. Осим тога наставници могу сами да обрађују поједине мултимедијалне елементе – слику или звук применом одговарајућих програма (*Adobe Photoshop, Audacity...*) које потом могу да употребе за израду мултимедијалних презентација. Опције које захтевају виши ниво информатичке писмености су *Java* – омогућује писање малих програма тзв. *јава* аплета који се могу уградити у *Web* странице, као и независних програма тзв. *јава* апликација и *Macromedia Flash* за израду анимација, који омогућују интеракцију са корисницима.

Мултимедијалне образовне софтвере са једне стране могу да користе едукатори (наставници, предавачи) ради ефикасније припреме и извођења наставе, а са друге стране ученици у циљу лакшег савлађивања градива. Важна карактеристика софтвера је интерактивност; захтевају рад корисника до испуњења одређеног циља, с тим да корисник не мора да пролази све лекције редом, већ може да бира и оствари свој поредак у кретању према циљу. Добри образовни софтвери раде на принципима програмиране наставе тј. имају интелигентна решења праћења напредовања ученика јер га враћају на елементе градива који нису добро савладани. Примера ради, после урађеног теста ученик се на основу резултата и броја остварених поена враћа на области из којих су та питања тј. на додатно учење.

Коришћењем мултимедијалних софтвера могуће је припремити и реализовати наставу у складу са индивидуалним способностима и предзнањима ученика. Настава постаје очигледнија, динамичнија, повећава се унутрашња и спољашња мотивација ученика, а

знања ученика постају трајнија. Могућност добијања повратне информације у реалном времену и континуирано вредновање знања ученика омогућава комплекснију евалуацију свих активности ученика укључујући и чињенична знања, разумевање, способност анализе и синтезе знања, примене знања и др. (Mandić *et al.*, 2010).

Поред рачунара са интернет конекцијом и дигиталног пројектора, за реализацију мултимедијалне наставе у употреби су и *електронске интерактивне табле* које уносе нову димензију у наставни процес. Ове табле осетљиве су на додир, омогућају употребу дигиталног мастила, премештање и брисање садржаја, али пружају и низ других могућности као што је приказ видео-записа различитих формата и фотографија у великој резолуцији. Осим тога, електронске интерактивне табле погодне су и за примену мултимедијалних едукативних софтвера у настави. Различите софтверске апликације омогућају уређивање докумената на лицу места и тренутно снимање активности која је у току, прављење слајд шоуа или видео записа који касније може да се репродукује, прелистава или да се извлаче поједине секвенце. Употреба мултимедијалне интерактивне табле ствара јак визуелни ефекат, а наставни процес чини атрактивнијим, садржајнијим и динамичнијим. Књиге као што је „The Interactive whiteboard revolution“ (Becker & Lee, 2009) говоре о дубини и ширини промена које ово наставно средство уноси у школску праксу. Према Марцану (Marzano, 2009) резултати истраживања показују да у општем случају употреба електронских интерактивних табли доводи до повећања постигнућа ученика од 16% у односу на наставу која се одвија уз употребу класичних школских табли.

Са применом мултимедије у образовању јавио се и низ питања на које традиционална дидактика не може да да задовољавајуће одговоре. Трансформација образовне технологије у којој мултимедија данас има кључну улогу као логичну последицу има конституисање и развој нове научне дисциплине – *мултимедијске дидактике*. Питања којима се бави мултимедијска дидактика крећу се од избора и дизајнирања садржаја учења до вредновања ефикасности мултимедијских пројеката. Сматра се ипак да су главна питања развијање стратегија учења и подучавања, дидактички и медијски дизајн мултимедија, те питања природе комуницирања у образовању на даљину које подржава Интернет. То подразумева једно сасвим ново гледање на учење и подучавање које се јавља као последица новог медијског окружења у основи којег су мултимедија и Интернет (Matasić i Dumić, 2012).

Један од циљева савременог образовања је и оспособљавање ученика да кроз критичко размишљање стекну интелектуалне способности и вештине за неко занимање изграђујући при томе своје ставове и развијајући се као особе. Наставници су сагласни да су ученици мотивисанији и пажљивији кад се у настави примењују мултимедији. Повећана пажња ученика у наставном процесу је један од чинилаца који утиче на формирање ставова, а управо изграђивањем ставова се ученици припремају за живот у савременом друштву.

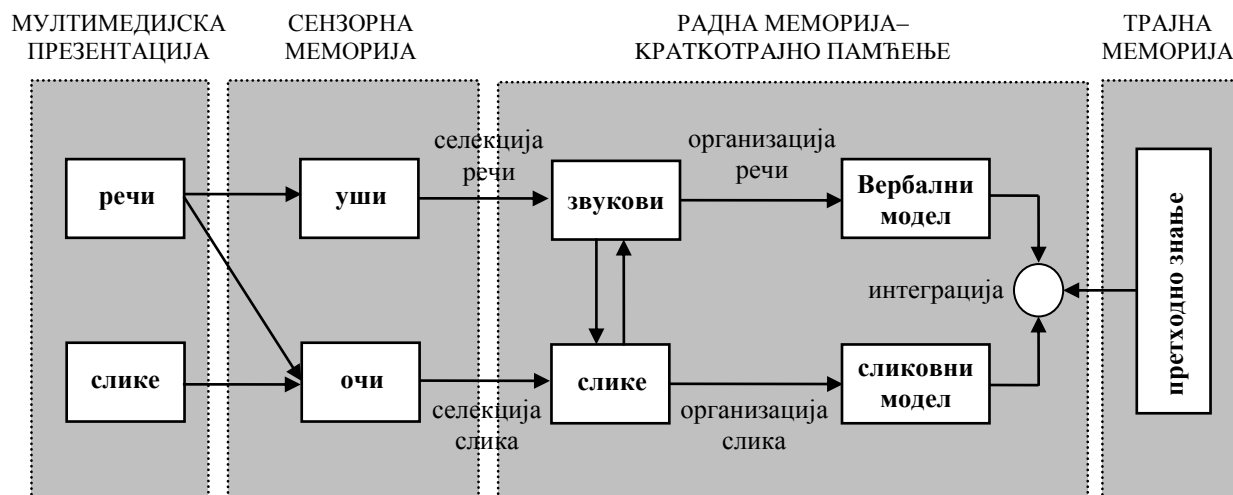
2.5.3 Теоријско полазиште употребе мултимедије у настави

Дебату у свету науке о утицају медија на учење отворила су два призната аутора из ове области више од две деценије уназад. Кларк (Clark, 1994) сматра да сами медији немају утицаја на учење ни под којим условима, те да су боља постигнућа ученика резултат бољих стратегија учења које су „уграђене“ у мултимедијални наставни материјал. Козма (Kozma, 1991) напротив тврди да су медији ученицима драгоцени, а неким чак и неопходни у процесу учења, па самим тим морају бити примењени у складу са основним педагошким, методичким и естетским принципима. Мекитен (McKethan), Еверхарт (Everhart) и Сандерс (Sanders) заузимају неутралан став и тврде да мултимедија, као средство учења, није ни бољи ни лошији алат у односу на традиционална предавања, ако је као циљ постављено меморисање информација и проста репродукција знања (McKethan *et al.*, 2001 према: Адамов и сар., 2009). У складу с тим је мишљење да се морају поставити другачији захтеви учења, нарочито они који инсистирају на примени знања и стечених вештина. Генерално, већина научника су сагласни да сами мултимедијални садржаји нису ти који ученике мотивишу да уче, већ ту заслугу има одговарајућа интеракција ученика са моделима и симулацијама.

2.5.3.1 Когнитивна теорија мултимедијалног учења

Когнитивна истраживања показују да је количина нове материје која се презентује на уобичајеном часу далеко већа од оног што просечна особа може да обради или научи. Људски мозак функционише на начин аналоган персоналном компјутеру са веома ограниченом оперативном меморијом. Што се више информација даје мозгу да обради у исто време – *когнитивно оптерећење* – то мозак мање ефикасно може било шта да обради (Mayer, 2001). Свако додатно когнитивно оптерећење, без обзира у ком облику, ограничиће способност људи да ментално обраде и усвоје нове идеје. Иако је овај принцип један од најутемељенијих, уједно је и један од најчешће нарушаваних принципа у образовању (Wieman & Perkins, 2005). Мајер (Mayer, 2001) је интегришући теорије дуалног кодирања, когнитивног оптерећења и конструктивизма развио *когнитивну теорију мултимедијалног учења* (CTML – Cognitive Theory of Multimedia Learning). Ова теорија се заснива на претпоставкама да постоје два одвојена канала (аудитивни и визуелни) за обраду информација чији капацитет је ограничен, те да је учење активан процес филтрирања, селектовања, организовања и интегрисања информација. Шематски приказ когнитивног модела мултимедијалног учења дат је на Слици 2.7.

Мултимедијско учење одиграва се у учениковом систему за обраду информација. Из мултимедијске презентације ученик мора да филтрира и селекује релевантне речи и слике; да организује ове речи и слике одвојено, у два кохерентна ментална модела (вербални и сликовни); да формира релације између ових модела и да их интегрише са претходним знањем.



Слика 2.7 Когнитивни модел мултимедијалног учења

Наведени низ задатака је поједностављење цикличних, итеративних менталних процеса које су предложили Озборн и Витрок (Osborne & Wittrock, 1983) у свом генеративном моделу учења. Кључни аспект овог модела је да дугорочна меморија игра централну улогу када су у питању перцепција и пажња. Процеси у радној меморији формирају унутрашњу петљу која је у релацији са чулним искуством и дугорочном меморијом како би се постигло смислено учење. Овај модел је један од најсложенијих и најјаснијих конструктивистичких модела учења.

С обзиром да је мултимедијско учење сложен поступак који захтева пет координираних процеса, мултимедијске поруке би требало да буду обликоване тако да олакшају процес мултимедијског учења. У том смислу, Мајер издваја најважније принципе којима се треба руководити у креирању и примени мултимедијалних садржаја у настави:

Принцип мултимедије – ученици уче боље уз слике и речи, него само уз речи;

Принцип просторне близине – ученици уче боље када су одговарајуће речи и слике распоређене ближе једне другима, него када су удаљене;

Принцип временске близине – ученици уче боље када се одговарајуће речи и слике презентују истовремено, него сукцесивно;

Принцип кохерентности – ученици уче боље када су сувишне (ирелевантне) речи и слике искључене, него када су присутне;

Принцип модалитета – ученици уче боље када су речи презентују нарцијом (говором), него текстом на екрану;

Принцип редунданције – ученици уче боље уз слике и говор, него уз слике и говор дуплиран у виду текста на екрану;

Принцип индивидуалних разлика – мултимедијални дизајн има већи утицај на ученике са мањим предзнањем, него на оне са већим, као и на оне који су добро просторно оријентисани у односу на оне који то нису.

Резимирајући напред наведене принципе Мајер закључује да ученици боље уче у мултимедијалном окружењу и да ће више информација бити задржано у аудитивној и визуелној меморији, него само у једној. Мајер сматра да ученици боље разумеју објашњења када се вербални и визуелни материјал презентује истовремено, као и када су вербалне информације дате у облику говора, а не у облику текста. Осим тога, при дизајнирању мултимедијалних материјала мора се водити рачуна о индивидуалним разликама између ученика, пре свега о нивоу предзнања и визуелним способностима ученика.

2.5.4 Мултимедија у настави физике

Интернет, као највећи извор, нуди преко 5000 мултимедијалних материјала за учење физике. Најраспрострањенији су видео материјали у форми компјутерски генерисаних симулација и анимација, као и интерактивни истраживачки експерименти (ISE – interactive screen experiments) (Altherr *et al.*, 2004). Ови експерименти омогућују да ученик не буде само пасивни посматрач, већ у интеракцији са рачунаром постаје активни учесник и истраживач (Kirstein & Nordmeier, 2007). Последње су се развиле даљински контролисане лабораторије (RCL – Remote Controlled Laboratories) које су се појавиле касних '90-их, да би пуну пажњу привукле тек у новом миленијуму. Даљински контролисане лабораторије су реални експерименти из физике које корисник може да контролише са персоналног рачунара путем Интернета. Важна карактеристика RCL је интерактивност, могућност сагледавања експеримента са различитих страна захваљујући web камерама и најбржи могући трансфер података које мери корисник. Са дидактичког аспекта RCL отварају нове могућности када је у питању извођење експеримената, али и домаћи рад, вежбање и пројектни рад (Gröber *et al.*, 2007).

Са појавом великог броја мултимедијалних образовних материјала на Интернету наметнуло се и питање његове поузданости и квалитета који варира у широким границама. Једна од радних група EUPEN-а (European Physics Education Network) развила је листу критеријума за оцену ових материјала са три аспекта: аспекта научног садржаја, дидактичко-методичког аспекта и техничког аспекта (Altherr *et al.*, 2004). PhET (Physics Education Technology) пројекат Универзитета Колорадо нуди велики број идеја и активности које су дизајнирали наставници физике широм света да би биле коришћене заједно са PhET интерактивним симулацијама физичких феномена (Perkins *et al.*, 2006). Да би се обезбедила образовна ефикасност и употребљивост, све симулације пролазе кроз процес интензивних тестирања. То подразумева интервјуе са ученицима, стварно коришћење симулација са различитим подешавањима и захтевима, предавања, радионице, групни рад, домаће задатке и лабораторијске вежбе. PhET рејтинг систем показује који ниво тестирања је завршен за сваку од симулација.

Симулације које се користе у настави физике су компјутерски програми који имају имплицитни модел понашања физичког система, што омогућује ученицима да визуализују и истражују графичку презентацију (Concari *et al.*, 2006). Ученици могу да интерагују са

системом мењањем параметара до жељених вредности и да посматрају ефекте тих промена. Иако се симулације могу посматрати као најбрже и најбоље средство, оне не могу да замене реална лабораторијска искуства, али се могу користити упоредо са њима са намером да се поспешу разумевање одређених концепата. Правилно дизајниране симулације употребљене у одговарајућем контексту могу бити ефикасније образовно средство од стварне лабораторијске опреме, како у развијању способности ученика за рад са стварном опремом, тако и у развијању концептуалног разумевања код ученика (Finklestein *et al.*, 2005).

Учење помоћу компјутерских симулација је уско повезано са специфичним обликом конструктивистичког учења, названим учењем путем научног открића (De Jong & Van Joolingen, 1998). Мултимедија обезбеђује технолошки засновано окружење за конструктивистичко учење, где је ученицима омогућено да реше проблем кроз истраживање, сарадњу и активно учешће (Neo & Neo, 2009). Симулације, модели и медијски богати материјали за учење попут статичних и анимираних графика, видео и аудио записа који су интегрисани на организован начин, олакшавају усвајање новог знања много ефикасније. Интерактивна природа мултимедије пружа простор за унапређење традиционалног „креда-табла” наставног метода са више флексибилности за ученике да се прилагоде индивидуалној стратегији учења (Neo, 2007). Наставницима и ученицима се пружа могућност да раде заједно у неформалном окружењу. Улоге наставника и ученика су проширене. Осим тога, на овај начин се подстиче и унапређује вршњачко учење у групи, као и индивидуална креативност и иновативност.

Примена вишеструких екстерних репрезентација³ (MERs – Multiple External Representations) у мултимедијалном окружењу за учење показала се као ефикасан начин да се подржи учење и повећа ниво разумевања (Schnotz & Lowe, 2003), што је у директној сагласности са когнитивном теоријом мултимедијалног учења према којој можемо да обрадимо више од једне репрезентације у исто време (Mayer, 2001). Вишеструке репрезентације су посебно корисне у настави физике јер поспешују разумевање физичких проблема „изграђујући мост“ између вербалних и математичких репрезентација и помажући ученицима да створе слике које дају значење математичким симболима (Van Neuvelen & Zou, 2001). Поред математичке формулације закона који описује неку појаву или процес, вишеструке репрезентације пружају могућност да ученици сагледају исту појаву на макроскопском нивоу (видео снимак); микроскопском нивоу (компјутерска анимација); симболичком нивоу (график, шематски приказ) и као вербално објашњење (текст, говор).

Велики број аутора истиче све већи значај и могућности примене мултимедије у настави физике у различитим облицима наставног процеса, као и њене предности у поређењу са традиционалним обликом наставе:

³ Мултимедија се односи на екстерне репрезентације вербалних (текст, речи, звук) и визуелних (слике, видео, анимације, графикони) елемената (Mayer, 2005).

Вагнер (Wagner), Алтер (Altherr), Екерт (Eckert) и Јодл (Jodl) у својим радовима дају примере образовних видео материјала, истичући да су посебно погодни за примену када су у питању теме из физике које су ученицима тешке за разумевање или постоје објективне потешкоће за њихову експерименталну реализацију у школама (Wagner *et al.*, 2006, 2007).

Милер (Muller, 2008) предлаже низ наставних метода базираних на примени мултимедије осмишљених у циљу превазилажења потешкоћа у концептуалном усвајању градива из Њутнове и квантне механике, намењених пре свега студентима са ниским нивоом предзнања из ових области физике. Аутор закључује да традиционални начин учења усменим излагањем, бар када су у питању ове области градива, не само да је неефикасан, него у крајњој мери може бити чак и штетан за студенте.

Шарма (Sharma), Џонстон (Johnston), Варвел (Varvell), Робертсон (Robertson), Хопкинс (Hopkins), Стјуарт (Stewart), Купер (Cooper) и Торнтон (Thornton) излажу резултате десетогодишње студије о спровођењу стратегије за унапређивање концептуалног разумевања градива из физике која се базира на конструктивистичкој теорији учења – употреби интерактивних демонстрација лекција (ILD – Interactive Lecture Demonstrations), направљених за велики број часова предавања. Резултати истраживања показују да су студенти који су учили на овај начин имало значајно виша постигнућа, било да су претходно завршили средњу школу која их припрема за студије физике или не (Sharma *et al.*, 2010).

Финкелштејн (Finkelstein), Адамс (Adams), Келер (Keller), Перкинс (Perkins), Подолефски (Podolefsky), Рејд (Reid) и Ле Мастер (LeMaster) закључују да је употреба компјутерских симулација које замењују реалну лабораторијску опрему у неким областима као што је испитивање електричних кола пожељно и представља корисне „алате“ у процесу учења (Finklestein *et al.*, 2005).

Садагијани (Sadaghiani, 2011) истиче да је употреба мултимедијалних образовних модула у on-line курсу из области електрицитета и магнетизма намењеног студентима физике као припрема за наставу редуковала време проведено у учионицама на класичним предавањима за 1/3 на недељном нивоу и довела до позитивних ефеката када су у питању дискусије на предавањима и постигнуће на тестовима. Чен (Chen), Стелзер (Stelzer) и Глединг (Gladding) потврђују да су мултимедијални модули за учење као припрема за предавања у поређењу класичним начином припремања из уџбеника ефикаснији, без обзира на предзнање и способности студената (Chen *et al.*, 2010).

Денси и Бејчнер (Dancy & Veichner, 2006) у истраживању као инструмент користе тест из физике који се односи на увођење концепта силе, у којем су статичне слике замењене компјутерским анимацијама. Резултати истраживања показали су да су студенти који су радили ову врсту тзв. анимираног теста боље разумели питања на тесту у односу на оне који су радили класични тест „папир-оловка“ и давали индикативније одговоре када је у питању процена нивоа разумевања градива.

Александрова и Нанчева (Aleksandrova & Nancheva, 2007) представљају електронски мултимедијални тест из физике са тест питањима у форми видео клипова. Акцент је на идеји да се направи конекција између реалних животних феномена и апстрактних модела у физици и омогући разумевање фундаменталних физичких појмова и принципа.

Титус (Titus, 1998) користи мултимедију као веома погодан алат у креирању проблемски постављених задатака из физике и наглашава позитивне ефекте њене примене на постигнућа ученика у проблемски заснованој настави физике.

Кирстејн и Нордмејер (Kirstein, 2001; Kirstein & Nordmeier, 2007) истичу да интерактивни истраживачки експерименти из физике (ISE) имају велику едукативну моћ, наглашавајући да интерактивност, као најважнија карактеристика ових експеримената доводи ученика у активну, субјекатску позицију у настави. Предности интерактивних истраживачких експеримената нарочито долазе до изражаја када школе не располажу потребном лабораторијском опремом или експерименте није могуће извести у реалним условима. Осим тога, у реалним експериментима је укључен велики број параметара и физичких услова који морају бити задовољени у циљу уочавања неке појаве, што често у пракси представља проблем.

Гробер (Gröber), Ветер (Vetter), Екерт (Eckert) и Јодл (Jodl) закључују да употреба рачунара и мултимедије, Интернета и нових комуникационих технологија уноси велике промене у досадашњи начин учења физике (учење на даљину, комбиновање више метода учења, виртуелне лабораторије) и између осталог омогућује и функционисање даљински контролисаних лабораторија (Gröber *et al.*, 2007, 2008).

У складу са е-Learning програмом Европске Уније (извор: <http://eacea.ec.europa.eu/static/en/elearning/index.htm>) који подстиче отворено и даљинско учење и примену информационих и комуникационих технологија у настави и у сарадњи образовно-васпитних институција, непуне две деценије уназад се сваке године у организацији Друштва физичара Европе одржава међународна конференција MPTL (Multimedia in Physics Teaching and Learning) са циљем размене информација и идеја на тему примене мултимедије у настави и учењу физике. Годишњи извештаји у електронској форми доступни на одговарајућој web адреси омогућују приступ тематски креираним мултимедијалним образовним материјалима из различитих области физике, информацијама о могућностима интегрисања мултимедије у школске курикулуме, е-учењу, учењу на даљину и другим сродним темама из ове области (извор: <http://www.mptl.eu>)

Мултимедијална настава је после деценијских напора постала интегрални део наставе и у многим школама у Србији, уз употребу рачунара и видео бима. Направљен је и корак даље – наставници могу сами да праве мултимедијалне презентације, а не само да користе готове материјале из медијатеке. За прављење мултимедијалних материјала наставницима су на располагању многе идеје и ресурси, доступни уз помоћ рачунара и Интернета.

У оквиру Microsoft програма „Партнер у учењу” наставницима су обезбеђени материјали који помажу да прате промене у школи и настави које доносе информационе технологије и да их примене у својој школи и у свом раду (израда најједноставнијих мултимедијалних образовних материјала/презентација, припрема и држање мултимедијалне презентације за час, употреба Clip Art-а у прављењу мултимедијалних презентација за наставу, израда GIF анимација, унос формула и једначина у документе креиране у MS Word-у...) (извор: <http://www.microsoft.com/scg/obrazovanje/pil/default.mspx>).

Пројекат „Креативна школа” намењен је стварању бољих услова за модернизацију наставе у Републици Србији, уз помоћ информационих технологија, кроз промоцију размене добрих примера образовне праксе и сарадњу наставника путем интернета. „База знања” са преко 800 одабраних радова, међу којима је и велики број радова из физике, направљена у оквиру пројекта је највећа база угледних наставничких радова на српском језику и већ годинама уназад представља важан извор квалитетних наставних материјала и инспирацију за иновације на часу многим наставницима. Радови су у форми мултимедијалне Power Point презентације, са мноштвом слика и видео фајлова, уз детаљно упутство о примени на часу (извор: <http://www.kreativnaskola.rs>)

У оквиру образовног портала „Клик до знања“ наставницима физике је на располагању база проверених сајтова са обиљем мултимедијалних материјала у различитим формама намењених пре свега учењу, али и популаризацији ове науке (извор: <http://klikdoznanja.edu.rs>).

Примери припрема за час из физике реализованих уз примену мултимедије као и сами мултимедијални материјали доступни су и у оквиру Зборника радова програма „Дигитални час“ који је реализован у оквиру пројекта „Дигитална школа“. Циљ пројекта је опремање школа у Србији дигиталним кабинетима који омогућују реализацију електронског образовања (извор: <http://www.digitalnaskola.rs>).

О све већем значају који се и у нашој земљи придаје могућностима и ефектима примене мултимедије у настави говори и велики број стручних семинара на ову тему како општег карактера (Методика примене мултимедије у настави, Мултимедија у савременој настави, Израда мултимедијалних наставних садржаја, Мултимедијални аспекти наставе и учења, Мултимедија као покретач активног учења, Визуелизација и презентација у процесу учења, Мултимедија и CMS у функцији наставе, Мултимедијални садржаји у функцији образовања...), тако и специјализованих за наставу физике (Методика примене мултимедије у настави физике, Креирање наставе физике данас, Савремене методе наставе физике, Савремени час наставе физике...) (извор: <http://www.zuov.gov.rs/katalozi-su>). Осим тога, на тржишту је све већа понуда квалитетних образовних софтвера на српском језику за ефикасну и савремену наставу физике (извор: <http://www.kvarkmedia.co.rs>; <http://www.multisoft.co.rs>).

3. Методологија научног истраживања

3.1 Предмет и значај истраживања

Термин *ефикасно учење* који се употребљава у савременој педагошкој терминологији се односи на успешност у остваривању педагошких циљева, почев од васпитно-образовног система, преко његове унутрашње организације до појединачних ефеката који се постижу у васпитно-образовном раду. У дидактичком смислу, ефикасно учење означава такву организацију и путеве постизања ефеката учениковог и наставниковог рада, који водећи рачуна о економији снага и времена, стварају повољне услове за општи ментални развој ученика и резултирају у дубљем и свесном усвајању основа наука и у овладавању методама самосталног рада.

Анализа садашњег стања у настави физике указује на њену недовољну ефикасност и приличан несклад између постављених циљева и остварених резултата. Несклад се огледа у релативно ниском степену усвојености наставних садржаја, недовољној применљивости стечених знања, запостављању могућности бржег развоја ученика, као и недовољној мотивисаности за учење. Резултати међународних истраживања ученичких постигнућа из математике и природних наука спроведених у нашој земљи доводе до закључка да наши ученици солидно владају фактографским знањима из физике, али да постижу скромне резултате онда када се од њих тражи да анализирају проблем, планирају експерименте, изводе закључке, врше генерализације и процењивање, што припада вишим категоријама когнитивног домена (Ђерић и сар., 2007; Луковић и Вербић, 2005; Милошевић и Луковић, 2006; Вербић и сар., 2011). Управо из ових чињеница проистиче потреба за педагошким истраживањима усмереним ка изналажењу фактора и метода које повећавају ефикасност наставе физике.

Предмет истраживања приказаног у овом раду су васпитно-образовни ефекти примене мултимедије у настави физике. У оквиру истраживања реализован је одговарајући педагошки експеримент којим је испитан укупан образовни учинак мултимедијалне наставе на одабраном делу градива, а затим је спроведено анкетање ученика о оваквом облику наставе.

Практични значај истраживања лежи у чињеници да нуди алтернативу решењима која се сада примењују у настави физике у средњој школи.

3.2 Циљ, задаци и хипотезе истраживања

Циљ истраживања био је да се провере ефекти примене мултимедије у настави физике у првом разреду средње стручне школе. Истраживањем је требало да се утврди да ли примена мултимедије у настави физике резултује повећањем квантума знања ученика и квалитета знања ученика у категоријама: знање (памћење), разумевање и примена, као и њихове ретенције у односу на традиционални облик извођења наставе. Осим тога, истраживањем је требало да се испитају ставови ученика према мултимедијалној настави физике.

Задаци истраживања

У циљу испитивања утицаја примене мултимедије у настави физике на квантум и квалитет знања ученика, као и њихову ретенцију, дефинисани су следећи задаци истраживања:

- Измерити квантум знања ученика пре примене мултимедије у настави физике (иницијално стање) и после примене мултимедије у настави физике (финално и ретенционо стање) и упоредити га са квантумом знања ученика када се настава изводи на традиционални начин.
- Измерити квалитет знања ученика у категоријама: памћење, разумевање и примена пре примене мултимедије у настави физике (иницијално стање) и после примене мултимедије у настави физике (финално и ретенционо стање) и упоредити га са квалитетом знања ученика када се настава изводи на традиционални начин.

Задаци истраживања дефинисани у циљу испитивања ставова ученика о мултимедијалној настави физике били су:

- Утврдити да ли ученици имају изражен став према мултимедијалној настави физике (позитиван или негативан).
- Утврдити да ли постоје разлике у ставовима ученика према мултимедијалној настави физике у зависности од експерименталног третмана (припадности експерименталној односно контролној групи у оквиру педагошког експеримента).
- Утврдити да ли постоји повезаност између ставова ученика према мултимедијалној настави физике и оцене из физике.
- Утврдити да ли постоји повезаност између ставова ученика према мултимедијалној настави физике и општег успеха ученика.

Хипотезе истраживања

Општа хипотеза истраживања била је: Укупни васпитно-образовни ефекти мултимедијалне наставе физике бољи су од учинка који се постиже применом традиционалног облика извођења наставе. Општа хипотеза истраживања проверена је путем посебних хипотеза.

Хипотезе дефинисане у складу са задацима истраживања који су за циљ имали испитивање утицаја примене мултимедије у настави физике на квантум и квалитет знања ученика, као и њихову ретенцију биле су:

X1: Примена мултимедије у настави физике резултује повећањем квантума знања ученика у односу на традиционални облик извођења наставе.

X2: Примена мултимедије у настави физике резултује повећањем квалитета знања ученика у категоријама: знање (памћење), разумевање и примена у односу на традиционални облик извођења наставе.

X3: Примена мултимедије у настави физике резултује повећањем ретенције квантума знања ученика у односу на традиционални облик извођења наставе.

X4: Примена мултимедије у настави физике резултује повећањем ретенције квалитета знања ученика у категоријама: знање (памћење), разумевање и примена у односу на традиционални облик извођења наставе.

Хипотезе дефинисане у складу са задацима истраживања који су за циљ имали испитивање ставова ученика према мултимедијалној настави физике биле су:

X5: Ученици имају генерално позитиван став према мултимедијалној настави физике.

X6: Ставови према мултимедијалној настави физике ученика који су били подвргнути различитом експерименталном третману се не разликују.

X7: Не постоји повезаност између између ставова ученика према мултимедијалној настави физике и оцене из физике.

X8: Не постоји повезаност између ставова ученика према мултимедијалној настави физике и општег успеха ученика.

3.3 Узорак истраживања

Популација у истраживању су ученици првог разреда средњих стручних школа. За потребе истраживања формиран је пригодан узорак⁴ величине 140 ученика. Узорак је чинило шест одељења првог разреда Техничке школе у Кикинди, образовних профила у четворогодишњем трајању из подручја рада Електротехника, Машинство и обрада метала и Саобраћај.

Табела 3.1 Структура узорка с обзиром на пол

Пол	Апсолутна фреквенција	Релативна фреквенција
Мушки	120	86%
Женски	20	14%
Укупно	140	100%

Увидом у Табелу 3.1 закључује се да у узорку преовлађују ученици мушког пола (86%), што је уобичајено за овакву врсту средњих стручних школа. Из тог разлога, при испитивању ставова ученика није разматрана повезаност између ставова ученика према мултимедијалној настави физике и пола ученика.

⁴ Пригодан узорак представља узорак који је на располагању. Код оваквог узорка не могу се изводити општи закључци који би важали за целу популацију.

Табела 3.2 Структура узорка с обзиром успех из физике

Оцена из физике	Апсолутна фреквенција	Релативна фреквенција
Одличан (5)	9	6%
Врло добар (4)	20	14%
Добар (3)	57	41%
Довољан (2)	54	39%
Недовољан (1)	0	0%
Укупно	140	100%

Увидом у Табелу 3.2 закључује се да је највећи број ученика на крају првог разреда имао добар (41%) и довољан (39%) успех из физике. Одличан успех имало је свега 6% ученика, врло добар 14%, док ученика са недовољним успехом није било.

Табела 3.3 Структура узорка с обзиром на општи успех

Општи успех	Апсолутна фреквенција	Релативна фреквенција
Одличан	16	11%
Врло добар	60	43%
Добар	40	29%
Довољан	0	0%
Недовољан	24	17%
Укупно	140	100%

Увидом у Табелу 3.3 закључује се да је највећи број ученика на крају првог разреда имало врло добар (43%) и добар (29%) општи успех. Одличан успех имало је 11% ученика, док је 17% ученика имало недовољан успех тј. упућено је на поправни испит из једног или два предмета или није завршило разред.

Табела 3.4 Структура узорка с обзиром на експериментални третман

Група	Апсолутна фреквенција	Релативна фреквенција
Експериментална	70	50%
Контролна	70	50%
Укупно	140	100%

За потребе истраживања од шест одељења формиране су две групе (експериментална и контролна) од по три одељења. Обе групе бројале су по 70 ученика (Табела 3.4). Настава физике се током експеримента за ученике свих шест одељења реализовале по истом наставном програму за предмет Физика, са фондом од 2 часа недељно. Ученицима свих

шест одељења је у току трајања експеримента физику предавао исти предметни наставник. На овај начин обезбеђено је да се постојање разлике у квантуму и квалитету знања ученика експерименталне и контролне групе по завршетку експеримента може објаснити деловањем експерименталног фактора – мултимедијалне наставе, док се утицај осталих фактора у истраживању своди на минимум.

3.4 Методе, технике и инструменти истраживања

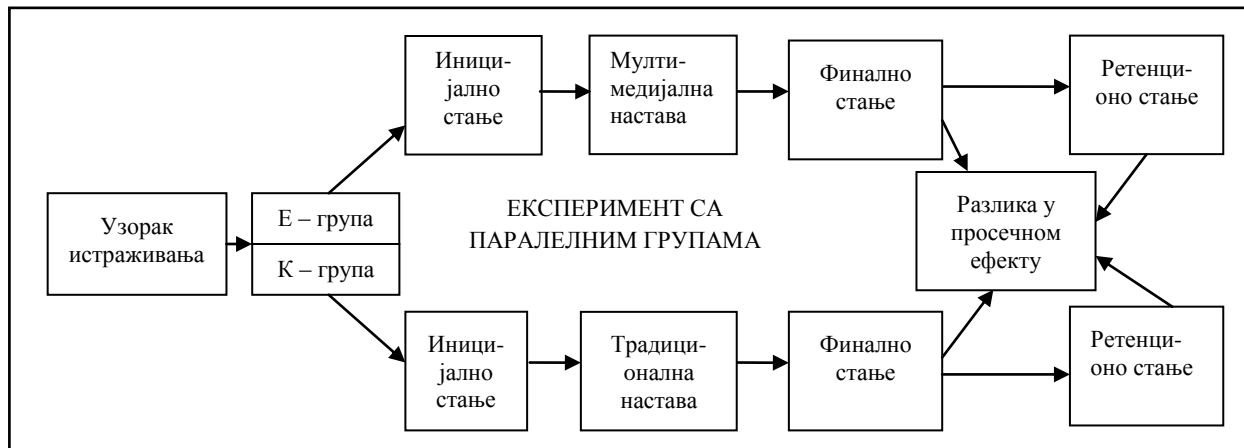
Први део истраживања имао је за циљ да се утврди да ли примена мултимедије у настави физике резултује повећањем квантума и квалитета знања ученика, као и њихове ретенције, у односу на традиционални облик извођења наставе. Овај део истраживања заснован је на експерименталној методи – *експеримент са паралелним групама*. Експериментална метода употребљена је у циљу проучавања каузалне односно узрочно-последичне везе између примене примене мултимедије у настави физике и квантума и квалитета знања ученика (Муџић, 1982). Суштинска карактеристика експеримента је намерно изазивање појаве ради научног испитивања ефикасности њеног утицаја. Независна варијабла истраживања је *мултимедијална настава* која се уводи као експериментални фактор, док су зависне варијабле *квантум* и *квалитет знања ученика*.

Експериментална метода реализована је према моделу *експеримента са две паралелне групе* (Банђур и Поткоњак, 1999), од којих се једна назива експерименталном – Е (уноси се експериментални фактор – мултимедијална настава), а друга контролном – К (ради се на уобичајни начин – традиционална настава). Модел експеримента са паралелним групама подразумева:

- иницијално мерење којим се утврђује почетно стање квантума и квалитета знања у експерименталној и контролној групи (иницијално стање);
- примену новог васпитно-образовног поступка (мултимедијална настава) у експерименталној групи, док ученици контролне групе за то време раде на уобичајени начин (традиционална настава);
- прати се дејство – утицај примене мултимедије на квантум и квалитет знања ученика;
- финално мерење којим се утврђује квантум и квалитет знања ученика у завршном стању у обе групе (финално стање);
- мерење ретенције квантума и квалитета знања у обе групе након временског периода од три месеца (ретенционо стање).

Шематски приказ експеримента са паралелним групама дат је на Слици 3.1.

Поређењем резултата експерименталне и контролне групе који се статистички обрађују, анализирају и логички интерпретирају доноси се закључак о ефикасности утицаја примене мултимедије у настави физике у односу на традиционални, уобичајни начин рада у настави.



Слика 3.1 Шематски приказ експеримента са паралелним групама

Основна истраживачка техника употребљена у експерименталном делу истраживања је тестирање, а инструменти истраживања употребљени за мерење квантума и квалитета знања ученика су тестови знања конструисани за потребе овог истраживања.

Тестове знања употребљене у истраживању саставио је аутор према процедури израде тестова знања за ученике средње школе (Бјекић и Папић, 2006) и по угледу на тестове које ученици решавају током наставе физике у основној (Комар, 2007; Чалуковић, 2008) и средњој школи (Чалуковић и Каделбург, 1999) и који се могу наћи код домаћих издавача.

Сви тестови (тест градива основне школе, иницијални тест и финални тест) садржали су 18 задатака подељених у четири групе. Две групе задатака су били задаци затвореног облика (задаци вишеструког избора и задаци упаривања), док су две групе били задаци отвореног облика (задаци допуњавања и задаци израчунавања). У циљу испитивања квалитета знања ученика задаци су на основу Блумове таксономије у когнитивном подручју подељени у три основне категорије: знање (памћење), разумевање и примена (Bloom, 1981). Сви тестови садржали су једнак број задатака по категоријама – 6 задатака за сваку категорију знања, чиме је обезбеђена дискриминативност тестова. Задаци на тестовима носили су различит број поена у зависности од обима задатка и категорије знања коју мере. Максималан број поена на свим тестовима био је 100. Вредности Кронбах алфа коефицијента, израчунате у циљу испитивања релијабилности тестова, указују на високу унутрашњу конзистенцију тестова (тест градива основне школе $\alpha=0.838$; иницијални тест $\alpha=0.826$; финални тест $\alpha=0.841$ и ретенциони тест $\alpha=0.820$).

У оквиру истраживања извршена су четири тестирања ученика у школским условима, у трајању од 45 минута, за све ученике који чине узорак истраживања истовремено.

Прво тестирање – у тестирању је употребљен *тест знања из градива физике обрађиваног у основној школи*. Тест је конструисан у складу са Образовним стандардима за крај обавезног образовања из предмета Физика (Аничин и сар., 2006). Задаци на тесту носили су од 3 до 8 поена у зависности од обима задатка и категорије знања коју испитују. Тест се састојао од 9 задатака вишеструког избора, где ученик од 4 или 5 понуђених бира један

тачан одговор; 5 задатака допуњавања код којих ученик треба да допуни једнакости или исказе тако да буду тачни; 1 задатка упаривања где ученик линијом повезује (упарује) одговарајуће појмове и 3 рачунска задатка код којих ученик применом одговарајуће формуле треба да израчуна тражене физичке величине. Тест знања из градива физике обрађиваног у основној школи налази се у Прилогу 1 докторске дисертације.

Табела 3.5 Задаци са теста знања из градива основне школе разврстани по категоријама на основу Блумове таксономије

Прво тестирање	Категорије задатака (Блумова таксономија)					
	Знање		Разумевање		Примена	
Тест градиво ОШ	бр. питања	укупно	бр. питања	укупно	бр. питања	укупно
	1,2,3,10,15,16	6	4,6,7,12,13,17	6	5,8,9,11,14,18	6

Друго (иницијално) тестирање – у тестирању је употребљен *иницијални тест* за мерење предзнања ученика из градива физике обрађиваног у току експеримента. При конструкцији теста знања узето је обзир шта су ученици већ изучавали у основној и средњој школи до почетка реализације експеримента, а у вези са градивом предвиђеним за обраду у току експеримента. Задаци на тесту носили су од 4 до 8 поена у зависности од обима задатка и категорије знања коју испитују. Тест се састојао од 9 задатака вишеструког избора где ученик од 3 или 4 понуђена бира један тачан одговор; 4 задатака допуњавања код којих ученик треба да допуни исказе тако да буду тачни; 2 задатка упаривања где ученик линијом повезује (упарује) одговарајуће појмове и 3 рачунска задатка код којих ученик применом одговарајуће формуле треба да израчуна тражене физичке величине. Иницијални тест налази се у Прилогу 2 докторске дисертације.

Табела 3.6 Задаци са иницијалног теста знања разврстани по категоријама на основу Блумове таксономије

Друго тестирање	Категорије задатака (Блумова таксономија)					
	Знање		Разумевање		Примена	
Иницијални тест	бр. питања	укупно	бр. питања	укупно	бр. Питања	укупно
	1,2,10,11,14,15	6	3,4,5,6,7,12	6	8,9,13,16,17,18	6

Треће (финално) тестирање – у тестирању је употребљен *финални тест* за мерење знања из градива обрађеног у току експеримента. Тест је конструисан у сагласности са наставним садржајима из одговарајућих наставних тема обрађеним у уџбенику за први разред четворогодишњих средњих стручних школа (Бобић и Распоповић, 2008; Ивановић и сар., 2004). Такође, при конструкцији теста знања узети су у обзир нивои образовно-васпитног рада који дефинишу обим и дубину проучавања појединих наставних јединица (обавештеност, разумевање, примена). Задаци на тесту носили су од 4 до 8 поена у зависности од обима задатка и категорије знања коју испитују. Тест се састојао од 9

задатака вишеструког избора где ученик од 3 или 4 понуђена бира један тачан одговор; 4 задатака допуњавања код којих ученик треба да допуни исказе тако да буду тачни; 2 задатка упаривања где ученик повезује (упарује) одговарајуће појмове и 3 рачунска задатка логичког карактера код којих ученик применом одговарајуће формуле треба да дође до решења и графички га представи. Финални тест налази се у Прилогу 3 докторске дисертације.

Четврто (ретенционо) тестирање – у тестирању је поново употребљен финални тест знања у циљу мерења ретенције знања из градива обрађеног током експеримента.

Табела 3.7 Задаци са финалног теста знања разврстани по категоријама на основу Блумове таксономије

Треће и четврто тестирање	Категорије задатака (Блумова таксономија)					
	Знање		Разумевање		Примена	
Финални тест	бр. питања	укупно	бр. питања	укупно	бр. питања	укупно
	1,2,5,10,12,15	6	3,6,7,8,11,14	6	4,9,13,16,17,18	6

Други део истраживања имао је за циљ да се испитају ставови ученика према мултимедијалној настави физике. Истраживачка техника употребљена у овом делу истраживања је анкетање ученика путем упитника о мултимедијалној настави физике. Анкетањем су били обухваћени ученици који су учествовали у педагошком експерименту са паралелним групама.⁵ Инструмент истраживања – упитник био је сачињен у форми скале за мерење ставова Ликертовог типа.

Ликертова сумативна скала истиче се међу скалама за мерење ставова по својој једноставности, економичности у конструкцији и учесталости примене. Ликертово полазиште у конструкцији скале је идеја о употреби две врсте тврдњи – тврдње које изражавају јасно позитиван став и тврдње које изражавају јасно негативан став према објекту става. Како би се избегла пристрасност у одговарању важно је да се скала састоји од подједнаког броја позитивних и негативних тврдњи (Pennington, 2001). Од испитаника се тражи да вреднује и нумерички изрази степен слагања са сваком од низа тврдњи. Збир тих нумеричких вредности одражава став испитаника (валенцију и екстремност става).

Упитник за испитивање ставова ученика према мултимедијалној настави физике употребљен у истраживању састојао се од 18 тврдњи на које су испитаници одговарали на скали Ликертовог типа од 5 степени. Испитаник (ученик) је требао да изрази степен слагања са поједином тврдњом избором једне од следећих могућности: 1 – уопште се не слажем, 2 – не слажем се, 3 – нисам сигуран/на, 4 – слажем се, 5 – потпуно се слажем. Како би се избегла тенденција давања сличних одговора, једнак број тврдњи - 9 тврдњи

⁵ Ученици контролне групе у току трајања експеримента нису учили применом мултимедије, али су присуствовали часовима мултимедијалне наставе у току школске године, приликом обраде градива из наставних тема које су реализоване до почетка експеримента.

изражава позитиван, а 9 тврдњи негативан став према мултимедијалној настави физике (Табела 3.8).

Табела 3.8 Тврдње из упитника разврстане на основу изражености ставова према мултимедијалној настави физике

Скала за мерење ставова ученика према мултимедијалној настави физике			
Тврдње које изражавају позитиван став		Тврдње које изражавају негативан став	
Редни бр. тврдње	укупно	Редни бр. тврдње	укупно
1,2,3,5,7,10,11,13,16	9	4,6,8,9,12,14,15,17,18	9

Уводни део упитника садржао је кратко образложење циља анкетирања и упутство за употребу. Први део упитника односио се на наставу физике и испитује мишљење ученика о часовима мултимедијалне наставе (простору у којем се настава одвија, начину реализације наставе, атмосфери на часовима, мултимедијалним материјалима, улози наставника у оваквом облику наставе, заинтересованости за праћењем наставе). Други део упитника испитује мишљење ученика о учењу градива физике применом мултимедије (да ли овакав облик наставе олакшава разумевање градива физике и да ли повећава заинтересованост за учењем садржаја физике).

Скалу је направио аутор по угледу на упитнике употребљаване у сличним истраживањима која су за циљ имала испитивање мишљења ученика и студената о физици као науци и настави физике (Adams *et al.*, 2006; <http://www.colorado.edu/sei/surveys/Faculty/CLASS-PHYS-faculty.html>). Скала за мерење ставова ученика о мултимедијалној настави физике налази се у Прилогу 4 докторске дисертације.

3.5 Опис тока истраживања

Истраживање је реализовано следећим редоследом:

1. Формирање експерименталне и контролне групе ученика

Формирање експерименталне и контролне групе извршено је на основу мерења предзнања градива физике ученика шест одељења првог разреда који су чинили узорак истраживања, тестом знања који је обухватао градиво физике обрађивано у основној школи. На основу резултата тестирања од шест одељења (140 ученика) формиране су две групе од по три одељења, уједначене по предзнању из физике. Прва група од 70 ученика представљала је контролну групу у којој се настава изводила на уобичајени, традиционални начин. Друга група од 70 ученика представљала је експерименталну групу у којој је се настава реализовала применом мултимедије.

2. Иницијално тестирање

Иницијално тестирање било је иницијално мерење предзнања ученика из градива физике које је обрађивано током експеримента, истим тестом знања и у експерименталној и у контролној групи. Иницијалним мерењем утврђено је почетно стање квантума и квалитета знања ученика у обе групе (иницијално стање). Ово тестирање било је уједно и провера

уједначености група пре увођења експерименталног фактора – мултимедијалне наставе физике у експерименталну групу.

3. Обрада градива у току експеримента

Градиво обрађивано у току експеримента су подтеме Молекулско-кинетичка теорија гасова и Термодинамика у оквиру наставне теме Физика великог броја молекула (Молекулска физика). За реализацију овог дела наставне теме било је предвиђено 10 часова (5 часова обраде новог градива, 2 часа понављања и утврђивања градива, 2 часа лабораторијских вежби, 1 час проверавања и оцењивања).⁶

1. час: Иницијално тестирање ученика
2. час: Гасови. Основна једначина молекулско-кинетичке теорије гасова.
3. час: Средња вредност кинетичке енергије молекула и температура идеалног гаса.
4. час: Једначина идеалног гасног стања.
5. час: Понављање и утврђивање градива.
6. час: Дискусија једначине идеалног гасног стања – закони идеалних гасова: Бојл-Мариотов закон, Геј-Лисаков закон и Шарлов закон.
7. час: Други принцип термодинамике. Ентропија.
8. час: Понављање и утврђивање градива.
9. час: Лабораторијска вежба.
10. час: Финално тестирање ученика.

У току трајања експеримента у експерименталној групи настава се изводила применом мултимедије, док се у контролној групи радило на уобичајени, традиционални начин. Часови физике су се за експерименталну групу одржавали у школској медијатеци, док се за контролну групу настава изводила у кабинету за физику.

Традиционални модел наставе – на часовима обраде новог градива основна активност наставника била је предавање, док су ученици слушали и бележили у свеске најбитније делове градива. Поред усменог излагања, наставник је користио креду, таблу, уџбеник и збирку задатака. Понављање и утврђивање градива вршено је кроз решавање рачунских задатака из збирке задатака и усменим одговарањем на питања из уџбеника (Бобић и Распоповић, 2008а, 2008б). Задатке су ученици решавали самостално, а решења задатака су уз дискусију исписивана на табли и записивана у свеске. Лабораторијска вежба није реализована, јер школа не располаже опремом потребном за њено извођење. Проверавање и оцењивање знања ученика извршено је финалним тестирањем.

Мултимедијални модел наставе – за реализацију часова мултимедијалне наставе употребљен је образовни софтвер Мултимедијална физика 2 „Кварк медије“ из Београда, признат од стране Министарства просвете и спорта Републике Србије и препоручен као

⁶ Један час предвиђен за реализацију лабораторијске вежбе употребљен је за иницијално тестирање ученика.

помоћно наставно средство. Ово је интерактивни програм, састављен од различитих модула, који излаже средњошколско градиво физике у мултимедијалној форми и омогућује реализацију различитих облика наставног процеса.

На часовима обраде новог градива програм је у оквиру модула Теме омогућио теоријску обраду истог наставног садржаја кроз вишеструке репрезентације у форми:

(а) текста који садржи формуле, једначине и статичне слике или графике;

(б) анимација физичких појава (процеса) и

(в) графика зависности физичких величина који прате ток физичке појаве (процеса) у оквиру анимације.

Сваку репрезентацију прати говор (читање текста, објашњење анимације и графика).

Понављање и утврђивање градива вршено је решавањем квалитативних задатака (задаци – питања) и квантитативних задатака (рачунских задатака) у оквиру модула Питања и Задаци.

Часови лабораторијских вежби реализовани су у оквиру модула Лабораторија који омогућује „извођење експеримената“ из физике кроз интеракцију ученика са рачунаром. Поред наведених модула, софтвер садржи и модуле Периодни систем, Величине и јединице, Физички параметри, Физичари и Историја физике који садрже информације неопходне за детаљно изучавање физике на нивоу средње школе.

Проверавање и оцењивање знања ученика извршено је финалним тестирањем.

4. Финално тестирање

Финално тестирање било је завршно мерење знања из градива обрађеног у току експеримента истим тестом знања и у експерименталној и у контролној групи. Финалним мерењем утврђен је квантум и квалитет знања ученика у завршном стању у обе групе (финално стање).

5. Ретенционо тестирање

Ретенционо тестирање било је поновно тестирање експерименталне и контролне групе ученика након одређеног временског периода (3 месеца), истим тестом знања који је употребљен у финалном тестирању у циљу испитивања ретенције квантума и квалитета знања ученика из градива обрађеног у току експеримента (ретенционо стање).

6. Анкетирање ученика

Анкетирање ученика извршено је у циљу испитивања ставова ученика о мултимедијалној настави физике, петостепеном скалом за мерење ставова Ликертовог типа. Анкетирањем су били обухваћени ученици 6 одељења (140 ученика) која чине узорак истраживања. Анкетирање је извршено у простору кабинета за физику, у сваком одељењу појединачно, у оквиру часова редовне наставе. Испуњавање скале трајало је у просеку 15-20 минута.

Ученицима је пре спровођења анкетирања образложено да се испитивање њиховог мишљења о оваквом виду наставе врши у циљу повећања ефикасности наставе физике, као и боље комуникације на релацији наставник-ученик. Анкетирање није било анонимног карактера, иако је познато да то може утицати на објективност резултата. Процењено је да

је у овом случају јавно анкетање бољи избор, јер је постојала могућност да један део ученика анкетање неће схватити довољно озбиљно. Обзиром да је анкетање било јавно, ученицима је предочено да њихови одговори неће имати утицаја на оцену из физике. Ово је урађено како ученици не би дошли у искушење да дају пожељне одговоре уместо објективних. С једне стране могућност да изразе своје мишљење је код великог броја ученика изазвало позитивне реакције, док је код извесног броја ученика уочена незаинтересованост да се укључују у било какве активности на часу које нису у директној вези са оценом из физике.

3.6 Место и време истраживања

Истраживање је реализовано у Техничкој школи у Кикинди. Школа у оквиру својих капацитета располаже савременом мултимедијалном учионицом – медијатеком опремљеном рачунарима са интернет конекцијом и пројектором. Време реализације истраживања је школска 2011/2012. година и прво полугодиште школске 2012/2013. године.



Слика 3.2 Мултимедијална учионица Техничке школе у Кикинди

3.7 Узорак градива и модели часова реализованих применом мултимедије

Узорак градива обрађиваног у току експеримента су подтеме Молекулско-кинетичка теорија гасова и Термодинамика у оквиру наставне теме Молекулска физика.

Закони којима се покуравају топлотне појаве и процеси имају фундаментални карактер. Ови закони примењују се на макроскопске системе који се састоје од огромног броја

молекула (атома). За проучавање тела (система) са великим бројем честица (молекула, атома и др.), користе се два приступа:

1. Термодинамички (макроскопски, феноменолошки)
2. Молекулско-кинетички (микроскопски)

У термодинамичком приступу се проучавају макроскопска (феноменолошка) својства и понашање тела (система) као целине при чему се не узима у обзир структура супстанције, већ се прате збирни ефекти огромног броја честица. Физичке величине које једнозначно одређују стање и понашање термодинамичких система називају се термодинамички параметри. У термодинамичке параметре спадају: температура, притисак, запремина, густина и др. Ови параметри могу да се мере или израчунавају.

Молекуларно-кинетички (микроскопски) приступ полази од својстава и понашања молекула (атома, јона) који сачињавају тело (систем) и на основу тога се изводе закључци о својствима и понашању тела (система) као целине.

Феноменолошка термодинамика и молекуларно-кинетичка теорија не поклапају се приликом описивања физичких појава, већ се узајамно допуњавају. Закони термодинамике могу да се примене на све макроскопске системе, независно од врсте честица које улазе у састав тих система и врсте њиховог узајамног деловања (интеракције).

Са друге стране, молекулско-кинетичка теорија (микроскопски приступ) омогућује да се дубље схвати механизам топлотних процеса и њихових закона полазећи о представе о молекулу (атому) као најситнијој честици супстанције која има иста својства као и сама супстанција.

Свако тело у чврстом, течном или гасном стању састоји се од огромног броја молекула. Пратити кретање појединачних молекула није могуће. Због тога се у кинетичкој теорији супстанције уводе средње вредности величина којима се описују скупни ефекти великог броја честица. Увођење средњих вредности величина посебно је оправдано у кинетичкој теорији гасова.

У молекулско-кинетичкој теорији гасова се одређују средње вредности неких кинетичких и динамичких величина (средња брзина молекула, средња кинетичка енергија...) па се оне доводе у везу са макроскопским величинама као што су притисак, температура и друге чије се вредности могу мерити. На тим основама се описују стања и понашања гасова.

3.7.1 Примена мултимедије у реализацији часова обраде новог градива

Образовни софтвер „Физика2“ у оквиру модула **Теме** пружа могућност теоријске обраде истог наставног садржаја кроз вишеструке репрезентације у форми:

- (а) текста који садржи формуле, једначине и статичне слике или графике;
- (б) анимација физичких појава (процеса) и
- (в) графика зависности физичких величина који прате ток физичке појаве (процеса) у оквиру анимације.

Сваку репрезентацију прати говор (читање текста, објашњење анимације и графика). Опција говора може да се укључи/искључи по жељи корисника. Темама се директно приступа кликом миша на одговарајућу иконицу (Слика 3.3)



Слика 3.3 Мултимедијални образовни софтвер Физика 2- приказ наставних тема

У оквиру тема врши се избор наставног садржаја. Сваки наставни садржај хиперлинковима је повезан са новим садржајима у вези појмова који се обрађују, што омогућује детаљнију обраду градива.

На часовима обраде новог градива, улога наставника била је да управља током вишеструких репрезентација (бира редослед, комбинацију и ниво употребе), одговара на питања ученика и појашњава делове наставних садржаја који нису јасни.

3.7.1.1 Примена мултимедије у обради наставне јединице Гасови. Основна једначина молекулско-кинетичке теорије гасова.

У оквиру ове наставне јединице ученици треба да се упознају са моделом идеалног гаса. Ученицима се предочава да су сви модели у физици одређена идеализација објеката и појава које постоје у стварности, а уводе се ради једноставнијег проучавања реалног света. Такође, ова наставна јединица обухвата како квалитативно, тако и квантитативно објашњење притиска гаса на зидове суда што представља важан успех молекулско-кинетичке теорије гасова.

Припрема за час

Наставни предмет: Физика

Разред: први

Наставна тема: Молекулска физика

Наставна подтема: Молекулско-кинетичка теорија гасова

Наставна јединица: Гасови. Основна једначина молекулско-кинетичке теорије гасова.

Тип часа: обрада новог градива

Образовни ниво: разумевање

Наставне методе: демонстрациона, монолошка, дијалогска

Облик рада: фронтални

Наставна средства: аудио-визуелна (рачунар са пројектором, мултимедијални образовни софтвер Физика 2), табла, креда

Место рада: медијатека

Циљ часа: Упознавање ученика са појмом идеалног гаса и усвајање квалитативног и квантитативног објашњење притиска гаса.

Образовни задаци:

- Разумевање разлике између идеалног и реалног гасног стања.
- Разумевање узрочно-последичне везе између судара молекула гаса са зидовима суда и притиска гаса (квалитативно објашњење притиска гаса).
- Извођење основне једначине молекулско – кинетичке теорије гасова (квантитативно објашњење притиска гаса).
- Уочавање везе између макроскопске величине – притисак гаса и микроскопских величина – масе молекула и средње вредности брзине молекула.

Функционални задаци:

- Развијање логичког мишљења.
- Развијање способности увиђања узрочно-последичних веза.
- Развијање способности закључивања.
- Развијање способности повезивања стеченог знања са новим.
- Оспособљавање ученика за извођење математичких израза за физичке величине.

Васпитни задаци:

- Развијање свести о значају континуираног учења у циљу савлађивања градива.
- Развијање свести о повезаности физике са осталим природним наукама (хемијом) и математиком.
- Формирање радних навика.

Уводни део часа (5-10 минута)

Час започиње понављањем општих својстава гасова и њиховим поређењем са течностима и чврстим телима, кроз дијалог наставника са ученицима:

Питање: Да ли гасови имају сталну запремину?

Очекивани одговор: Немају. Гасови, за разлику од течности и чврстих тела попуњавају целу запремину суда у коме се налазе.

Питање: Каква је густина гасова у поређењу са течностима и чврстим телима?

Очекивани одговор: Густина гасова је знатно мања од густине течности и чврстих тела. Гас је разређено стање супстанције.

Питање: Да ли се гасови могу сабијати?

Очекивани одговор: Гасови се лако могу сабијати, за разлику од течности и чврстих тела.

На основу наведених одговора изводе се следећи закључци о кретању и узајамном деловању молекула гаса: *Између молекула гаса делују веома слабе силе. Када би деловале јаче међумолекулске силе, удаљавање молекула једних од других било би ограничено, а тиме ширићење гаса (не би попуњавао цео простор суда). Међумолекулске силе би се супротстављале и сабијању гаса, као што је то случај код чврстих тела и течности.*

Главни део часа (30 минута)

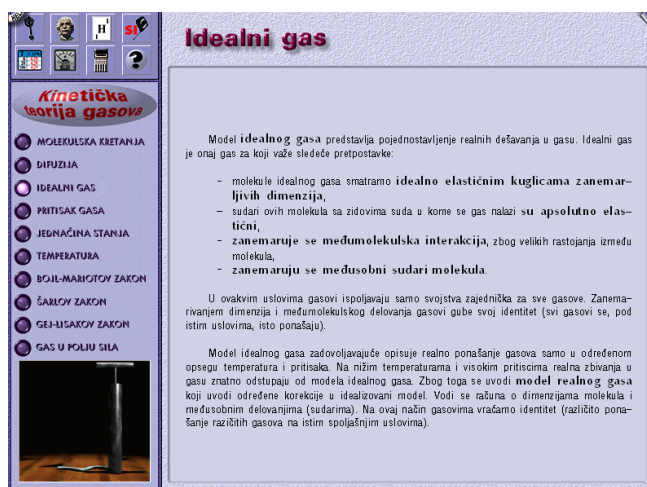
Модел идеалног гаса

Понашање гасова може се посматрати на два начина:

(а) као идеално гасно стање

(б) као реално гасно стање.

Наставник приказује презентацију **Идеални гас** (Слика 3.4).



Слика 3.4 Презентација – Идеални гас

Након што наставник прочита текст презентације и продискутује га са ученицима изводи се закључак: *Суштинска разлика између идеалног и реалног гасног стања је што се у првом случају могу занемарити силе које делују између молекула, а у другом не. Потпуно идеалних гасова нема, али се под одређеним условима (мали притисци, високе температуре) многи гасови могу сматрати идеалним, а да се при томе не учини мерљива грешка. Код идеалних гасова могу се поставити неки општи закони – закони идеалних гасова, који повезују притисак, температуру и запремину и не зависе од врсте гаса. Ти закони се могу користити и за реалне гасове, уз увођење одређених корекција карактеристичних за дати гас.*

Наставник приказује презентацију **Молекулска кретања** (Слика 3.5) и стартује анимацију коју прати говор којим се објашњава кретање молекула гаса.



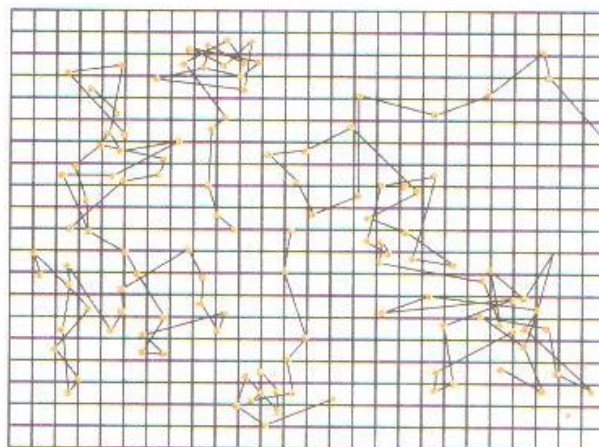
Слика 3.5 Презентација – Молекулска кретања

По завршетку анимације ученици записују у свеске основне претпоставке молекулско-кинетичке теорије гасова:

- (а) у идеалном гасу молекули се крећу потпуно слободно и хаотично;
- (б) између молекула не делују никакве силе, осим у тренутку судара;
- (в) судари молекула међу собом и са зидовима суда су апсолутно еластични;
- (г) запремина самих молекула је занемарљива.

Закључак: *Према моделу идеалног гаса, реалне молекуле гаса замислимо као куглице занемарљиве запремине без међумолекулских сила, чији су међусобни судари, као и судари са зидовима суда у којем се гас налази апсолутно еластични.*

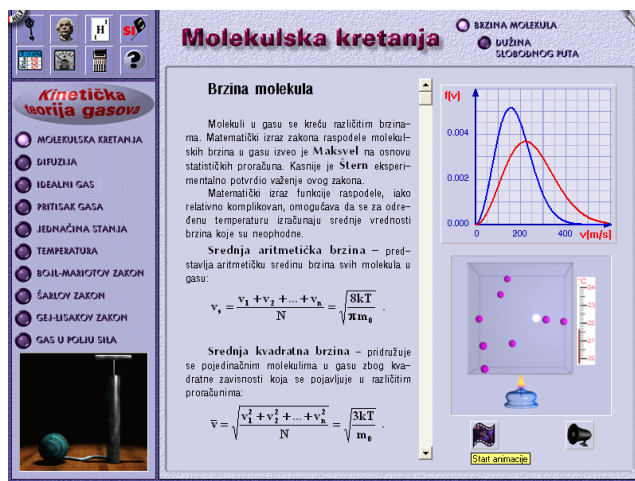
Кретање молекула идеалног гаса је неуређено (хаотично). У току кретања молекули се стално сударају међу собом и са зидовима суда у којем се налазе. После сваког судара молекул мења брзину, правац и смер кретања. Приликом судара молекули размењују импулсе, услед чега се њихове путање мењају и имају облик цик-цак (изломљене) линије (Слика 3.6).



Слика 3.6 Путање молекула гаса

Иако је кретање молекула гаса веома неуређено, ипак постоје одређени закони тог кретања, односно нека правилна расподела молекула по брзинама. Закон расподеле молекула по брзинама први је установио енглески физичар Максвел.

Наставник приказује презентацију **Брзина молекула** (Слика 3.7) и стартује анимацију коју прати говор (објашњење), као и одговарајући график зависности – расподела молекула гаса по брзинама при различитим температурама гаса.



Слика 3.7 Презентација – Молекулска кретања/Брзина молекула

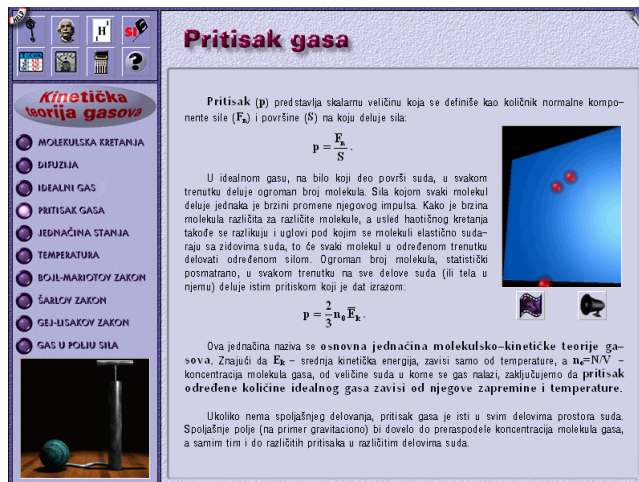
Закључак: Према Максвеловој расподели највећи број молекула гаса има тзв. највероватнију брзину v_{nv} , а најмањи број молекула има брзину једнаку нули или неку изузетно велику брзину. Поред ове брзине, крива расподеле омогућује да се израчунају још две средње брзине које карактеришу кретање молекула гаса: средња аритметичка брзина v_s и средња квадратна брзина \bar{v} . Изрази за брзине молекула гаса су:

$$v_{nv} = \sqrt{\frac{2kT}{m}} \quad v_s = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} \quad \bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

где је $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$ Болцманова константа, T апсолутна температура и m маса једног молекула.

Основна једначина молекулско-кинетичке теорије гасова

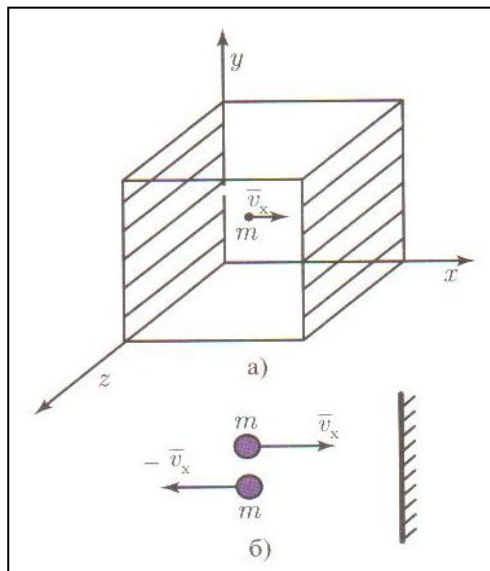
Наставник приказује презентацију **Притисак гаса** (Слика 3.8) и стартује анимацију коју прати говор (објашњење) притиска гаса.



Слика 3.8 Презентација – Притисак гаса

Закључак: Притисак гаса последица је судара молекула гаса са зидовима суда у којем се гас налази.

Након квалитативног објашњења притиска гаса, следи квантитативно објашњење. Наставник на табли поступно, уз детаљно објашњење, изводи израз за притисак гаса, док ученици слушају и бележе у свеске математички део извођења.



Слика 3.9 а) Идеалан гас затворен у суду облика коцке б) Судар молекула гаса са зидовима суда

Посматрамо гас затворен у суду облика коцке (Слика 3.9). Маса једног молекула је m . Пратимо кретање молекула који се креће у правцу x -осе просечном брзином v_x , нормално на зид суда. После еластичног судара са зидом суда молекула се одбија, при чему задржава интензитет брзине, али са супротним предзнаком:

$$\Delta p_x = mv_x - (-mv_x) = 2mv_x$$

Према другом Њутновом закону, у време судара молекула делује на зид суда силом просечног интензитета:

$$F = \frac{\Delta \bar{p}_x}{\Delta t} = \frac{2m\bar{v}_x}{\Delta t}$$

Ово је просечан интензитет једне компоненте силе датог молекула који удара о посматрани зид површине S . Ако у посматраној коцки има N молекула, онда у процесу удара о једну страну коцке учествује $\frac{N}{6}$ молекула. Укупна просечна вредност силе којом молекули делују на посматрани зид је онда:

$$F = \frac{N}{3} \frac{m\bar{v}}{\Delta t}$$

Где је индекс x изостављен јер то може бити било који правац.

По дефиницији овој сили одговара притисак:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{N}{3} \frac{m\bar{v}}{\Delta t}$$

Колики ће број молекула удараити озид суда у току времена Δt ? Крећући се брзином просечног интензитета \bar{v} за време Δt молекула пређе пут:

$$l = \bar{v}\Delta t$$

Значи, само молекули на растојању l од зида суда могу доспети до њега. Из ове релације следи:

$$S\Delta t = \frac{V}{\bar{v}}$$

Када се то уврсти у израз за притисак добија се:

$$p = \frac{1}{3} n_0 m \bar{v}^2$$

где је $n_0 = \frac{N}{V}$ концентрација молекула (број молекула у јединици запремине).

Ова једначина назива се основна једначина молекулско-кинетичке теорије гасова.

Закључак: Основна једначина молекулско-кинетичке теорије гасова повезује микроскопске величине: масу молекула и средњу вредност брзине молекула и макроскопску величину – притисак гаса.

Узимајући у обзир да је средња кинетичка енергија трансляторног кретања молекула гаса:

$$\bar{E}_k = \frac{1}{2} m \bar{v}^2$$

Основну једначину молекулско-кинетичке теорије гасова можемо записати у облику:

$$p = \frac{2}{3} n_0 \bar{E}_k$$

Закључак: Притисак идеалног гаса сразмеран је концентracији молекула и средњој кинетичкој енергији транслаторног кретања молекула.

Завршни део часа (5-10 минута)

Час се завршава понављањем најбитнијих делова обрађеног градива.

Питања:

1. Описати модел идеалног гаса.
2. Под којим условима се реални гасови понашају као идеални?
3. Објаснити закон расподеле молекула гаса по брзинама.
4. Како се објашњава притисак гаса на зидове суда?
5. Од којих величина зависи притисак гаса на зидове суда, са становишта молекулско - кинетичке теорије гасова?

3.7.1.2 Примена мултимедије у обради наставне јединице Средња вредност кинетичке енергије молекула и температура идеалног гаса

У оквиру ове наставне јединице ученици проширују знање усвојено у основној школи из наставне теме Топлота и унутрашња енергија. Температура се на средњошколском нивоу дефинише са становишта молекулско-кинетичке теорије гасова. Ученици се упознају са појмом апсолутна нула и повезују га са топлотним кретањем молекула. Такође, анализирају се и доводе у везу различите врсте температурних скала.

Припрема за час

Наставни предмет: Физика

Разред: први

Наставна тема: Молекулска физика

Наставна подтема: Молекулско-кинетичка теорија гасова

Наставна јединица: Средња вредност кинетичке енергије молекула и температура идеалног гаса.

Тип часа: обрада новог градива

Образовни ниво: разумевање

Наставне методе: демонстрациона, монолошка, дијалогска

Облик рада: фронтални

Наставна средства: текстуална (уџбеник), аудио-визуелна (рачунар са пројектором, мултимедијални образовни софтвер Физика 2), табла, креда

Место рада: медијатека

Циљ часа: Упознавање ученика са појмовима средња кинетичка енергија и температура идеалног гаса са становишта молекулско-кинетичке теорије гасова, као и са врстама температурних скала.

Образовни задаци:

- Разумевање везе између средње кинетичке енергије молекула идеалног гаса и температуре.
- Усвајање појмова апсолутна температура и апсолутна нула.
- Упознавање ученика са врстама температурних скала (Келвинова, Целзијусова и Фаренхајтова).
- Разумевање везе између Целзијусове и Келвинове скале (претварање вредности температуре дате у $^{\circ}\text{C}$ у K и обрнуто).

Функционални задаци:

- Развијање логичког мишљења и закључивања.
- Развијање способности увиђања узрочно-последичних веза.
- Оспособљавање ученика за примену стечених знања.

Васпитни задаци:

- Развијање свести о повезаности физике са осталим природним наукама (хемијом) и математиком.
- Формирање радних навика.

Уводни део часа (5-10 минута)

Час започиње понављањем градива основне школе из наставних тема Механичка енергија и Топлота и унутрашња енергија, кроз дијалог наставника са ученицима:

Питање: Како се дефинише кинетичка, а како потенцијална енергија тела?

Очекивани одговор: Кинетичка енергија је енергија коју тело поседује услед свога кретања, а потенцијална енергија је енергија условљена положајем тела.

Питање: Од којих физичких величина зависи кинетичка енергија тела?

Очекивани одговор: Кинетичка енергија тела управо је сразмерна маси тела и квадрату његове брзине.

Питање: Како се назива неуређено (хаотично) кретање микрочестица од којих су тела састављена?

Очекивани одговор: Назива се топлотно кретање или унутрашње кретање, јер је то посебан облик кретања које се врши у самим телима.

Питање: Како дефинишемо унутрашњу енергију тела?

Очекивани одговор: Унутрашња енергија је енергија која зависи од структуре и стања тела и једнака је збиру кинетичких и потенцијалних енергија честица од којих је тело састављено.

Питање: Која физичка величина представља меру унутрашње енергије тела?

Очекивани одговор: Температура је мера унутрашње енергије тела.

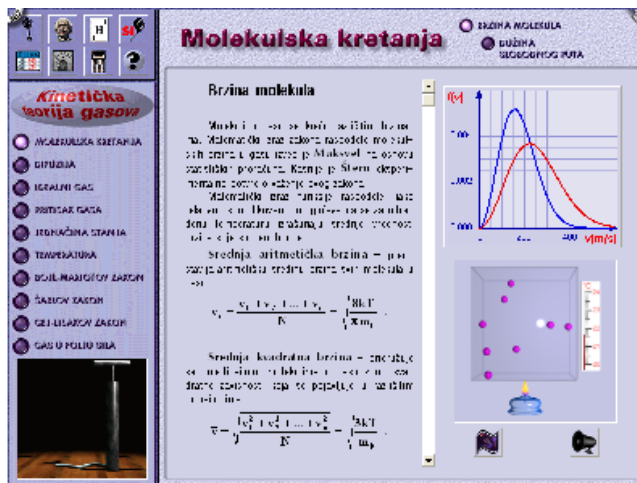
Питање: Која је јединица за температуру у међународно усвојеном систему јединица, а коју јединицу користимо у свакодневном животу?

Очекивани одговор: Јединица за температуру у међународно усвојеном систему јединица је Келвин (K), а у свакодневном животу за одређивање температуре користимо скалу са степенима Целзијуса ($^{\circ}\text{C}$).

Главни део часа (25-30 минута)

Средња кинетичка енергија молекула идеалног гаса

Наставник стартује анимацију Молекулска кретања – Брзина молекула (Слика 3.10)



Слика 3.10 Презентација – Молекулска кретања/Брзина молекула

По завршетку анимације следи дискусија и извођење закључака.

Закључак: Брзина молекула гаса зависи од температуре. Са порастом температуре брзина молекула гаса расте, а самим тим и кинетичка енергија молекула гаса и обрнуто.

Наставник изводи на табли формулу за средњу кинетичку енергију молекула идеалног гаса, док ученици записују извођење у свеске.

Средњу вредност кинетичке енергије транслаторног кретања молекула идеалног гаса можемо изразити преко средње вредности брзине:

$$\bar{E}_k = \frac{1}{2} m \bar{v}^2$$

Средња квадратна брзина гаса је:

$$\bar{v}^2 = \frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}{N}$$

Према Максвеловој расподели брзина молекула гаса она износи:

$$\bar{v}^2 = \frac{3kT}{m}$$

где је $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$ Болцманова константа.

Заменом овог израза у израз за срењу кинетичку енергију молекула идеалног гаса добијамо:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$$

Ученици записују у свеске закључак: *Средња кинетичка енергија молекула идеалног гаса сразмерна је апсолутној температури и не зависи од врсте гаса.*

Температура и апсолутна нула

Наставник приказује презентацију **Температура** (Слика 3.11).



Слика 3.11 Презентација – Температура

У оквиру презентације, температура се прво дефинише са термодинамичког становишта: *Температура је физичка величина која даје меру одступања тела од топлотне равнотеже са другим телом чија је температура, по договору, узета за нулту температуру.*

Температура се затим дефинише са становишта молекулско-кинетичке теорије гасова. Према овој теорији, температура је тесно повезана са унутрашњом енергијом која се код гасова практично своди на кинетичку енергију молекула. Потенцијална енергија узајамног деловања молекула гаса може се занемарити, јер су међумолекулска растојања знатно већа у односу на растојања између молекула (атома) у чврстом и течном стању.

С обзиром да је температура физичка величина која карактерише средњу кинетичку енергију молекула гаса, ученици записују у свеске закључак: *Температура је сразмерна средњој кинетичкој енергији хаотичног кретања молекула гаса.*

$$T \sim \frac{1}{2} m\bar{v}^2$$

где је m - маса молекула гаса, а \bar{v} средња вредност интензитета брзине кретања молекула гаса.

На овај начин дефинише се **апсолутна температура**. Означава се са T и представља једну од седам основних физичких величина.

По класичним законима топлотно кретање зависи од апсолутне температуре. Хлађењем супстанције брзина њених молекула се смањује. Када би се температура спустила до

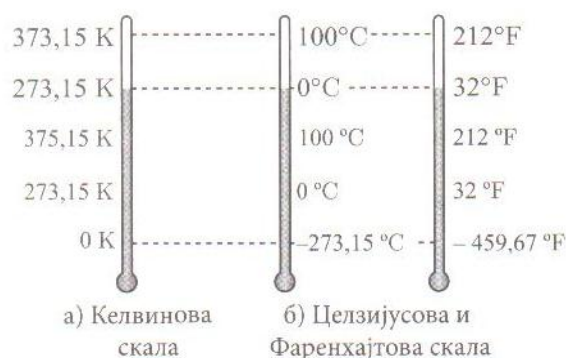
апсолутне нуле кретање молекула би требало да престане, а материја би остала без топлотне енергије.

Наставник дефинише појам **апсолутна нула**, а ученици записују дефиницију у свеске.

Температура на којој престаје кретање молекула (кинетичка енергија и брзина су једнаке нули) назива се апсолутна нула.

Средином 19. века, теоријским путем је установљено да најнижа могућа температура – апсолутна нула износи $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура која се мери од апсолутне нуле назива се апсолутна или Келвинова температура. Јединица за температуру у Међународном систему јединица је Келвин [K].

Ученици проналазе у уџбенику слику (Слика 3.12) на којој су приказане три температурне скале: Келвинова (апсолутна), Целзијусова и Фаренхајтова (конвенционална).



Слика 3.12 Келвинова, Целзијусова и Фаренхајтова температурна скала

Видимо да промена температуре за одређени број степени у Целзијусовој скали одговара промени за исти број келвина у Келвиновој скали.

Температура по Келвиновој скали израчунава се тако што се број 273,15 дода температури t , мереној у Целзијусовој скали.

$$t\text{ }^{\circ}\text{C} = (273,15 + t)\text{ K}$$

Пример:

$$t = 20\text{ }^{\circ}\text{C} \Rightarrow T = (273,15 + 20)\text{ K} = 293,15\text{ K}$$

Ученици записују формулу и пример задатка у свеске.

Завршни део часа (5-10 минута)

Час се завршава понављањем најбитнијих делова обрађеног градива.

Питања:

1. Како је повезана средња кинетичка енергија молекула идеалног гаса са апсолутном температуром?
2. Чему је једнака унутрашња енергија код гасова?
3. Како се дефинише температура са становишта молекулско-кинетичке теорије гасова?

4. Дефинисати апсолутну нулу. Колико она износи у Келвиновим, а колико у Целзијусовим степенима?
5. Навести основне температурне скале.
6. Којом формулом су повезане температура по Келвиновој скали са температуром израженом у Целзијусовим степенима.

3.7.1.3 Примена мултимедије у обради наставне јединице Једначина идеалног гасног стања

У оквиру ове наставне јединице ученици усвајају појам параметри стања тела (температура, притисак и запремина). Између параметара стања датог тела постоји узајамна веза (ако су одређене две величине стања, трећа не може да има произвољну вредност). Веза између притиска, запремине и температуре, изражена формулом, назива се једначина стања датог тела. У случају идеалних гасова може се написати заједничка једначина стања која је идентична за све идеалне гасове и зависи само од њихове количине (броја молова).

Припрема за час

Наставни предмет: Физика

Разред: први

Наставна тема: Молекулска физика

Наставна подтема: Молекулско-кинетичка теорија гасова

Наставна јединица: Једначина идеалног гасног стања.

Тип часа: обрада новог градива

Образовни ниво: примена

Наставне методе: демонстрациона, монолошка, дијалогска

Облик рада: фронтални

Наставна средства: аудио-визуелна (рачунар са пројектором, мултимедијални образовни софтвер Физика 2), табла, креда

Место рада: медијатека

Циљ часа: Упознавање ученика са једначином стања идеалног гаса и Авогадровим законом.

Образовни задаци:

- Упознавање ученика са параметрима гасног стања и одговарајућим јединицама мере.
- Усвајање и разумевање везе између параметара гасног стања (извођење једначине стања идеалног гаса)
- Усвајање и разумевање Авогадровог закона (извођење Авогадровог закона из опште једначине стања идеалног гаса).

Функционални задаци:

- Развијање логичког мишљења и закључивања.

- Развијање способности повезивања стеченог знања са новим.
- Оспособљавање ученика за извођење математичких формулација закона у физици.
- Оспособљавање ученика за примену стечених знања.

Васпитни задаци:

- Формирање радних навика.
- Развијање свести о значају континуираног учења.
- Развијање свести о повезаности физике са осталим природним наукама (хемијом) и математиком.

Уводни део часа (5-10 минута)

Час започиње понављањем претходно обрађеног градива у оквиру наставне теме Молекулска физика.

Питање: Шта је мол (mol) и колики је број молекула у једном молу?

Очекивани одговор: Мол је јединица за количину супстанције. Један мол садржи Авогадров број ($N_A = 6,02 \cdot 10^{23} mol^{-1}$) молекула.

Питање: Како гласи основна једначина молекулско-кинетичке теорије гасова?

Очекивани одговор: $p = \frac{2}{3} n_0 \bar{E}_k$. Притисак идеалног гаса сразмеран је концентарцији молекула и средњој кинетичкој енергији транслаторног кретања молекула.

Питање: Навести израз за средњу кинетичку енергију молекула идеалног гаса. Од чега зависи средња кинетичка енергија молекула идеалног гаса?

Очекивани одговор: $\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$. Средња кинетичка енергија молекула идеалног гаса сразмерна је апсолутној температури.

Питање: Под којим условима се реални гасови понашају као идеални?

Очекивани одговор: Реални гасови понашају се као идеални на малим притисцима и високим температурама.

Главни део часа (25-30 минута)

Једначина стања идеалног гаса

Параметри стања тела су физичке величине које одређују стање датог тела. Параметри стања тела, у случају гасног стања – одређене количине гаса n су:

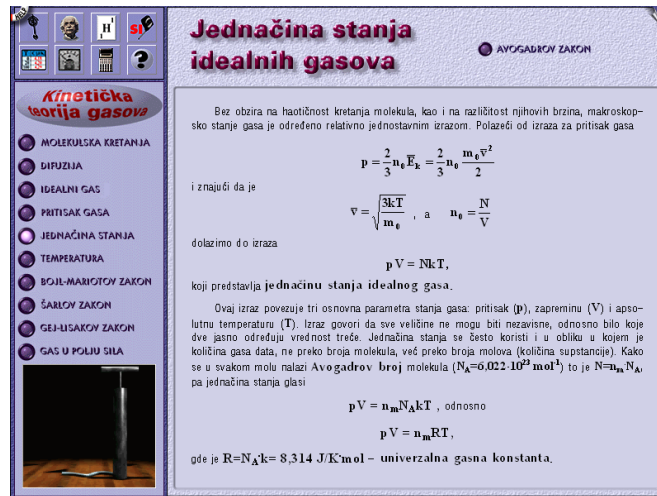
1. Температура T [K]
2. Притисак p [Pa]
3. Запремина V [m^3]

Ученици записују параметре стања тела и одговарајуће јединице мере у свеске.

Параметри стања одређене количине гаса су узајамно повезани. Ако су одређене две величине стања (нпр. T и p , p и V или V и T), трећа не може да има произвољну

вредност. Релација која повезује параметре гасног стања назива се Једначина стања идеалног гаса.

Наставник приказује презентацију Једначина стања идеалних гасова (Слика 3.13).



Слика 3.13 Презентација – Једначина стања идеалних гасова

Презентација обухвата извођење једначине стања идеалног гаса. Једначина стања идеалног гаса је добијена уопштавањем експериментално утврђених гасних закона, а изведена је и на основу молекулско-кинетичке теорије. Након што наставник део по део прочита и анализира презентацију, ученици записују најважније елементе извођења у свеске:

Заменом израза који повезује средњу кинетичку енергију молекула идеалног гаса и апсолутну температуру $\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT$ у основну једначину молекулско-кинетичке теорије

гасова $p = \frac{2}{3}n_0\bar{E}_k$ (где је $n_0 = \frac{N}{V}$) добија се:

$$pV = NkT$$

где је $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$ Болцманова константа, а N број молекула у запремини V .

Овај израз представља једначину стања идеалног гаса.

Број молекула гаса можемо представити као производ Авогадровог броја (броја молекула у једном молу) и броја молова n :

$$N = n \cdot N_A$$

Отуда је:

$$pV = nN_AkT$$

Величина N_Ak је производ две универзалне константе чије су бројне вредности познате (одређене посебним експериментима). Овај производ означава се са R и назива се универзална гасна константа:

$$R = N_A k = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} = 8,313 \frac{\text{J}}{\text{Kmol}}$$

Заменом у претходну једначину једначина стања идеалног гаса постаје:

$$pV = nRT$$

Закључак: До вредности универзалне гасне константе можемо доћи на два начина: прво, експерименталним одређивањем везе између p , V и T за дату количину n неког идеалног гаса, не користећи никакву теорију, и друго, множећи N_A и k , што следи из молекулско-кинетичке теорије гасова. Оба поступка дају потпуно исту вредност за R (у границама тачности мерења која је врло висока), што представља убедљиву потврду молекулско-кинетичке теорије.

Једначина стања идеалног гаса практично важи за све реалне гасове под одређеним условима (на малим притисцима и високим температурама). Под нормалним условима ($p = 10^5 \text{ Pa}$, $t = 0^\circ \text{C}$) она је применљива на све инертне гасове (He, Ne, Ar, Kr, Xe), азот, кисеоник и др., али даје погрешне резултате за многе друге гасове, као што су угљендиоксид, лаки угљоводоници, паре течности и сл. Међутим, ако се нпр. са хелијумом ради на температурама блиским апсолутној нули ($t \approx -273^\circ \text{C}$) релација више не важи, док нпр. може да се примени на CO_2 ако је притисак знатно мањи од нормалног и ако је температура знатно већа од 0°C . Једначина стања која се може применити на реалне гасове, независно од вредности притиска и температуре, назива се једначина стања реалног гаса и може се извести из једначине за идеалне гасове ако се узму у обзир димензије молекула као и силе између њих.

Авогадров закон

Наставник приказује презентацију **Авогадров закон** (Слика 3.14).

Jednačina stanja idealnih gasova AVOGADROV ZAKON

Avogadrov zakon

Posmatrajući jednačine stanja idealnih gasova za dva različita gasa:

$$p_1 V_1 = N_1 k T_1,$$

$$p_2 V_2 = N_2 k T_2,$$

dobijemo do zaključka da u slučaju istih spoljašnjih uslova (istih parametara stanja):

$$p_1 = p_2, \quad V_1 = V_2, \quad T_1 = T_2,$$

važi i jednakost broja molekula

$$N_1 = N_2.$$

Jednake zapremine različitih gasova pod istim uslovima (jednaki pritisci i temperature) sadrže jednake brojeve molekula.

Ovo je formulacija poznatog Avogadrovog zakona.

Слика 3.14 Презентација – Једначина стања идеалних гасова/Авогадров закон

Након што наставник прочита и заједно са ученицима анализира садржај презентације, ученици записују у свеске математичко извођење и формулацију Авогадровог закона.

Посматрајући једначине идеалних гасова за два различита гаса:

$$p_1V_1 = N_1kT_1$$

$$p_2V_2 = N_2kT_2$$

долази се до закључка да у случају истих спољашњих услова (истих параметара стања):

$$p_1 = p_2$$

$$V_1 = V_2$$

$$T_1 = T_2$$

важи и једнакост броја молекула:

$$N_1 = N_2$$

На основу наведеног може се формулисати Авогадров закон: *Једнаке запремине различитих гасова под истим условима (једнаки притисци и температуре) садрже једнаке бројеве молекула.*

Завршни део часа (5-10 минута)

Час се завршава понављањем најбитнијих делова обрађеног градива.

Питања:

1. Навести параметре гасног стања.
2. На који начин су узајамно повезани параметри гасног стања?
3. Како се назива релација која повезује параметре гасног стања?
4. Како гласи једначина стања идеалног гаса?
5. Под којим условима се једначина стања идеалног гаса може применити на реалне гасове?
6. Како гласи Авогадров закон и на који начин се он може извести из једначине стања идеалног гаса?

3.7.1.4 Примена мултимедије у обради наставне јединице Дискусија једначине идеалног гасног стања – закони идеалних гасова: Бојл-Мариотов закон, Геј-Лисаков закон и Шарлов закон.

У оквиру наставне јединице Општа једначина стања идеалног гаса ученици су научили да за потпуно одређивање стања одређене количине гаса треба истовремено познавати већи број параметара: температуру, притисак и запремину. Међутим, многе процесе у гасовима, који се одвијају у природи и који се остварују у техници, можемо посматрати као процесе у којима се мењају само два параметра, а при томе остали имају константне вредности – изопроцеси. Посебну улогу у физици и техници имају три врсте изопроцеса који се покоравају одговарајућим законима: изотермски (Бојл-Мариотов закон), изобарски (Геј-Лисаков закон) и изохорски (Шарлов закон). Закони идеалних гасова експериментално су установљени још пре формулисања једначине стања идеалног гаса.

Припрема за час

Наставни предмет: Физика

Разред: први

Наставна тема: Молекулска физика

Наставна подтема: Молекулско-кинетичка теорија гасова

Наставна јединица: Дискусија једначине идеалног гасног стања – закони идеалних гасова: Бојл-Мариотов закон, Геј-Лисаков закон и Шарлов закон.

Тип часа: обрада новог градива

Образовни ниво: разумевање

Наставне методе: демонстрациона, монолошка, дијалогска

Облик рада: фронтални

Наставна средства: аудио-визуелна (рачунар са пројектором, мултимедијални образовни софтвер Физика 2), табла, креда

Место рада: медијатека

Циљ часа: Упознавање ученика са појмом и врстама гасних изопроеса и усвајање одговарајућих закона идеалних гасова (Бојл-Мариотовог, Геј-Лисаковог и Шарловог).

Образовни задаци:

- Усвајање појма изопроеса и упознавање ученика са врстама гасних изопроеса (изотермски, изобарски и изохорски).
- Стицање знања о законима идеалних гасова – извођење посебних гасних закона (Бојл-Мариотовог, Геј-Лисаковог и Шарловог) из опште једначине стања идеалног гаса.
- Графичко представљање гасних закона (зависност између два одговарајућа гасна параметара при константној вредности трећег).
- Примењивање одговарајућих релација којима су представљени гасни закони при решавању квантитативних питања (рачунских задатака).

Функционални задаци:

- Развијање логичког мишљења и закључивања.
- Развијање способности увиђања узрочно-последичних веза.
- Развијање критичког мишљења.
- Оспособљавање ученика за извођење математичких формулација закона у физици.
- Оспособљавање ученика за графичко представљање закона у физици.
- Оспособљавање ученика за примену стечених знања.
- Развијање визуелних способности.

Васпитни задаци:

- Формирање радних навика.
- Развијање свести о значају континуираног учења.
- Развијање прецизности и уредности у раду.

Уводни део часа (5-10 минута)

Час започиње понављањем претходно обрађеног градива у оквиру наставне подтеме Молекулско-кинетичка теорија гасова.

Питање: Према молекулско-кинетичкој теорији, од којих величина зависи притисак идеалног гаса?

Очекивани одговор: Притисак идеалног гаса сразмеран је концентрацији гаса и средњој кинетичкој енергији транслаторног кретања молекула.

Питање: Од којих величина зависи средња кинетичка енергија молекула идеалног гаса?

Очекивани одговор: Средња кинетичка енергија молекула идеалног гаса зависи само од температуре гаса.

Питање: Наведи параметре стања одређене количине гаса.

Очекивани одговор: Параметри стања одређене количине гаса су температура, притисак и запремина.

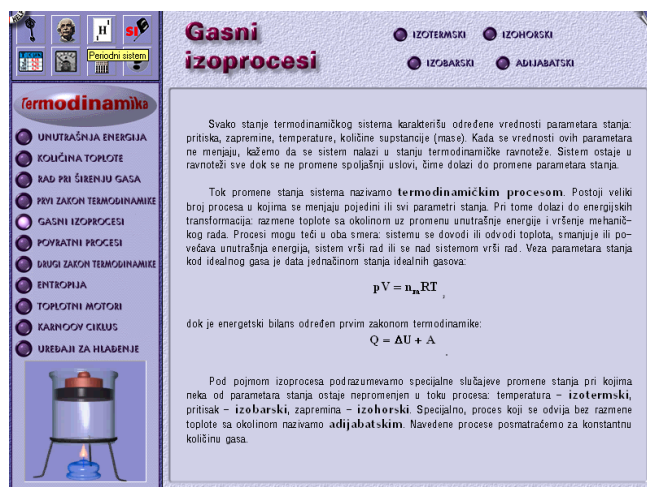
Питање: Којом релацијом су повезани параметри стања одређене количине гаса.

Очекивани одговор: Параметре стања одређене количине гаса повезује једначина гасног стања. У случају идеалног гаса важи релација: $pV = NkT$ односно $pV = nRT$, где је k Болцманова константа, а R универзална гасна константа.

Главни део часа (30 минута)

Изо-процеси и закони гасова

Наставник приказује презентацију **Гасни изопроеци** (Слика 3.15).



Слика 3.15 Презентација – Гасни изопроеци

Након што прочита презентацију и продискутује је са ученицима ученици записују у свеске: *Гасни изопроеци је специјални случај промене стања гаса при којима неки од параметара стања остаје непромењен:*

1. температура – изототермски процес ($T = const.$)
2. притисак – изобарски процес ($p = const.$)
3. запремина – изохорски процес ($V = const.$)

Изотермски процес. Бојл-Мариотов закон.

Наставник приказује презентацију **Бојл-Мариотов закон** (Слика 3.16).



Слика 3.16 Презентација – Бојл-Мариотов закон

Наставник прво прочита текст и објашњава извођење Бојл-Мариотовог закона из једначине стања идеалног гаса, а затим стартује анимацију. Анимација представља гас у цилиндру са покретним клипом (запремина гаса може да се мења), при чему се вредности одговарајућих параметара (притиска и температуре) могу пратити на мерним инструментима (барометар и термометар). Анимацију прати говор (објашњење) Бојл-Мариотовог закона, као и одговарајући график зависности притиска од запремине гаса при константној температури (изотерме).

Из једначине стања идеалног гаса

$$pV = nRT$$

за константну температуру ($T = const.$) и непромењену количину гаса ($n = const.$) десна страна израза постаје константан:

$$pV = const., T = const.$$

Ово представља математичку формулацију Бојл-Мариотовог закона који гласи: *На сталној температури, производ притиска и запремине одређене количине гаса је константан.*

Ученици преписују са презентације извођење и формулацију Бојл-Мариотовог закона у свеске.

До исте релације долази се ако се пође од једначине за притисак идеалног гаса:

$$p = \frac{2}{3} n_0 \bar{E}_k$$

Како је $n_0 = \frac{N}{V}$, може да се напише:

$$p = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \bar{E}_k$$

односно:

$$pV = \frac{2}{3} N \bar{E}_k$$

Пошто средња кинетичка енергија молекула не зависи од врсте гаса, већ само од његове температуре, средња кинетичка енергија молекула у процесима који се дешавају на сталној температури остаје стална величина одакле следи:

$$pV = \text{const.}, T = \text{const.}$$

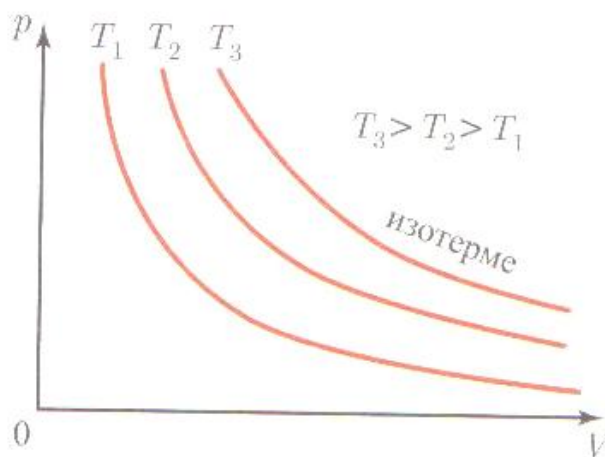
Или:

$$p = \frac{\text{const.}}{V}, V = \frac{\text{const.}}{p}, T = \text{const.}$$

Закључак: *Притисак и запремина одређене количине гаса при сталној температури су обрнуто пропорционални.*

Изотермски процес представљен је кривом у $p - V$ дијаграму која се назива изотерма. Ове криве представљају хиперболе (Слика 3.17).

Наставник црта на табли, а ученици у свеске графички приказ Бојл-Мариотовог закона, а након тога задаје пример задатка.

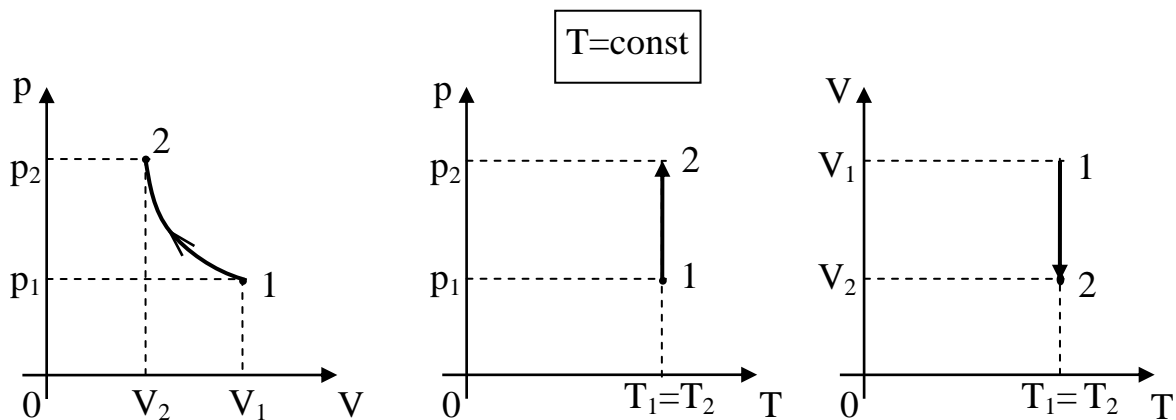


Слика 3.17 Графички приказ Бојл-Мариотовог закона

Пример: Шта ће се десити са притиском сталне количине гаса на зидове суда, ако се при непромењеној температури гас сабија тако да се запремина гаса смањи два пута? Промену стања гаса представити у $p - V$, $p - T$ и $V - T$ дијаграму.

$$\begin{aligned}
 T = \text{const.} \quad p_1 V_1 &= p_2 V_2 \\
 V_2 = \frac{V_1}{2} \quad p_1 V_1 &= p_2 \frac{V_1}{2} \\
 p_2 = ? \quad p_1 = \frac{p_2}{2} &\Rightarrow p_2 = 2 p_1
 \end{aligned}$$

Одговор: Притисак гаса ће се повећати 2 пута.

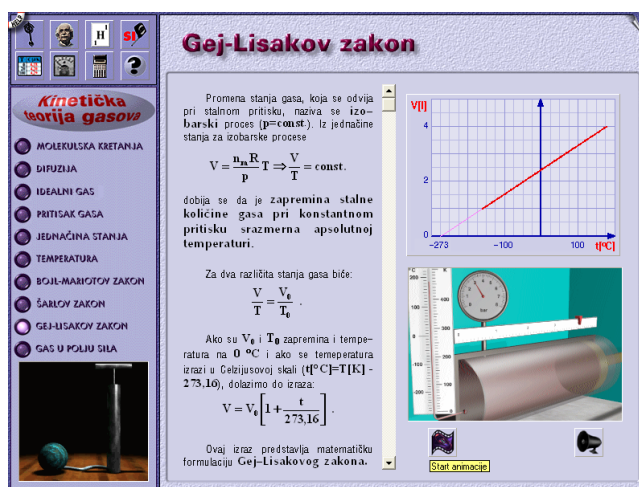


Слика 3.18 Графички приказ промене стања гаса у $p-V$, $p-T$ и $V-T$ дијаграму

Ученици записују пример задатка у свеске.

Изобарски процес. Геј-Лисаков закон.

Наставник приказује презентацију Геј-Лисаков закон (Слика 3.19).



Слика 3.19 Презентација – Геј-Лисаков закон

Наставник прво прочита текст и објашњава извођење Геј-Лисаковог закона из једначине стања идеалног гаса, а затим стартује анимацију. Анимација представља гас у цилиндру са покретним клипом (запремина гаса може да се мења), при чему се вредности одговарајућих параметара (притиска и температуре) могу пратити на одговарајућим мерним инструментима (барометар и термометар). Анимацију прати говор (објашњење) Геј-Лисаковог закона, као и одговарајући график зависности запремине гаса од температуре за константну вредност притиска (изобара).

Из једначине стања идеалног гаса

$$pV = nRT$$

за константну вредност притиска ($p = const.$) и непромењену количину гаса ($n = const.$) следи:

$$V = \frac{nR}{p}T$$

Односно:

$$\frac{V}{T} = \text{const.}, \quad p = \text{const.}$$

Ово представља математичку формулацију Геј-Лисаковог закона који гласи: *Запремина сталне количине гаса при константном притиску сразмерна је апсолутној температури.*

Ученици преписују са презентације извођење и формулацију Геј-Лисаковог закона у свеске. Наставник затим изводи још једну релацију која такође представља математичку формулацију Геј-Лисаковог закона.

За два различита стања гаса биће:

$$\frac{V}{T} = \frac{V_0}{T_0}$$

Одакле следи:

$$V = V_0 \frac{T}{T_0}$$

Ако су V_0 и T_0 запремина и температура гаса на 0°C и ако користимо везу између апсолутне температуре T и температуре t Целзијусове скале добија се:

$$V = V_0 \frac{273,15 + t}{273,15} = V_0 \left(1 + \frac{t}{273,15} \right)$$

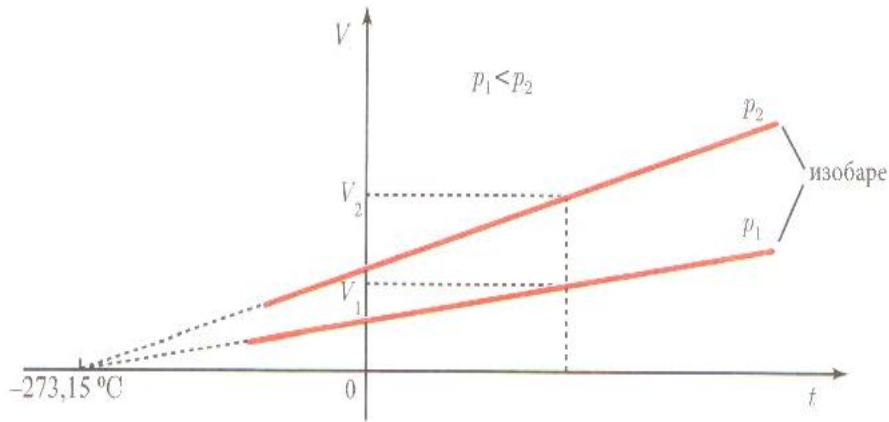
$$V = V_0(1 + \alpha t), \quad p = \text{const.}$$

где је $\alpha = \frac{1}{273,15 \text{ } ^\circ\text{C}}$ термички коефицијент ширења гасова.

Закључак: *Према Геј-Лисаковом закону, запремина одређене количине гаса на сталном притиску расте линеарно са повишењем температуре.*

Ученици записују формулу и закључак у свеске.

Ако се зависност запремине од температуре графички представи ($V - T$ дијаграм) за два стална притиска гаса p_1 и p_2 ($p_2 > p_1$) добијају се праве линије – изобаре, које продужене екстраполацијом у област негативних температура пресецају t осу у тачки $-273,15 \text{ } ^\circ\text{C}$ (апсолутна нула) (Слика 3.20).



Слика 3.20 Графички приказ Геј-Лисаковог закона

Наставник црта графички приказ Геј-Лисаковог закона на табли, а ученици у свеске, а затим задаје ученицима пример задатка.

Пример: Шта ће се десити са запремином сталне количине гаса, ако се гас загрева до двоструко веће температуре под условом да притисак остане непромењен? Промену стања гаса представити у $V - T$, $p - V$ и $p - T$ и дијаграму.

$$p = \text{const.}$$

$$T_2 = 2T_1$$

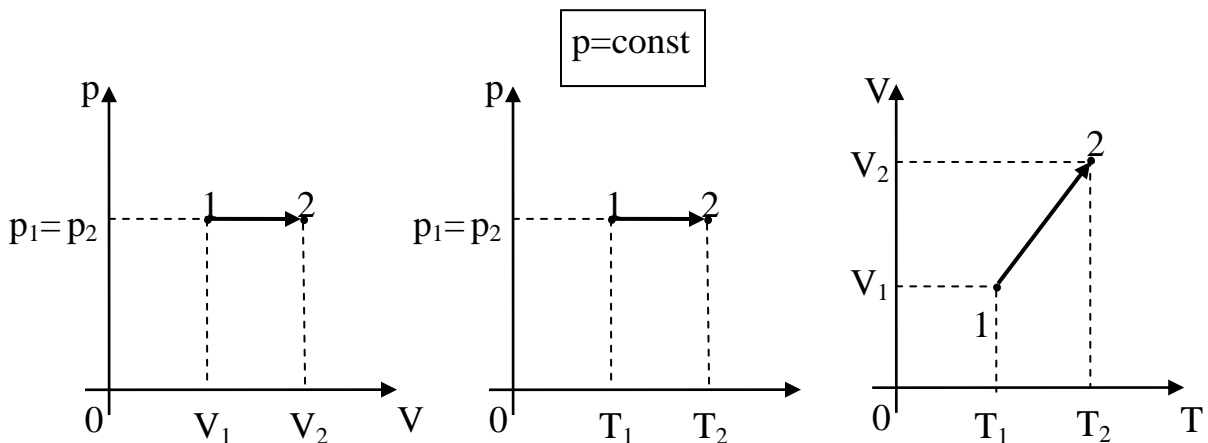
$$V_2 = ?$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{2T_1}$$

$$V_1 = \frac{V_2}{2} \Rightarrow V_2 = 2V_1$$

Одговор: Запремина гаса ће се повећати 2 пута.

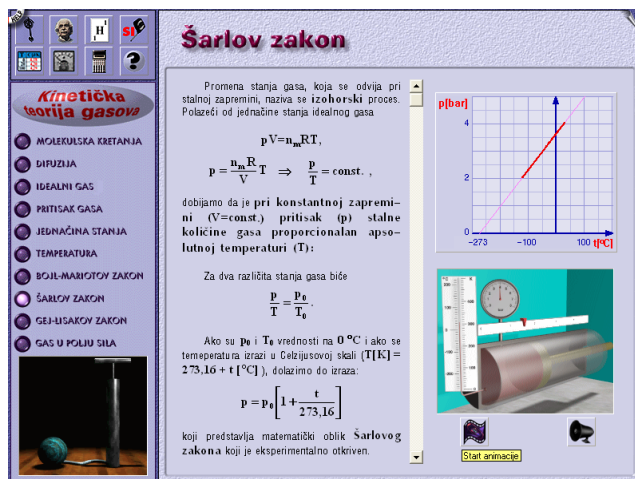


Слика 3.21 Графички приказ промене стања гаса у $p - V$, $p - T$ и $V - T$ дијаграму

Ученици записују пример задатка у свеске.

Изохорски процес. Шарлов закон.

Наставник приказује презентацију **Шарлов закон** (Слика 3.22).



Слика 3.22 Презентација – Шарлов закон

Наставник прво прочита текст и објашњава извођење Шарловог закона из једначине стања идеалног гаса, а затим стартује анимацију. Анимација представља гас у цилиндру са покретним клипом (запремина гаса може да се мења), при чему се вредности одговарајућих параметара (притиска и температуре) могу пратити на одговарајућим мерним инструментима (барометар и термометар). Анимацију прати говор (објашњење) Шарловог закона, као и одговарајући график зависности притиска од температуре при константној запремини гаса (изохора).

Из једначине стања идеалног гаса

$$pV = nRT$$

за константну вредност запремине ($V = const.$) и непромењену количину гаса ($n = const.$) следи:

$$p = \frac{nR}{V}T$$

Односно:

$$\frac{p}{T} = const., \quad V = const.$$

Ово представља математичку формулацију Шарловог закона који гласи: *Притисак сталне количине гаса при константној запремини сразмеран је апсолутној температури.*

Ученици преписују са презентације извођење и формулацију Шарловог закона у свеске. Наставник затим изводи још једну релацију која такође представља математичку формулацију Шарловог закона.

За два различита стања гаса биће:

$$\frac{p}{T} = \frac{p_0}{T_0}$$

Одакле следи:

$$p = p_0 \frac{T}{T_0}$$

Ако су p_0 и T_0 притисак и температура гаса на 0°C и ако користимо везу између апсолутне температуре T и температуре t Целзијусове скале добија се:

$$p = p_0 \frac{273,15 + t}{273,15} = p_0 \left(1 + \frac{t}{273,15} \right)$$

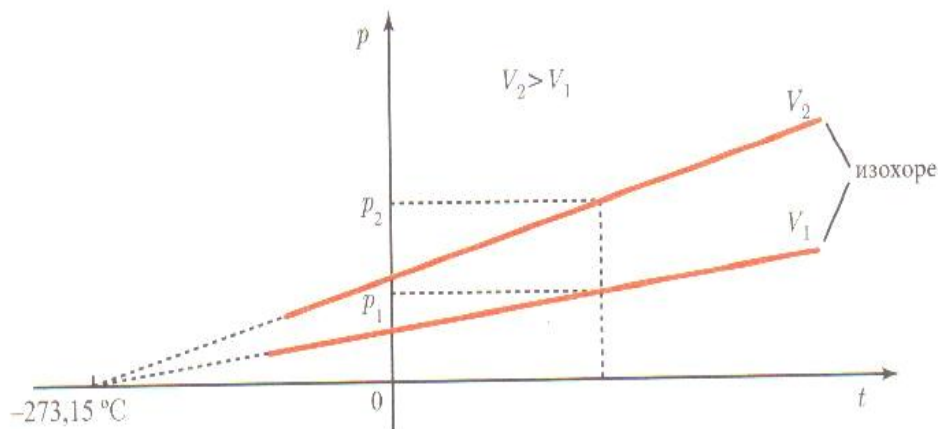
$$p = p_0(1 + \gamma t), \quad V = \text{const.}$$

где је $\gamma = \frac{1}{273,15^\circ\text{C}}$ температурски коефицијент притиска

Закључак: Према Шарловом закону, притисак одређене количине гаса у сталној запремини расте линеарно са повишењем температуре.

Ученици записују формулу и закључак у свеске.

Ако се зависност притиска од температуре графички представи ($p-T$ дијаграм) за две различите сталне запремине гаса V_1 и V_2 ($V_2 > V_1$) добијају се праве линије – изохоре, које продужене екстраполацијом у област негативних температура пресецају t осу у тачки $-273,15^\circ\text{C}$ (апсолутна нула) (Слика 3.23).



Слика 3.23 Графички приказ Шарловог закона

Наставник црта графички приказ Шарловог закона на табли, а ученици у свеске, а затим задаје ученицима пример задатка.

Пример: Шта ће се десити са притиском сталне количине гаса, ако се при непромењеној запремини гас загрева до двоструко веће температуре? Промену стања гаса представити у $p-T$, $p-V$ и $V-T$ дијаграму.

$$V = \text{const.}$$

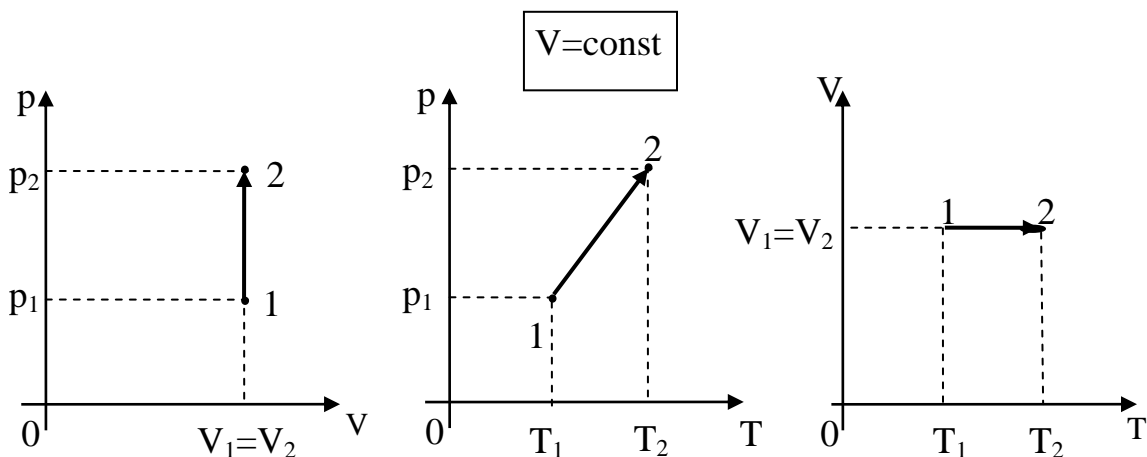
$$T_2 = 2T_1$$

$$p_2 = ?$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{2T_1}$$

$$p_1 = \frac{p_2}{2} \Rightarrow p_2 = 2p_1$$



Слика 3.24 Графички приказ промене стања гаса у $p-V$, $p-T$ и $V-T$ дијаграму

Одговор: Притисак гаса ће се повећати 2 пута.

Ученици записују пример задатка у свеске.

Завршни део часа (5-10 минута)

Час се завршава понављањем најбитнијих делова обрађеног градива.

Питања:

1. Дефинисати појам гасни изопроцес и навести врсте гасних изопроцеса.
2. Навести законе који важе за одговарајуће изопроцесе (изотермски, изобарски и изохорски).
3. Како гласи Бојл-Мариотов закон? Навести одговарајућу математичку релацију.
4. Графички представити Бојл-Мариотов закон. Како се називају и који облик имају линије којима се графички представља Бојл-Мариотов закон?
5. Како гласи Геј-Лисаков закон? Навести одговарајуће математичке релације.
6. Графички представити Геј-Лисаков закон. Како се називају и који облик имају линије којима се графички представља Геј-Лисаков закон? У којој тачки ове линије пресецају t осу?
7. Како гласи Шарлов закон? Навести одговарајуће математичке релације.
8. Графички представити Шарлов закон. Како се називају и који облик имају линије којима се графички представља Шарлов закон? У којој тачки ове линије пресецају t осу?

3.7.1.5 Примена мултимедије у обради наставне јединице Други принцип термодинамике. Ентропија.

У оквиру ове наставне јединице ученици продубљују знање усвојено у основној школи из наставне теме Топлота и унутрашња енергија, понављају део градива средње школе из области Закони одржања (Први принцип термодинамике) и повезују га са градивом молекулско-кинетичке теорије (гасни изопроцеси), као и новим градивом (Други принцип термодинамике, ентропија) стичући на тај начин основни појам о термодинамици.

Припрема за час

Наставни предмет: Физика

Разред: први

Наставна тема: Молекулска физика

Наставна подтема: Термодинамика

Наставна јединица: Други принцип термодинамике. Ентропија.

Тип часа: обрада новог градива

Образовни ниво: разумевање

Наставне методе: демонстрациона, монолошка, дијалогска

Облик рада: фронтални

Наставна средства: аудио-визуелна (рачунар са пројектором, мултимедијални образовни софтвер Физика 2), табла, креда

Место рада: медијатека

Циљ часа: Упознавање ученика са другим принципом термодинамике и појмом ентропија.

Образовни задаци:

- Усвајање и разумевање различитих формулација другог принципа термодинамике.
- Стицање знања о топлотним машинама (усвајање појма топлотна машина, упознавање са деловима топлотне машине и појмом термодинамички циклус).
- Усвајање и разумевање израза за коефицијент корисног дејства топлотне машине.
- Усвајање појма ентропија и разумевање везе између ентропије и термодинамичког стања система (његове уређености).

Функционални задаци:

- Развијање логичког мишљења и закључивања.
- Развијање способности увиђања узрочно-последичних веза.
- Развијање критичког мишљења.
- Оспособљавање ученика за примену стечених знања.
- Развијање визуелних способности.

Васпитни задаци:

- Формирање радних навика.

- Развијање свести о значају континуираног учења.
- Развијање свести о повезаности физике са техником.

Уводни део часа (10-15 минута)

Час започиње понављањем градива термодинамике обрађеног у оквиру наставне теме Закони одржања (Први принцип термодинамике) и повезивањем овог дела градива са гасним изопроцесима обрађеним у оквиру молекулско-кинетичке теорије гасова.

Питање: Дефиниши унутрашњу енергију.

Очекивани одговор: Унутрашња енергија је енергија која зависи од структуре и стања тела (система) и једнака је збиру кинетичких и потенцијалних енергија честица од којих је тело састављено.

Питање: На које начине може да се оствари промена унутрашње енергије тела?

Очекивани одговор: Промена унутрашње енергије тела (система) може да се оствари на два основна начина: вршењем рада или разменом топлоте са околним телима.

Питање: Дефиниши количину топлоте.

Очекивани одговор: Квантитативна мера промене унутрашње енергије тела при топлотној резмени назива се количина топлоте.

Питање: Од којих величина зависи количина топлоте коју неко тело прима (отпушта)?

Очекивани одговор: Количина топлоте коју неко тело прима (отпушта) зависи од масе тела m , његових топлотних својстава (специфичне топлотне капацитивности тела c) и промене температуре ΔT ($Q = mc\Delta T$).

Питање: Са становишта закона одржања, шта представља Први принцип термодинамике?

Очекивани одговор: Први принцип термодинамике је посебан случај закона одржања енергије примењеног на топлотне процесе.

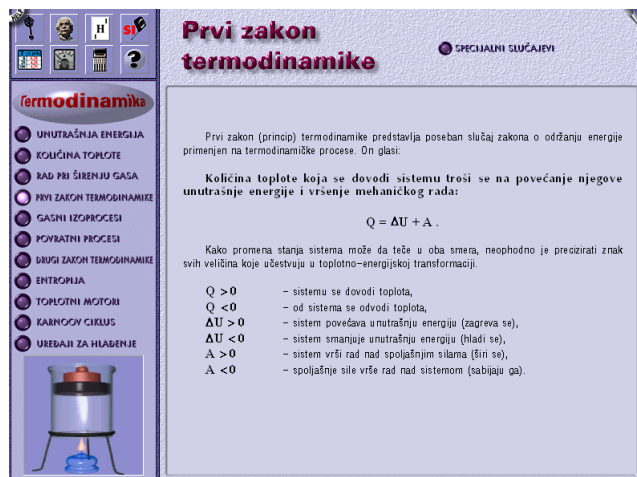
Питање: Како гласи први принцип термодинамике?

Очекивани одговор: Количина топлоте Q доведена изолованом систему може једним делом да повећа његову унутрашњу енергију ΔU , а други део може да се претвори у рад тог система A ($Q = \Delta U + A$).

Питање: Да ли је могуће обављање рада без утроска било ког облика енергије?

Очекивани одговор: Немогуће је конструисати машину која би непрестано вршила рад без утроска било ког облика енергије (перпетуум-мобиле прве врсте).

Наставник приказује презентацију **Први закон термодинамике** (Слика 3.25), а затим објашњава ученицима да *промена стања система може да тече у оба смера* и анализира знак свих величина које учествују у топлотно-енергијској трансформацији (Q , ΔU и A).



Слика 3.25 Презентација – Први закон термодинамике

$Q > 0$ систему се доводи топлота

$Q < 0$ од система се одводи топлота

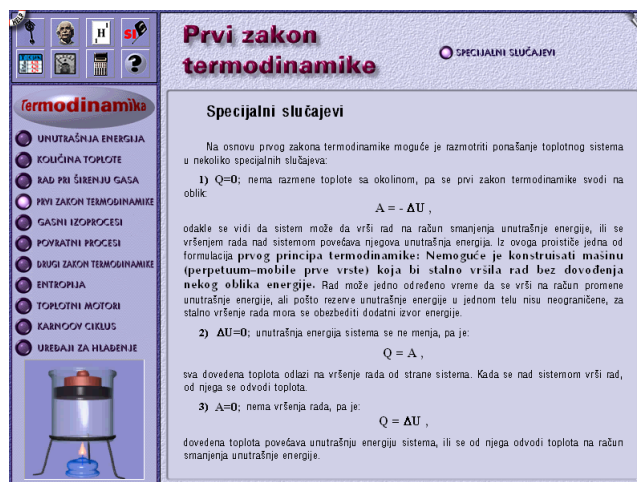
$\Delta U > 0$ систем повећава унутрашњу енергију (загрева се)

$\Delta U < 0$ систем смањује унутрашњу енергију (хлади се)

$A > 0$ систем врши рад насупрот спољашњим силама (шири се)

$A < 0$ спољашње силе врше рад над системом (сабијају га)

На основу првог принципа термодинамике може се размотрити понашање топлотног система у неколико специјалних случајева. Наставник приказује репрезентацију **Први закон термодинамике – Специјални случајеви** (Слика 3.26) и заједно са ученицима анализира сваки случај појединачно.



Слика 3.26 Презентација – Први закон термодинамике/Специјални случајеви

(a) $Q = 0 \Rightarrow A = -\Delta U$

Закључак: Рад се врши на рачун унутрашње енергије система, која се услед тога смањује. термодинамички процеси без размене топлоте називају се адијабатски процеси.

Наставник приказује репрезентацију Гасни изопроцеси – Адијабатски процес (Слика 3.27) и стартује анимацију коју прати говор (објашњење) адијабатског процеса, као и одговарајући графици ($p-V$ дијаграм и зависност Q , ΔU и A од времена t).

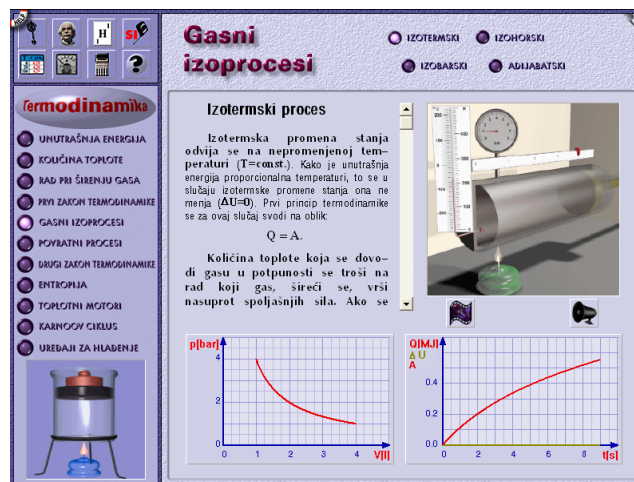


Слика 3.27 Презентација – Гасни изопроцеси/Адијабатски процес

(б) $\Delta U = 0 \Rightarrow Q = A$

Закључак: Доведена количина топлоте у потпуности се троши на вршење рада. такви процесу називају се изотермски.

Наставник приказује презентацију Гасни изопроцеси – Изотермски процес (Слика 3.28) и стартује анимацију коју прати говор (објашњење) изотермског процеса, као и одговарајући графици ($p-V$ дијаграм и зависност Q , ΔU и A од времена t).

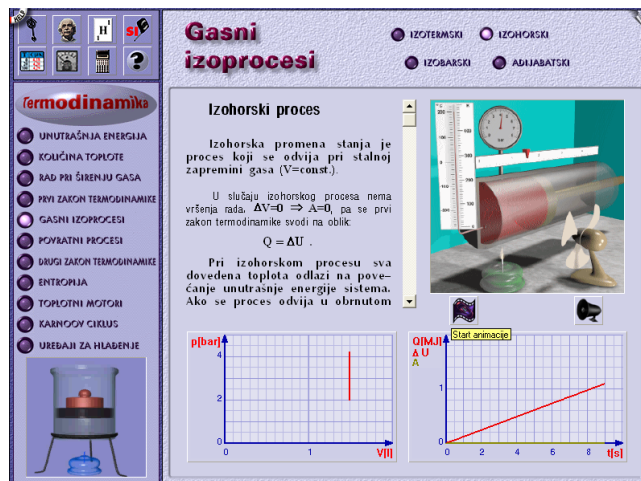


Слика 3.28 Презентација – Гасни изопроцеси/Изотермски процес

(в) $A = 0 \Rightarrow Q = \Delta U$

Закључак: Сва доведена количина топлоте троши се за повећање унутрашње енергије система. То се дешава код изохорских процеса.

Наставник приказује презентацију **Гасни изопроцеси – Изохорски процес** (Слика 3.29) и стартује анимацију коју прати говор (објашњење) изохорског процеса, као и одговарајући графици ($p-V$ дијаграм и зависност Q , ΔU и A од времена t).

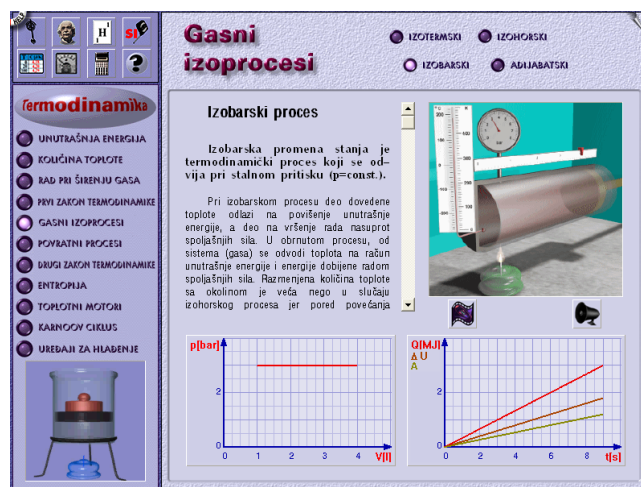


Слика 3.29 Презентација – Гасни изопроцеси/Изохорски процес

У случају да је $Q \neq 0$, $\Delta U \neq 0$ и $A \neq 0 \Rightarrow Q = \Delta U + A$

Закључак: Део доведене топлоте одлази на повишење унутрашње енергије, а део на вршење рада насупрот спољашњих сила. Ово се дешава код изобарских процеса.

Наставник приказује презентацију **Гасни изопроцеси – Изобарски процес** (Слика 3.30) и стартује анимацију коју прати говор (објашњење) изобарског процеса, као и одговарајући графици ($p-V$ дијаграм и зависност Q , ΔU и A од времена t).

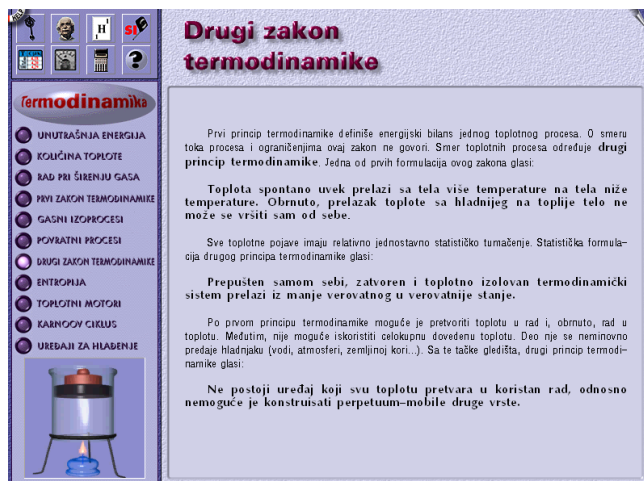


Слика 3.30 Презентација – Гасни изопроцеси/Изобарски процес

Главни део часа (25 минута)

Други принцип термодинамике

Наставник приказује презентацију **Други закон термодинамике** у оквиру које су презентоване три различите формулације овог закона.



Слика 3.31 Презентација – Други закон термодинамике

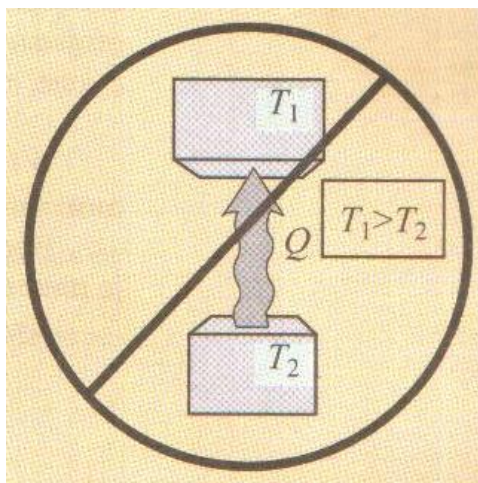
Након што прочита презентацију, наставник објашњава сваку формулацију појединачно.

Свакодневно искуство показује да топлота спонтано прелази са тела више на тело ниже температуре. Међутим, Први принцип термодинамике не би био нарушен ако би, обрнуто топлота прелазила и од тела ниже на тело више температуре, под условом да укупна енергија изолованог система остаје константна. Пракса показује да се такав процес спонтано никад не дешава.

Закључак: Смер топлотних процеса, њихова неповратност, не може се објаснити помоћу Првог принципа термодинамике.

Смер топлотних процеса одређује Други принцип термодинамике. Једна од најједноставнијих формулација Другог принципа термодинамике, која је резултат уопштавања великог броја чињеница гласи:

Топлота спонтано прелази са тела више на тело ниже температуре. Прелазак топлоте са хладнијег тела на топлије не може се одвијати сам од себе (спонтано) (Слика 3.32).



Слика 3.32 Други принцип термодинамике

Ученици записују формулацију Другог принципа термодинамике у свеске.

Први принцип термодинамике говори о могућности претварања одређене количине топлоте у рад, и обрнуто. При томе, нема ограничења у том смислу, који се део дате количине топлоте може претворити у рад.

Закључак: *Први принцип термодинамике не говори о томе да ли се целокупна количина топлоте коју систем може да прими Q може претворити у рад A .*

Одговор на ово питање даје Други принцип термодинамике.

Почетком 19. века, у вези са развојем парних машина наметнуло се и питање постизања њихове веће ефикасности. Наставник приказује презентацију **Топлотни мотори** (Слика 3.33) и стартује анимацију која приказује рад топлотног мотора.



Слика 3.33 Презентација – Топлотни мотори

Закључак: *Топлотни мотори су системи који претварају топлоту у механички рад. Сваки топлотни мотор састоји се из три дела: радног тела (гас, пара), грејача температуре T_1 и хладњака ниже температуре T_2 . За непрекидан рад топлотног мотора неопходно је да се процес ширења гаса (паре) периодично понавља. Скуп свих промена стања у току једног периода назива се термодинамички циклус. По завршетку једног циклуса радно тело се доводи у почетно стање.*

Ученици преписују са презентације дефиницију и главне делове топлотног мотора у свеске.

Наставник затим објашњава искоришћеност топлотних мотора.

Коефицијент корисног дејства топлотне машине дефинише се као однос између рада који обави машина и енергије коју она утроши (доведене количине топлоте):

$$\eta = \frac{A}{Q}$$

Вршени су многобројни неуспешни покушаји да се направи топлотна машина која би целокупну доведену количину топлоте претварала у механички рад ($\eta = 1$). Међутим, то није могуће јер се увек један део доведене количине топлоте обавезно губи на загревање

хладњака чија је температура виша од $0K$. Карно је доказао да је коефицијент корисног дејства увек:

$$\eta < \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Само у случају када би хладњак био на апсолутној нули ($T_2 = 0$), што је у принципу немогуће, имали бисмо $\eta = 1$.

Коефицијент корисног дејства топлотне машине може се написати у облику:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

где је Q_1 количина топлоте предата машини, Q_2 количина топлоте предата хладњаку, а разлика $Q_1 - Q_2$ једнака је извршеном раду: $A = Q_1 - Q_2$.

Отуда је :

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

С обзиром на то да је десна страна релације увек мања од 1 (јер је $T_2 > 0$), следи да је увек $Q_2 > 0$.

Закључак: *Немогуће је конструисати машину која би целокупну доведену количину топлоте претворила у рад (немогуће је конструисати перпетуум мобиле друге врсте).*

Ово представља још једну формулацију Другог принципа термодинамике.

Ученици записују у свеске формулу за израчунавање коефицијента корисног дејства и формулацију Другог принципа термодинамике.

Ентропија

Наставник приказује презентацију **Ентропија** (Слика 3.34), а затим анализира део по део презентације, изводећи са ученицима закључке са циљем да изведе статистичку формулацију Другог принципа термодинамике.

Entropija

Svaki termodinamički sistem se sastoji iz mnoštva molekula. Makroskopski gledano, njegovo stanje zavisi od prostorne raspodele i kretanja molekula. Malo je verovatno, praktično nemoguće, stanje u kojem se svi molekuli nalaze u istom delu prostora, imaju iste brzine i kreću se u istom pravcu i smeru. Najverovatnija su stanja koja su posledica neuređenosti u mikrosistemu: molekuli su ravnomerno raspoređeni po celom prostoru i kreću se haotično u svim pravcima, različitim brzinama. Haotično stanje je u termodinamici znatno verovatnije od uređenog. Prepušten samom sebi, gas će uvek težiti ka maksimalno neuređenom stanju.

Entropija je fizička veličina koja predstavlja kvantitativnu meru neuređenosti sistema.

Entropija je, kao i unutrašnja energija, funkcija stanja sistema i kao takva zavisi samo od parametara sistema (p, V, T). Teorijski gledano, na apsolutnoj nuli entropija je jednaka nuli jer nema kretanja (sistem je potpuno uređen). Svako dovođenje topline povećava kinetičku energiju molekula, njihovo haotično kretanje povećava neuređenost sistema i entropija raste. Za praćenje toka procesa bitna je promena entropije. Ona se definiše izrazom:

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

koji pokazuje gore navedeno, da entropija (neuređenost sistema – haos) raste dovođenjem topline.

Kako drugi princip termodinamike objašnjava toplotne procese u sistemu na osnovu njegovog mikroskopskog ponašanja, moguće je dati formulaciju ovog zakona i preko entropije.

U zatvorenom i toplotno izolovanom sistemu entropija može samo da raste, dostižući maksimum u stanju termodinamičke ravnoteže sistema:

Слика 3.34 Презентација – Ентропија

Ученици записују дефиницију ентропије и свеске:

Ентропија (S) је физичка величина која представља квантитативну меру неуређености (хаотичности) система.

Зкључци:

- *Уколико је систем уређенији, утолико је његова ентропија мања, а уколико је неуређенији (хаотичнији) његова ентропија је већа.*
- *Вероватније је термодинамичко стање система којег карактерише мања уређеност (већа хаотичност).*
- *Процеси се у природи спонтано одвијају тако да се из стања веће уређености прелази у стање мање уређености.*

Ученици затим преписују са презентације израз за промену ентропије:

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

Закључак: *Ентропија је функција стања система и зависи само од параметара који карактеришу стање система (p, V и T). За праћење тока процеса битна је промена ентропије. Ентропија (неуређеност система) расте довођењем топлоте, јер повишење температуре система повећава хаотично кретање честица (атома, молекула). Степен повећања нереди не зависи само од примљене количине топлоте, него и од тога на којој се температури врши тај процес (размена унутрашње енергије). На вишој температури неред неред у кретању молекула система је већи, па додатно доведена количина топлоте има мањи ефекат на неуређење. Што је температура нижа, тај ефекат је већи за исту вредност размењене унутрашње енергије (количине топлоте).*

Како други принцип термодинамике објашњава топлотне процесе у систему на основу његовог микроскопског понашања, могуће је дати формулацију овог закона и преко ентропије:

У затвореном и топлотно изолованом систему ентропија може само да расте, достижући максимум у стању термодинамичке равнотеже:

$$\Delta S \geq 0$$

Знак = се односи на повратне, а знак > на неповратне (реалне) процесе.

Ученици преписују са презентације у свеске статистичку формулацију Другог принципа термодинамике.

Завршни део часа (5-10 минута)

Час се завршава понављањем најбитнијих делова обрађеног градива.

Питања:

1. На који начин Други принцип термодинамике одређује смер топлотних процеса?
2. Шта су топлотни мотори? Наведи главне делове топлотног мотора.
3. Како се израчунава коефицијент корисног дејства топлотне машине?

4. Да ли је могуће целокупну количину топлоте доведену топлотној машини претворити у користан рад?
5. Дефиниши ентропију и наведи израз за промену ентропије система.
6. Шта је физички смисао појма ентропија?
7. Како гласи статистичка формулација Другог принципа термодинамике.

3.7.2 Примена мултимедије у реализацији часова понављања и утврђивања градива

Понављање и утврђивање градива реализовано је кроз решавање квалитативних задатака (задаци-питања) и квантитативних задатака (рачунских задатака) у оквиру модула **Питања и Задаци** мултимедијалног образовног софтвера Физика 2.

Одговор на задатак-питање појављује се у празном пољу са десне стране екрана, кликом миша на иконицу у облику знака питања испред одабраног питања (Слика 3.35).



Слика 3.35 Модул Питања

Решење одабраног рачунског задатка добија се кликом миша на редни број задатка аутоматски, по истеку времена од 10 минута, или кликом миша на опцију „хоћу одмах решење“ (Слика 3.36).



Слика 3.36 Модул Задаци

На часовима понављања и утврђивања градива, улога наставника била је да одабира одговарајуће задатке, као и да одговарајуће напомене, савете и инструкције за њихово решавање.

Приликом решавања квалитативних задатака (задаци-питања) наставник би прочитао питање, а ученици би се јављали да дају одговор. Након тога, одговор се приказује на платну пројектора, анализира и дискутује.

Приликом решавања квантитативних задатака (рачунских задатака) наставник би прочитао задатак и дао кратке напомене за његову израду. Ученици би записали податке из текста задатка у свеске и покушали самостално да ураде задатак. Током самосталне израде задатка, наставник активно прати и надгледа рад ученика и по потреби им помаже. Након тога решење задатка се приказује на платну пројектора, анализира и дискутује.

У оквиру наставних подтема Молекулско-кинетичка теорија гасова и Термодинамика планирано је и одржано 2 часа понављања и утврђивања градива.

Припрема за час

Наставни предмет: Физика

Разред: први

Наставна тема: Молекулска физика

Наставна подтема: Молекулско-кинетичка теорија гасова

Наставне јединице: Гасови. Основна једначина молекулско-кинетичке теорије гасова; Средња вредност кинетичке енергије молекула и температура идеалног гаса; Једначина идеалног гасног стања.

Тип часа: понављање и утврђивање градива

Образовни ниво: примена

Наставне методе: демонстрациона, дијалогска

Облик рада: комбиновани (фронтални, индивидуални)

Наставна средства: аудио-визуелна (рачунар са пројектором, мултимедијални образовни софтвер Физика 2)

Место рада: медијатека

Циљ часа: Обезбеђивање квалитета и трајности усвојених знања из молекулско-кинетичке теорије гасова.

Образовни задаци:

- Продубљивање и учвршћивање знања из молекулско-кинетичке теорије гасова.
- Конкретизација теоријских знања.

Функционални задаци:

- Оспособљавање ученика за примену усвојених знања кроз решавање квалитативних задатака (задаци-питања) и квантитативних задатака (рачунских задатака).
 - Развијање логичког мишљења.
 - Развијање критичког мишљења.
-

- Развијање способности израчунавања.
- Развијање самосталности у раду.
- Развијање прецизности у раду.
- Развијање систематичности у раду.

Васпитни задаци:

- Формирање радних навика.
- Развијање смисла за уредност.
- Развијање свести о повезаности физике са математиком.

Примери квантитативних и квалитативних задатака планираних за понављање и утврђивање градива

Квалитативни задаци (задачи-питања)

ПИТАЊА
KINETIČKA TEORIJA GASOVA

1. OBJASNITI POJAM PRITISKA GASA?

2. KOJE SU KARAKTERISTIKE IDEALNOG GASA?

3. ŠTA JE TO TEMPERATURA GASA?

4. KAKVA JE RAZLIKA IZMEĐU ČELZIJUSOVE I APSOLUTNE TEMPERATURSKE SKALE?

5. ŠTA POVEZUJE JEDNAČINA STANJA IDEALNOG GASA?

6. MOŽE LI SE PRIMENITI MODEL IDEALNOG GASA NA TEMPERATURI BLISKOU APSOLUTNOJ NILU?

7. ČEMU JE BRAZMERNJA SREDNJA KINETIČKA ENERGIJA MOLEKULA?

8. KADA SVI GASOVI U IDEALNOM GASNOM STANJU IMAJU ISTU SREDNJU KINETIČKU ENERGIJU?

9. DODATNI PREGLEDI I PREGLEDI IZ OBLASTI...

KOJE SU KARAKTERISTIKE IDEALNOG GASA?

Odgovor

RADI LAŠEG IZUČAVANJA GASOVA I PROCESA U NIMA, IZVRŠENE SU ODREĐENE APROKSIMACIJE SVOJSTAVA MOLEKULA U GASU. MOLEKULE IDEALNOG GASA SMATRAMO ELASTIČNIM KUGLICAMA, ZANEMARLJIVIH DIMENZIJA U ODNOSU NA DIMENZIJE SUDA U KOME SE NALAZE; MEĐUSOBNI SUDARI I SUDARI SA ZIDOVIMA SUDA SU APSOLUTNO ELASTIČNI; SVAKA MEĐUMOLEKULSKA INTERAKCIJA, OSIM ELASTIČNIH SUDARA, SE ZANEMARLJUJE. IAKO POJEDINOSTAVLJEN, MODEL IDEALNOG GASA DAJE DOVOLJNO DOBRE REZULTATE U ODREĐENOM OPSEGU TEMPERATURA I PRITISAKA.

Слика 3.37 Задатак-питање

ПИТАЊА
KINETIČKA TEORIJA GASOVA

1. KOJU BRZINU IMA NAJVEĆI BROJ MOLEKULA GASA?

2. KAKO SE MENJA RASPODELA BRZINA MOLEKULA U ZAVISNOSTI OD TEMPERATURE?

3. ŠTA JE TO FUNKCIJA RASPODELE BRZINE MOLEKULA?

4. OD ČEGA ZAVISI SREDNJA DUŽINA SLOBODNOG PUTA MOLEKULA?

5. KOJA BRZINA JE VEĆA: SREDNJA BRZINA MOLEKULA I BRZINA DIFUZIJE MOLEKULA?

6. OD ČEGA ZAVISI DIFUZIJA MOLEKULA?

7. ŠTA SE PRENOSI DIFUZIJOM?

8. KAKO SE ODREĐUJE SREDNJA ARITMETIČKA BRZINA MOLEKULA?

9. OBJASNITI POJAM PRITISKA GASA?

10. DODATNI PREGLEDI I PREGLEDI IZ OBLASTI...

KOJU BRZINU IMA NAJVEĆI BROJ MOLEKULA GASA?

Odgovor

MAKSIMUM FUNKCIJE RASPODELE MOLEKULA PO BRZINAMA ODGOVARA BRZINI KOJU NAZIVAMO NAJVEROVATNIJA BRZINA. VREDNOST OVE BRZINE DATA JE IZRAZOM:

$$v_{av} = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}}$$

NAJVEĆI BROJ MOLEKULA GASA IMA BRZINU BLISKU OVOJ VREDNOSTI. IZ IZRAZA VIDIMO DA OVA BRZINA, ZA ODREĐENI GAS, ZAVISI SAMO OD APSOLUTNE TEMPERATURE. ZAGREVANJEM GASA NAJVEROVATNIJA BRZINA SE POVEĆAVA.

Слика 3.38 Задатак-питање

KINETIČKA TEORIJA GASOVA

- 1 KOJU BRZINU IMA NA VEĆI BROJ MOLEKULA GASA?
- 2 KAKO SE MENJA RASPODELA BRZINA MOLEKULA U ZAVISNOSTI OD TEMPERATURE?
- 3 ŠTA JE TO FUNKCIJA RASPODELE BRZINE MOLEKULA?
- 4 OD ČEGA ZAVISI SREDNJA DUŽINA SLOBODNOG PUTA MOLEKULA?
- 5 KOJA BRZINA JE VEĆA: SREDNJA BRZINA MOLEKULA ILI BRZINA DIFUZIJE MOLEKULA?
- 6 OD ČEGA ZAVISI DIFUZIJA MOLEKULA?
- 7 ŠTA SE PRENOSI DIFUZIJOM?
- 8 KAKO SE ODREĐUJE SREDNJA ARITMETIČKA BRZINA MOLEKULA?
- 9 OBJASNITI POJAM PRITISKA GASA?

OBJASNITI POJAM PRITISKA GASA?

Odgovor

MOLEKULI GASA U NEKOM SUDU KREĆU SE U SVIM PRAVCIMA I SMEROVIMA RAVNOPRAVNO PRI ČEMU SE MEĐUSOBNO SUDARAJU I SUDARAJU SA ZIDOVIMA SUDA. SVAKI SUDAR SA ZIDOM SUDA, BEZ OBZIRA DA LI GA POSMATRAMO KAO ELASTIČAN ILI NEELASTIČAN, PREDSTAVLJA MEĐUSOBNU INTERAKCIJU MOLEKULA I SUDA. KAKO SE U GASU MALAZI ODKROMAN BROJ MOLEKULA, TO SE U SVAKOM DELU PLOŠNE SUDA, U SVAKOM TREMNUTLU, ODVLA VELIKI BROJ SUDARA MOLEKUL-ZID SUDA. NARAVNO, AKO U GAS UNESEMO BILO KOJE DRUGO Telo, NA NJEGA ĆE KAO I NA SUD DELOVATI MOLEKULI GASA ISTIM PRITISKOM. U SLUČAJU DA NE POSTOJI NIKAKVO STRANO Telo, KOJE BI POREMETILO KONCENTRACIJU MOLEKULA, PRITISAK GASA U SVIM PRAVCIMA JE ISTI.

Слика 3.39 Задатак-питање

KINETIČKA TEORIJA GASOVA

- 1 KOJE SU KARAKTERISTIKE IDEALNOG GASA?
- 2 ŠTA JE TO TEMPERATURA GASA?
- 3 KAKVA JE RAZLIKA IZMEĐU CELZIUSOVE I APSOLUTNE TEMPERATURSKE SKALE?
- 4 ŠTA POVEZUJE JEDNAČINA STANJA IDEALNOG GASA?
- 5 MOŽE LI SE PRIMENITI MODEL IDEALNOG GASA NA TEMPERATURI BLISKOJ APSOLUTNOJ NILU?
- 6 ČEMU JE SRAZMERNIA SREDNJA KINETIČKA ENERGIJA MOLEKULA?
- 7 KADA SVI GASOVI U IDEALNOM GASNOM STANJU IMAJU ISTU SREDNJU KINETIČKU ENERGIJU?
- 8 POD KOJIM USLOVIMA JE PRIMENLJIV AVOGADROV ZALON?

KADA SVI GASOVI U IDEALNOM GASNOM STANJU IMAJU ISTU SREDNJU KINETIČKU ENERGIJU?

Odgovor

IZ IZRAZA ZA SREDNJU KINETIČKU ENERGIJU MOLEKULA GASA:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$$

VIDIMO DA ONA NE ZAVISI OD VRSTE GASA, VEĆ SAMO OD APSOLUTNE TEMPERATURE (T). ZBOG TOGA ZAKLJUČUJEMO DA SVI GASOVI NA ISTOJ TEMPERATURI IMAJU ISTE SREDNJE KINETIČKE ENERGIJE.

Слика 3.40 Задатак-питање

KINETIČKA TEORIJA GASOVA

- 1 OD ČEGA ZAVISI DIFUZIJA MOLEKULA?
- 2 ŠTA SE PRENOSI DIFUZIJOM?
- 3 KAKO SE ODREĐUJE SREDNJA ARITMETIČKA BRZINA MOLEKULA?
- 4 OBJASNITI POJAM PRITISKA GASA?
- 5 KOJE SU KARAKTERISTIKE IDEALNOG GASA?
- 6 ŠTA JE TO TEMPERATURA GASA?
- 7 KAKVA JE RAZLIKA IZMEĐU CELZIUSOVE I APSOLUTNE TEMPERATURSKE SKALE?
- 8 ŠTA POVEZUJE JEDNAČINA STANJA IDEALNOG GASA?
- 9 MOŽE LI SE PRIMENITI MODEL IDEALNOG GASA NA TEMPERATURI BLISKOJ APSOLUTNOJ NILU?
- 10 ČEMU JE SRAZMERNIA SREDNJA KINETIČKA

ŠTA JE TO TEMPERATURA GASA?

Odgovor

TEMPERATURA GASA JE FIZIČKA VELIČINA KOJA SA STANOVIŠTA MOLEKULSKO-KINETIČKE TEORIJE KARAKTERIŠE INTENZITET TOPLOTNOG KRETANJA MOLEKULA U GASU. ONA JE, PRE SVEGA, MERA SREDNJE KINETIČKE ENERGIJE TRANSLATORNOG KRETANJA MOLEKULA GASA. VEZA KINETIČKE ENERGIJE I APSOLUTNE TEMPERATURE DATA JE IZRAZOM:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT .$$

Слика 3.41 Задатак-питање

BITANJA
KINETIČKA TEORIJA GASOVA

ŠTA JE TO TEMPERATURA GASA?

KAKVA JE RAZLIKA IZMEĐU ČELZIJSOVE I APSOLUTNE TEMPERATURSKE SKALE?

ŠTA POVEZUJE JEDNAČINA STANJA IDEALNOG GASA?

MOŽE LI SE PRIMENITI MODEL IDEALNOG GASA NA TEMPERATURI BLISKOJ APSOLUTNOJ NILU?

ČEMU JE SRAZMERNNA SREDNJA KINETIČKA ENERGIJA MOLEKULA?

KADA SVI GASOVI U IDEALNOM GASNOM STANJU IMAJU ISTU SREDNJU KINETIČKU ENERGIJU?

POD KOJIM USLOVIMA JE PRIMENJIV AVOGADROV ZAKON?

KAKVA JE VEZA BOLCMANOVE I UNIVERZALNE GASNE KONSTANTE?

ODGOVOR

RAZLIKA ČELZIJSOVE I APSOLUTNE TEMPERATURSKE SKALE JE U POČETNOJ (NILTOJ) TAČKI. DOK JE NILA ČELZIJSOVE SKALE (0°C) U TAČKI TOPLENJA LEDA NA NORMALNOM ATMOSFERSKOM PRITISKU, APSOLUTNA NILA (0 K) JE UZETA KAO TAČKA MINIMALNE (NAJNIŽE MOGUĆE) TERMODINAMIČKE TEMPERATURE. MEĐUSOBNA VEZA OVIH SKALA DATA JE IZRAZOM:

$$T[K] = t[°C] + 273,15$$

Слика 3.42 Задатак-питање

BITANJA
KINETIČKA TEORIJA GASOVA

APSOLUTNE TEMPERATURSKE SKALE?

ŠTA POVEZUJE JEDNAČINA STANJA IDEALNOG GASA?

MOŽE LI SE PRIMENITI MODEL IDEALNOG GASA NA TEMPERATURI BLISKOJ APSOLUTNOJ NILU?

ČEMU JE SRAZMERNNA SREDNJA KINETIČKA ENERGIJA MOLEKULA?

KADA SVI GASOVI U IDEALNOM GASNOM STANJU IMAJU ISTU SREDNJU KINETIČKU ENERGIJU?

POD KOJIM USLOVIMA JE PRIMENJIV AVOGADROV ZAKON?

KAKVA JE VEZA BOLCMANOVE I UNIVERZALNE GASNE KONSTANTE?

ŠTA SE IZRAČUNAVA POMOĆU BOLCMANOVE BAROMETARSKE FORMULE?

ODGOVOR

JEDNAČINA STANJA IDEALNOG GASA:

$$p \cdot V = N \cdot k \cdot T$$

POVEZUJE TRI OSNOVNA PARAMETRA STANJA: PRITISAK (p), ZAPREMINU (V) I APSOLUTNU TEMPERATURU (T). ONA VAŽI ZA SVE IDEALNE GASOVE. VEZNOŠT $N \cdot k$ (N - BROJ MOLEKULA, k - BOLCMANOVA KONSTANTA) MOŽE SE PRIKAZATI I KAO $n_m \cdot R$ (n_m - BROJ MOLEVA, R = $N_A \cdot k$ - UNIVERZALNA GASNA KONSTANTA), PA SE JEDNAČINA STANJA IDEALNOG GASA MOŽE PISATI U OBLIKU

$$p \cdot V = n_m \cdot R \cdot T$$

Слика 3.43 Задатак-питање

Квантитативни задаци (рачунски задаци)

ZADACI
KINETIČKA TEORIJA GASOVA

KOLIKI JE PRITISAK GASA ISPOD KLIPA ČIJA JE POVRŠINA 1 dm², A MASA 0,5 kg?

U BALONU ZAPREMINE 2 dm³ NALAZI SE GAS POD PRITISKOM p=2·10⁵ Pa. AKO SE NAKRATKO OTVORI SLAVINA U BALONU PRITISAK PADNE NA p₁=1,2·10⁵ Pa. KOLIKU ZAPREMINU ZAUZME ISTEKLI GAS AKO JE OKOLINA NA ATMOSFERSKOM PRITISKU, p_a=10⁵ Pa?

DVA ODVOJENA SUDA ZAPREMINE V₁=2L, V₂=6L IŠFUMJENA SU VAZDUHOM POD PRITISKOM p₁=1 MPa I p₂=0,5 MPa. NAČI PRITISAK U SUDOVIMA I MASU RAZMENJENOG VAZDUHA AKO SE SUDOVI SPOJE CEVIČOM NA TEMPERATURI OD 27°C.

KOLIKI JE MASA VAZDUHA POD NORMALNIM USLOVIMA, p_a=10⁵ Pa, t=17°C, U SVOJ DIMENZIJA 4m x 4m x 3m? MOLARNA MASA VAZDUHA JE 29 g/mol. KOLIKI JE GUSTINA VAZDUHA?

Rešenje

PRITISAK U GASU ISPOD KLIPA JEDNAK JE ZDIRU ATMOSFERSKOG PRITISKA (p_a) I PRITISKA KLIPA

$$p = \frac{Q}{S}$$

$$p = p_a + \frac{Q}{S} = p_a + \frac{mg}{S} = 10^5 + \frac{0,5 \cdot 9,81}{10^{-4}} = 1,49 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Слика 3.44 Рачунски задатак

ZADACI
KINETIČKA TEORIJA GASOVA

1. KOLIKI JE PRITISAK AZOTA U SUDU NA TEMPERATURI 400K AKO JE NJEGOVA GUSTINA 1.8 kg/m³ ?

2. ODREDITI UKUPNU KINETIČKU ENERGIJU SVIH MOLEKULA GASA KOJI SE NALAZI POD PRITISKOM 10⁴ Pa, U SUDU ZAPREKINE 5L.

3. KOLIKO SE MOLEKULA GASA NALAZI U SUDU ZAPREKINE 100 dm³ NA TEMPERATURI 400 K I PRITISKU OD 10⁵ Pa ?

4. KOLIKA JE MASA ATOMA UGLJENIKA A KOLIKA VODONIKA, AKO SE U 5 kg GASA CH₄ NALAZI N=1,88 10²⁶ MOLEKULA?

5. POZNATO JE DA SE VAZDUH PRETEŽNO SASTOJI IZ AZOTA (72,5%) I KISEONIKA (27,5%). ODREDITI NJEGOVI MOLARNU MASU.

6. GAS POD NORMALNIM USLOVIMA IMA ZAPREKINU V₀=1cm³. KOLIKI ĆE BITI PRITISAK GASA AKO SE ON, PRI STALNOJ TEMPERATURI, SABLJE DO ZAPREKINE

Rešenje

IZ JEDNAČINE STANJA:
$$p \cdot V = n_m \cdot R \cdot T,$$

I ZNAJUĆI DA SE BROJ MOLEKULA MOŽE NAFISATI U OBLIKU:
$$n_m = \frac{m}{M},$$

DOBIJAMO:
$$p = \frac{m}{V} \cdot \frac{1}{M} RT = \frac{\rho \cdot R \cdot T}{M} = \frac{1,8 \cdot 8,314 \cdot 400}{28 \cdot 10^{-3}} = 2,14 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$

Слика 3.45 Рачунски задатак

ZADACI
KINETIČKA TEORIJA GASOVA

1. KOLIKI JE PRITISAK AZOTA U SUDU NA TEMPERATURI 400K AKO JE NJEGOVA GUSTINA 1.8 kg/m³ ?

2. ODREDITI UKUPNU KINETIČKU ENERGIJU SVIH MOLEKULA GASA KOJI SE NALAZI POD PRITISKOM 10⁴ Pa, U SUDU ZAPREKINE 5L.

3. KOLIKO SE MOLEKULA GASA NALAZI U SUDU ZAPREKINE 100 dm³ NA TEMPERATURI 400 K I PRITISKU OD 10⁵ Pa ?

4. KOLIKA JE MASA ATOMA UGLJENIKA A KOLIKA VODONIKA, AKO SE U 5 kg GASA CH₄ NALAZI N=1,88 10²⁶ MOLEKULA?

5. POZNATO JE DA SE VAZDUH PRETEŽNO SASTOJI IZ AZOTA (72,5%) I KISEONIKA (27,5%). ODREDITI NJEGOVI MOLARNU MASU.

6. GAS POD NORMALNIM USLOVIMA IMA ZAPREKINU V₀=1cm³. KOLIKI ĆE BITI PRITISAK GASA AKO SE ON, PRI STALNOJ TEMPERATURI, SABLJE DO ZAPREKINE

Rešenje

KINETIČKA ENERGIJA GASA JEDNAKA JE ZBIRU KINETIČKIH ENERGIJA SVIH MOLEKULA, ODNOSNO

$$E_k = N \cdot \bar{E}_k = N \cdot \frac{m_0 v^2}{2} = N \cdot \frac{m_0 3kT}{2m_0} = \frac{3}{2} NkT.$$

KAKO JE $N = n_m N_A$, DOBIJAMO:

$$E_k = \frac{3}{2} n_m RT.$$

NA OSNOVU OVOG IZRAZA I KORISTEĆI JEDNAČINU STANJA IDEALNOG GASA:

$$pV = n_m RT,$$

DOBIJAMO:

$$E_k = \frac{3}{2} pV = \frac{3}{2} \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 75 \text{ J}.$$

Слика 3.46 Рачунски задатак

ZADACI
KINETIČKA TEORIJA GASOVA

1. KOLIKI JE PRITISAK AZOTA U SUDU NA TEMPERATURI 400K AKO JE NJEGOVA GUSTINA 1.8 kg/m³ ?

2. ODREDITI UKUPNU KINETIČKU ENERGIJU SVIH MOLEKULA GASA KOJI SE NALAZI POD PRITISKOM 10⁴ Pa, U SUDU ZAPREKINE 5L.

3. KOLIKO SE MOLEKULA GASA NALAZI U SUDU ZAPREKINE 100 dm³ NA TEMPERATURI 400 K I PRITISKU OD 10⁵ Pa ?

4. KOLIKA JE MASA ATOMA UGLJENIKA A KOLIKA VODONIKA, AKO SE U 5 kg GASA CH₄ NALAZI N=1,88 10²⁶ MOLEKULA?

5. POZNATO JE DA SE VAZDUH PRETEŽNO SASTOJI IZ AZOTA (72,5%) I KISEONIKA (27,5%). ODREDITI NJEGOVI MOLARNU MASU.

6. GAS POD NORMALNIM USLOVIMA IMA ZAPREKINU V₀=1cm³. KOLIKI ĆE BITI PRITISAK GASA AKO SE ON, PRI STALNOJ TEMPERATURI, SABLJE DO ZAPREKINE

Rešenje

IZ JEDNAČINE STANJA

$$pV = NkT,$$

DOLAZIMO DO UKUPNOG BROJA MOLEKULA:

$$N = \frac{pV}{kT} = \frac{10^4 \cdot 10^{-4}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 4 \cdot 10^2} = 1,81 \cdot 10^{24}.$$

Слика 3.47 Рачунски задатак

ZADACI
KINETIČKA TEORIJA GASOVA

18 KOLIKO JE MASA VAZDUHA POD NORMALNIM USLOVIMA, $p_n=10^5$ Pa, $t=17^\circ\text{C}$, U BODI DIMENZIJA $4\text{m} \times 4\text{m} \times 3\text{m}$? MOLARNA MASA VAZDUHA JE 29 g/mol. KOLIKA JE GUSTINA VAZDUHA?

19 ODREDITI GUSTINU SMESJE KOJA SE BASTOJI OD 4g VODONIKA I 32g KISEONIKA NA TEMPERATURI 27°C I PRITISKU $3 \cdot 10^4$ Pa.

20 U JEZERU NA DUBINI $h=100$ m, LEDDI OUMENA ELASTIČNA LOPTA, MASE 40g NAPUNJENA VAZDUHOM. KOLIKA JE MASA VAZDUHA U LOPTI, AKO JE TEMPERATURA VODE 7°C ?

21 GAS U OUMENOM (ELASTIČNOM) BALONU ZAGREJE SE OD 27°C DO 57°C . ZA KOLIKO PROCENATA SE PRI TOME POVEĆALA ZAPREMINA BALONA AKO JE PRITISAK OSTAO NEPROMENJEN?

22 OTVORENI EPRUVETU S VAZDUHOM ZA-

Rešenje

DO KOLIČINE SUPSTANCIJE GASA (BROJA MOLEVA) DOLAZIMO IZ JEDNAČINE STANJA IDEALNIH GASOVA:

$$pV = n_n RT \Rightarrow n_n = \frac{pV}{RT}$$

U NAŠEM SLUČAJU JE

$$p = p_n, V = 4 \cdot 4 \cdot 3 = 48\text{m}^3, T = 273 + 17 = 290\text{K},$$

PA JE:

$$n_n = \frac{10^5 \cdot 48}{8,314 \cdot 29 \cdot 10^2} \approx 2 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

MASA VAZDUHA JE

$$m = n_n \cdot M = 2 \cdot 10^3 \cdot 29 \cdot 10^{-3} = 58 \text{ kg},$$

A NJEGOVA GUSTINA

$$\rho = \frac{m}{V} = 1,21 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Слика 3.48 Рачунски задатак

Припрема за час

Наставни предмет: Физика

Разред: први

Наставна тема: Молекулска физика

Наставне подтеме: Молекулско-кинетичка теорија гасова и Термодинамика

Наставне јединице: Дискусија једначине идеалног гасног стања – закони идеалних гасова: Бојл-Мариотов закон, Геј-Лисаков закон и Шарлов закон; Други принцип термодинамике. Ентропија.

Тип часа: понављање и утврђивање градива

Образовни ниво: примена

Наставне методе: демонстрациона, дијалогска

Облик рада: комбиновани (фронтални, индивидуални)

Наставна средства: аудио-визуелна (рачунар са пројектором, мултимедијални образовни софтвер Физика 2)

Место рада: медијатека

Циљ часа: Обезбеђивање квалитета и трајности усвојених знања из молекулско-кинетичке теорије гасова и термодинамике.

Образовни задаци:

- Продубљивање и учвршћивање знања из молекулско-кинетичке теорије гасова.
- Конкретизација теоријских знања.

Функционални задаци:

- Оспособљавање ученика за примену усвојених знања кроз решавање квалитативних задатака (задаци-питања) и квантитативних задатака (рачунских задатака).
- Развијање логичког мишљења.

- Развијање критичког мишљења.
- Развијање способности израчунавања.
- Развијање самосталности у раду.
- Развијање прецизности у раду.
- Развијање систематичности у раду.

Васпитни задаци:

- Формирање радних навика.
- Развијање смисла за уредност.
- Развијање свести о повезаности физике са математиком.

Примери квантитативних и квалитативних задатака планираних за понављање и утврђивање градива

Квалитативни задаци (задаци-питања)

TERMODINAMIKA

ПИТАЊА

1. НА КОЈЕ СЕ НАЧИНЕ МОЖЕ ИЗМЕНИТИ УНУТРАШЊА ЕНЕРГИЈА ТЕРМОДИНАМИЧКОГ СИСТЕМА (ГАСА У СУДУ)?

2. ЗООД ЧЕГА СЕ ПУМПА ПРИ ПУМΠΑЊУ ЛОПТЕ ЗАКРЕЉЕ?

3. КОЈА ЈЕ РАЗИКА ИЗМЕЂУ УНУТРАШЊЕ ЕНЕРГИЈЕ И КОЛИЧИНЕ ТОПЛОТЕ?

4. ДА ЛИ ЈЕ ИЗВРШЕНИ РАД ПРИ ПРОМЕНИ ЗАПРЕМНЕ ГАСА ОДРЕЂЕН САМО ПОЉЕТНИМ И КРАЈЊИМ СТАЊИМА ГАСА?

5. КОЈИ ЈЕ СПЕЦИФИЧНИ ТОПЛОТНИ КАПАЦИТЕТ ВЕЋИ ОНАЈ ПРИ СТАЛНОЈ ЗАПРЕМНИ (c_v) ИЛИ ПРИ СТАЛНОМ ПРИСКУ (c_p)?

6. КАКО ГЛАСИ ВЕЗА СПЕЦИФИЧНИХ МОЛАРНИХ КАПАЦИТЕТА ПРИ СТАЛНОМ ПРИСКУ (C_p) И ПРИ СТАЛНОЈ ЗАПРЕМНИ (C_v)?

7. ГАС СЕ МОЖЕ ШРИТИ ИЗТЕРМЕКИ (СТАЛНА ТЕМПЕРАТУРА) ИЛИ ИЗОВАРСКИ (СТАЛНИ ПРИ-

Одговор

УНУТРАШЊА ЕНЕРГИЈА СИСТЕМА (ГАСА) МОЖЕ СЕ МЕНЈАТИ НА ДВА ОСНОВНА НАЧИНА: ТОПЛОТНОМ КАЗМЕНОМ СА ОКОЛНИМ ТЕЛИМА (ДОВОЂЕЊЕМ ИЛИ ОДВОЂЕЊЕМ ТОПЛОТЕ) И ВРШЕЊЕМ РАДА НАД СИСТЕМОМ (УНУТРАШЊА ЕНЕРГИЈА СЕ ПОВЕЋАВА), ОДНОСНО КАД СИСТЕМ ВРШИ РАД НА РАЧУН СМАЊЕЊА СОПСТВЕНЕ УНУТРАШЊЕ ЕНЕРГИЈЕ. НАЈЧЕШЋЕ СЕ ДЕЂАВАЈУ ТОПЛОТНИ ПРОЦЕСИ ПРАЋЕНИ ИСТОВРЕМЕНО ИЗМЕНОМ ТОПЛОТЕ И ВРШЕЊЕМ МЕХАНИЧКОГ РАДА.

Слика 3.49 Задатак-питање

TERMODINAMIKA

ПИТАЊА

1. ШТА СЕ МОЖЕ КАЗАТИ О СМЕРУ ТОПЛОТНИХ ПОЈАВА?

2. НА КОЈЕ СЕ СВЕ НАЧИНЕ МОЖЕ ДЕФИНИСАТИ ДРУГИ ПРИНЦИП ТЕРМОДИНАМИКЕ?

3. КОЛИКА ЈЕ ЕНТРОПИЈА ТЕРМОДИНАМИЧКОГ СИСТЕМА НА АБСОЛУТНОЈ НУЛИ?

4. НАВЕСТИ НЕКЕ ПРИМЕРЕ ГДЕ СЕ НАОТЉНО КРЕТАЊЕ МОЛЕКУЛА ГАСА ПРЕТВАРА У УРЕЂЕНО КРЕТАЊЕ ГАСА КАО ЦЕЛИНЕ.

5. ШТА ЈЕ ТО ТОПЛОТНИ КРУЖНИ ЦИКЛУС?

6. ИЗ КОЈИХ ТОПЛОТНИХ ПРОЦЕСА СЕ СASTОЈИ КАРНОВО ЦИКЛУС И КОЈЕ СУ ЊЕГОВЕ ПРЕДНОСТИ У ОДНОСУ НА ОСТАЛЕ ТОПЛОТНЕ ЦИКЛУСЕ?

7. КОЈИ УСЛОВ ТРЕБА ДА БУДЕ ИСПУЊЕН ДА БИ КОЕФИЦИЈЕНТ КОРИСНОГ ДЕЈСТВА ТОПЛОТНОГ МОТОРА БИО 1? ДА ЛИ ЈЕ ТО ПРАКТИЧНО ОСТВАРЉИВО?

Одговор

ПОСТОЈИ НЕКОЛИКО ДЕФИНИЦИЈА ИЛИ ПРИНЦИПА ТЕРМОДИНАМИКЕ:

- НЕ ПОСТОЈИ ТОПЛОТНИ ПРОЦЕС У КОМЕ БИ ЈЕДИНИ РЕЗУЛТАТ БИО ПРЕТВРАЊЕ ТОПЛОТЕ У РАД.
- НЕМОГУЋЕ ЈЕ КОНСТРУИСАТИ *PERPETUUM MOBILE* ДРУГЕ ВРСТЕ.
- ТОПЛОТА СПОНТАНО ПРЕЛАЗИ СА ТЕЛА КОЈЕ ИМА ВИШУ ТЕМПЕРАТУРУ НА ТЕЛО НИЖЕ ТЕМПЕРАТУРЕ, ОБРЕНУТ ПРОЦЕС, ПРЕЛАЗАК ТОПЛОТЕ СА ХЛАДНИЈЕГ НА ТОПЛИЈЕ ТЕЛО, НИЈЕ МОГУЋ САМО СЕБИ.
- ПРЕПУШТЕН САМОМ СЕБИ, ЗАТВОРЕН И ТОПЛОТНО ИЗОЛОВАН ТЕРМОДИНАМИЧКИ СИСТЕМ ПРЕЛАЗИ ИЗ МАЊЕ ВЕРОВАТНИЈЕ У ВЕРОВАТНИЈЕ СТАЊЕ (СТАТИСТИЧКО ТИМАЊЕЊЕ).

Слика 3.50 Задатак-питање

ПИТАЊА
TERMODINAMIKA

1. ŠTA SE MOŽE KAZATI O SMERU TOPLOTNIH POJAVI?

2. NA KOJE SE SVE NAČINE MOŽE DEFINISATI DRUGI PRINCIP TERMODINAMIKE?

3. KOLIKA JE ENTROPIJA TERMODINAMIČKOG SISTEMA NA APSOLUTNOJ NILI?

4. NAVESTI NEKE PRIMERE GDE SE HAOTIČNO KRETANJE MOLEKULA GASA PRETVARA U UREĐENO KRETANJE GASA KAO CELINE.

5. ŠTA JE TO TOPLOTNI KRUŽNI CIKLUS?

6. IZ KOJIH TOPLOTNIH PROCESA SE SASTOJI KARNOOV CIKLUS I KOJE SU NJEGOVE PREDNOSTI U ODNOSU NA OSTALE TOPLOTNE CIKLUSE?

7. KOJI USLOV TREBA DA BUDE ISPUNJEN DA BI KOEFICIENT KORISNOG DEJSTVA TOPLOTNOG MOTORA BIO 1? DA LI JE TO PRAKTIČNO OSTVARLJIVO?

КОЛИКА ЈЕ ЕНТРОПИЈА ТЕРМОДИНАМИЧКОГ СИСТЕМА НА АПСОЛУТНОЈ НИЛИ?

Одговор

ПОЛАЗЕЋИ ОД ДЕФИНИЦИЈЕ: ЕНТРОПИЈА ЈЕ ФИЗИЧКА ВЕЉИНА КОЈА ИЗРАЖАВА КВАНТИТАТВНУ МЕРУ НЕУРЕЂЕНОСТИ TERMODINAMIČKOG СИСТЕМА, I ЗНАЈУЋИ ДА, ПО МОЛЕКУЛСКО-КИНЕТИЧКОЈ ТЕОРИЈИ ГАСОВА, МОЛЕКУЛИ СИСТЕМА ПОТПУНО МИРУЈУ НА АПСОЛУТНОЈ НИЛИ, ЗАКЉУЧУЈЕМО ДА ЈЕ ЕНТРОПИЈА У ТОМ СЛУЧАЈУ ЈЕДНАКА НИЛИ.

ИПАК, ТРЕБА НАГЛАСИТИ ДА МОЛЕКУЛСКО-КИНЕТИЧКА ТЕОРИЈА НИЈЕ ПРИМЕНЈИВА НА ВРЕЛО НИКИМ ТЕМПЕРАТУРАМА (БЛИСКИМ АПСОЛУТНОЈ НИЛИ), ПА НАŠ ЗАКЉУЧАК ВАЖИ САМО АПРОКСИМАТИВНО.

Слика 3.51 Задатак-питање

ПИТАЊА
TERMODINAMIKA

1. ŠTA SE MOŽE KAZATI O SMERU TOPLOTNIH POJAVI?

2. NA KOJE SE SVE NAČINE MOŽE DEFINISATI DRUGI PRINCIP TERMODINAMIKE?

3. KOLIKA JE ENTROPIJA TERMODINAMIČKOG SISTEMA NA APSOLUTNOJ NILI?

4. NAVESTI NEKE PRIMERE GDE SE HAOTIČNO KRETANJE MOLEKULA GASA PRETVARA U UREĐENO KRETANJE GASA KAO CELINE.

5. ŠTA JE TO TOPLOTNI KRUŽNI CIKLUS?

6. IZ KOJIH TOPLOTNIH PROCESA SE SASTOJI KARNOOV CIKLUS I KOJE SU NJEGOVE PREDNOSTI U ODNOSU NA OSTALE TOPLOTNE CIKLUSE?

7. KOJI USLOV TREBA DA BUDE ISPUNJEN DA BI KOEFICIENT KORISNOG DEJSTVA TOPLOTNOG MOTORA BIO 1? DA LI JE TO PRAKTIČNO OSTVARLJIVO?

ŠTA JE TO TOPLOTNI CIKLUS?

Одговор

ТОПЛОТНИ CIKLUS ПРЕДСТАВЉА НИЗ ТОПЛОТНИХ ПРОЦЕСА (ДВА ИЛИ ВИШЕ), ТАКВИХ ДА СЕ РАДНО ТЕЛО (ГАС, ПАРА) ПО ЗАВРШЕТКУ CIKLUSA ДОВОДИ У ПОЧЕТНО СТАЊЕ. У ТОКУ ЈЕДНОГ CIKLUSA У СИСТЕМУ СЕ ДЕШАВАЈУ РАЗНИ ПРОЦЕСИ: ДОВОДИ МУ СЕ I ОДОВОДИ ТОПЛОТА, ВЕЌИ СЕ МЕХАНИЧКИ РАД... ИАКО СЕ У ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВИМА CIKLUSA МЕНЈА УНИТРАШЊА ЕНЕРГИЈА СИСТЕМА (ХЛАДИ СЕ ИЛИ ГРЕЈЕ), УКУПНА ПРОМЕНА УНИТРАШЊЕ ЕНЕРГИЈЕ ЈЕ НИЛА ($\Delta U=0$), ЈЕР СЕ СИСТЕМ ВРАЋА У СТАЊЕ ПОЧЕТНО СТАЊЕ.

Слика 3.52 Задатак-питање

ПИТАЊА
TERMODINAMIKA

1. ŠTA SE MOŽE KAZATI O SMERU TOPLOTNIH POJAVI?

2. NA KOJE SE SVE NAČINE MOŽE DEFINISATI DRUGI PRINCIP TERMODINAMIKE?

3. KOLIKA JE ENTROPIJA TERMODINAMIČKOG SISTEMA NA APSOLUTNOJ NILI?

4. NAVESTI NEKE PRIMERE GDE SE HAOTIČNO KRETANJE MOLEKULA GASA PRETVARA U UREĐENO KRETANJE GASA KAO CELINE.

5. ŠTA JE TO TOPLOTNI KRUŽNI CIKLUS?

6. IZ KOJIH TOPLOTNIH PROCESA SE SASTOJI KARNOOV CIKLUS I KOJE SU NJEGOVE PREDNOSTI U ODNOSU NA OSTALE TOPLOTNE CIKLUSE?

7. KOJI USLOV TREBA DA BUDE ISPUNJEN DA BI KOEFICIENT KORISNOG DEJSTVA TOPLOTNOG MOTORA BIO 1? DA LI JE TO PRAKTIČNO OSTVARLJIVO?

КОЈИ УСЛОВ ТРЕБА ДА БУДЕ ИСПУЊЕН ДА БИ КОЕФИЦИЈЕНТ КОРИСНОГ ДЕЈСТВА ТОПЛОТНОГ МОТОРА БИО 1? ДА ЛИ ЈЕ ТО ПРАКТИЧНО ОСТВАРЉИВО?

Одговор

ИЗ ИЗРАЗА ЗА КОЕФИЦИЈЕНТ КОРИСНОГ ДЕЈСТВА КАРНООВОГ CIKLUSA:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

ЗАКЉУЧУЈЕМО ДА БИ У СЛУЧАЈУ СМАЊИВАЊА ТЕМПЕРАТУРЕ ХЛАДНИЈАКА ДО АПСОЛУТНЕ НИЛЕ ($T_2=0K$) КОЕФИЦИЈЕНТ КОРИСНОГ ДЕЈСТВА ПОСТАО

$$\eta = 1 - \frac{0}{T_1} = 1$$

ПРАКТИЧНО, ОВО ЈЕ НЕМОГУЋЕ ИЗВЕСТИ (НЕМОГУЋЕ ЈЕ ПОСТИЋИ АПСОЛУТНУ НИЛУ), О ЧЕМУ I ГОВОРИ ДРУГИ ПРИНЦИП TERMODINAMIKE: НЕ ПОСТОЈИ TERMODINAMIČКИ ПРОЦЕС У КОЈЕМ БИ ЈЕДИНИ РЕЗУЛТАТ БИО ПРЕТВАРАЊЕ ТОПЛОТЕ У РАД, ОДНОСНО, НЕМОГУЋЕ ЈЕ КОНСТРУИСАТИ PERPETUUM MOBILE ДРУГЕ ВРСТЕ.

Слика 3.53 Задатак-питање

Квантитативни задаци (рачунски задаци)

ZADACI
KINETIČKA TEORIJA GASOVA

1. GAS POD NORMALNIM USLOVIMA IMA ZAPREMINU $V_0 = 1 \text{ cm}^3$. KOLIKI ĆE BITI PRITISAK GASA AKO SE ON, PRI STALNOJ TEMPERATURI, SABAJE DO ZAPREME $V_1 = 0,1 \text{ mm}^3$?

2. KOLIKI JE PRITISAK GASA ISPOD KLIPA ĆIJA JE POKRŠINA 1 dm^2 , A MASA $0,5 \text{ kg}$?

3. U BALONU ZAPREME 2 dm^3 NALAZI SE GAS POD PRITISKOM $p = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. AKO SE NAKRATKO OTVORI BLAVINA U BALONU PRITISAK PADNE NA $p_1 = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. KOLIKU ZAPREMINU ZAUZME ISTEKLI GAS AKO JE OKOLINA NA ATMOSFERSKOM PRITISKU, $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$?

4. DVA ODVOJENA SUDA ZAPREME $V_1 = 2 \text{ L}$, $V_2 = 6 \text{ L}$ ISPUJENA SU VAZDUHOM POD PRITISKOM $p_1 = 1 \text{ MPa}$ I $p_2 = 0,5 \text{ MPa}$. NAČI PRITISAK U SUDOVIMA I MASU RAZMENELOG VAZDUHA AKO SE SUDOV SPOJE CEVIĆOM NA TEMPERATURI OD 27°C .

18. KOLIKA JE MASA VAZDUHA POD N...

Rešenje

U OVOM SLUČAJU SE RADI O IZOTERMESKOM PROCESU ($T = \text{const}$) PA JE:

$$p_1 V_1 = p_0 V_0 \Rightarrow p_1 = p_0 \frac{V_0}{V_1}$$

ODE JE $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$ - NORMALNI ATMOSFERSKI PRITISAK.

$$p_1 = 10^5 \cdot \frac{10^{-6}}{0,1 \cdot 10^{-9}} = 10^7 \text{ Pa}$$

Слика 3.54 Рачунски задатак

ZADACI
KINETIČKA TEORIJA GASOVA

1. GAS U GUMENOM (ELASTIČNOM) BALONU ZAGREJE SE OD 27°C DO 57°C . ZA KOLIKO PROCENATA SE PRI TOME POVEĆALA ZAPREMINA BALONA AKO JE PRITISAK OSTAO NEPROMENJEN?

2. OTVORENI EPRUVETU S VAZDUHOM ZAGREJAMO, ZATIM JE HERMETIČKI ZATVORIMO I HLADIMO DO 10°C , PRI ĆEMU PRITISAK OPADNE DO $0,7 \text{ kPa}$. DO KOJE TEMPERATURE JE BILA ZAGREJANA EPRUVETA?

3. GAS SE U ZATVORENOM STAKLENOM SUDU GREJE DO TEMPERATURE 87°C . KOLIKA MU JE POČETNA TEMPERATURA, AKO SE PRITISAK GASA POVEĆA ZA 20% ?

4. AUTOMOBILSKA GUMA NAPUMFANA JE UJUTRO PRI TEMPERATURI 7°C . KOLIKA JE RELATIVNA PROMENA PRITISKA U GUMI U TOKU DANA, AKO DNEVNA TEMPERATURA DOSTIŽE VREDNOST OD 40°C ?

5. KOLIKO PUTA TREBA KLIPNOM PUMPOM...

Rešenje

PRI ZAGREJANJU GASA JE

$$p \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T_1$$

A POSLE GREJANJA ($p = \text{const}$):

$$p \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2$$

DELEJENJEM OVIH JEDNAŽINA DOBJAMO:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}, \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{273 + 57}{273 + 27} = \frac{330}{300} = 1,1$$

PA JE

$$V_2 = 1,1 V_1 \Rightarrow \Delta V = 0,1 V_1 \Rightarrow \frac{\Delta V}{V_1} = 0,1 = 10\%$$

Слика 3.55 Рачунски задатак

ZADACI
KINETIČKA TEORIJA GASOVA

1. KOLIKO PROCENATA SE PRI TOME POVEĆALA ZAPREMINA BALONA AKO JE PRITISAK OSTAO NEPROMENJEN?

2. OTVORENI EPRUVETU S VAZDUHOM ZAGREJAMO, ZATIM JE HERMETIČKI ZATVORIMO I HLADIMO DO 10°C , PRI ĆEMU PRITISAK OPADNE DO $0,7 \text{ kPa}$. DO KOJE TEMPERATURE JE BILA ZAGREJANA EPRUVETA?

3. GAS SE U ZATVORENOM STAKLENOM SUDU GREJE DO TEMPERATURE 87°C . KOLIKA MU JE POČETNA TEMPERATURA, AKO SE PRITISAK GASA POVEĆA ZA 20% ?

4. AUTOMOBILSKA GUMA NAPUMFANA JE UJUTRO PRI TEMPERATURI 7°C . KOLIKA JE RELATIVNA PROMENA PRITISKA U GUMI U TOKU DANA, AKO DNEVNA TEMPERATURA DOSTIŽE VREDNOST OD 40°C ?

5. KOLIKO PUTA TREBA KLIPNOM PUMPOM ZAPREME $0,2 \text{ L}$ I PUMFATI VAZDUH U PRAZNU FUDBALSKU LOFTU ZAPREME 4 L , DA BI PRITISAK U NJOJ POSTAO $5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$?

Rešenje

RADI SE O IZOTERMESKOM PROCESU ($T = \text{const}$) PA JE

$$\frac{p}{T} = \text{const} \Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = 1,2$$

$$T_1 = \frac{T_2}{1,2} = \frac{273 + 87}{1,2} = 300 \text{ K} = 27^\circ \text{C}$$

Слика 3.56 Рачунски задатак

ZADACI
TERMODINAMIKA

1. KOLIKO SE POMEĆA UNUTRAŠNJA ENERGIJA 1L VODE ZAGREVANJEM OD TAČKE TOPLJENJA DO TAČKE KLJUČANJA? SPECIFIČNA TOPLOTA VODE JE $c=4,19\text{kJ/kg K}$.

2. U STAKLENUJ FOSUDI NALAZI SE $m_1=10\text{ kg}$ VODE NA TEMPERATURI $t_1=17^\circ\text{C}$. DO KOJE TEMPERATURE ĆE SE ZAGREJATI VODA AKO SE U NJU UBACI METALNA KUGLICA MASE $m_2=140\text{ g}$, TEMPERATURE $t_2=200^\circ\text{C}$. SPECIFIČNA TOPLOTA VODE JE $4,19\text{ kJ/kg K}$, A METALA 129 kJ/kg K .

3. NA SLICI JE DAT CIKLUS U p-V DUA-GRAMU. NACRTATI OVAJ CIKLUS U p-T I V-T DIAGRAMU.

Rešenje

PROCES 1 → 2 PREDSTAVLJA IZOBARU ($p = \text{const}$), PROCES 2 → 3 IZOHORU ($V = \text{const}$), A PROCES 3 → 1 IZOTERMU ($T = \text{const}$):

Слика 3.57 Рачунски задатак

ZADACI
TERMODINAMIKA

DIAGRAMU.

7. DAT JE CIKLUS KOJI SE SASTOJI IZ IZOBARE, ADIJABATE, IZIHORE I IZOTERME. ODREĐITI ZNAK DOVEDENE KOLIČINE TOPLOTE, PROMENE UNUTRAŠNJE ENERGIJE I IZVRŠENOG RADA, ZA SVAKI PROCES POJEDINAČNO, ŠTA SE DEŠAVA KADA PROCESI OBRNU SMER?

Rešenje

NA OSNOVU PRVOG ZAKONA TERMODINAMIKE: $\Delta Q = \Delta U + A$. I SMERA PROCESA MOŽE SE ODREĐITI ZNAK ZA $\Delta Q, \Delta U$ I A :

PROCES 1 → 2 (IZOBARA):
 $p = \text{const}$, ZAPREMINA I TEMPERATURA RASTU ($\Delta V > 0, \Delta T > 0$) PA JE:
 $A = p\Delta V > 0$ | $\Delta U = \Delta T > 0 \Rightarrow \Delta Q = \Delta U + A > 0$ (DOVODI SE TOPLOTA).

PROCES 2 → 3 (ADIJABATA):
 $\Delta Q = 0$, ZAPREMINA RASTE ($\Delta V > 0$), PA JE $A > 0$, RAD SE VRŠI NA KAČUN SMANJENJA UNUTRAŠNJE ENERGIJE, $\Delta U < 0$.

PROCES 3 → 4 (IZOHORA):
 $A = 0$, NEMA VRŠENJA RADA, TEMPERATURA RASTE ($\Delta T > 0$), PA JE IZOBARA, $\Delta Q < 0$ (DOVODI SE TOPLOTA).

PROCES 4 → 1 (IZOTERMA):
 $\Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$ (ADIJABATA), $\Delta Q < 0$ (DOVODI SE TOPLOTA).

Слика 3.58 Рачунски задатак

ZADACI
TERMODINAMIKA

1. U CILINDRU SE NALAZI 500 cm^3 GASA NA ATMOSFERSKOM PRITISKU p_0 . KADA SE GASU DOVEDE 180 J TOPLOTE, ON SE IZOBARSKI RAŠIRI NA 1600 cm^3 . KOLIKI SU IZVRŠENI RAD I PROMENA UNUTRAŠNJE ENERGIJE?

2. 10g VODONIKA GREJE SE OD $t_1=27^\circ\text{C}$ DO $t_2=500^\circ\text{C}$ NA KONSTANTNOM PRITISKU. IZRAČUNATI DOVEDENU KOLIČINU TOPLOTE, PROMENU UNUTRAŠNJE ENERGIJE I IZVRŠENI RAD.

3. 0,1kg KISEONIKA NALAZI SE U STAKLENUJ BALONU. KOLIKA JE DOVEDENA KOLIČINA TOPLOTE, PROMENA UNUTRAŠNJE ENERGIJE I IZVRŠENI RAD U PROCESU NJEGOVOG ZAGREVANJA ZA 60°C ?

4. KOLIKA JE KOLIČINA TOPLOTE DOVEDENA GASU KOJI PRI IZOTERMSKOJ PROMENI STANJA PODIGNE KLIP MASE $0,1\text{ kg}$ NA VISINU 25 mm ?

Rešenje

IZVRŠENI RAD JE:

$$A = p\Delta V = p(V_2 - V_1) = 10^5 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3} = 110\text{ J}.$$

PROMENU UNUTRAŠNJE ENERGIJE DOBIJAMO IZ PRVOG ZAKONA TERMODINAMIKE:

$$\Delta Q = \Delta U + A \Rightarrow \Delta U = \Delta Q - A = 180 - 110 = 70\text{ J}.$$

Слика 3.59 Рачунски задатак

ZADACI
TERMODINAMIKA

1. KOLIKI JE KOEFICIJENT KORISNOG DEJSTVA TOPLOTNOG MOTORA U KOME SE U SVAKOM CIKLUSU OD DOVEDENE TOPLOTE $Q_4=120$ J HLADNJAKU PREDJA 84 J?

2. TOPLOTNI CIKLUS SE SASTOJI IZ 2 IZOBARE I 2 IZOHORE (SL. 3). AKO SE ZNA DA U PROCESU UČESTVUJE $n_0=0,3$ MOLA PRAKTOMSKOG GASA, ODREĐITI DOVEDENU I ODVEDENU KOLIČINU TOPLOTE, IZVRŠEN RAD I KOEFICIJENT KORISNOG DEJSTVA.

3. TOPLOTNI CIKLUS SASTOJI SE IZ ADIJABATE, IZOBARE I IZOHORE (SL. 4). ODREĐITI RAD KOJI IZVRŠI 5 MOLOVA JEDNOATOMSKOG GASA U TOKU JEDNOG OVAKVOG CIKLUSA, KOLIKI JE KOEFICIJENT KORISNOG DEJSTVA?

Rešenje

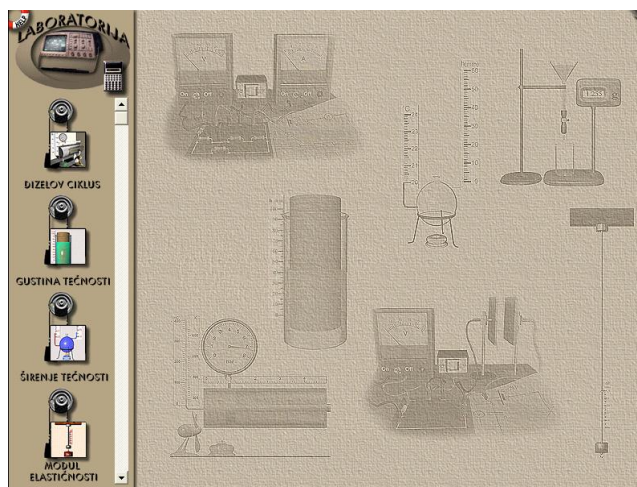
KOEFICIJENT KORISNOG DEJSTVA DEFINIŠE SE KAO KOLIČNIK ISKORIŠĆENE KOLIČINE TOPLOTE (IZVRŠENOG RADA) I DOVEDENE KOLIČINE TOPLOTE:

$$\eta = \frac{A}{Q_4} = \frac{Q_4 - Q_4}{Q_4} = \frac{120 - 84}{120} = 0,3 = 30\%$$

Слика 3.60 Рачунски задатак

3.7.3 Примена мултимедије у реализацији часова лабораторијских вежби

Примена мултимедије на часовима лабораторијских вежби реализовала се употребом образовног софтвера Физика 2 који у оквиру модула **Лабораторија** (Слика 3.61) омогућује „извођење експеримената“ из физике кроз интеракцију ученика са рачунаром.



Слика 3.61 Модул Лабораторија

Ученик при томе треба да изврши низ специфичних радњи над апаратуром следећи упутства (укључивање/искључивање, употреба апаратуре, читавање мерних инструмената) и да уз помоћ измерених вредности и датих параметара израчуна тражене величине. Апаратура се користи кликом миша на одговарајући њен део. Израчуната вредност уноси се у поље које се по завршетку експеримента појави на екрану. Након уноса вредности добија се текстуална и говорна повратна информација да ли је решење исправно.

3.7.3.1 Примена мултимедије у реализацији лабораторијске вежбе Дизелов циклус

Модул Лабораторија у оквиру наставних тема Молекулско-кинетичка теорија гасова и Термодинамика омогућује реализацију лабораторијске вежбе Дизелов циклус.

Током симулације експеримента на рачунару ученици треба визуелно да прате промене параметара гасног стања и уоче везу између њих за различите врсте гасних изопроеса. Осим тога, ученици треба да знају да читају тренутне вредности параметара гасног стања и да израчунају величине карактеристичне за термодинамичке циклусе: доведену и одведену количину топлоте, извршени рад и коефицијент корисног дејства.

Припрема за час

Наставни предмет: Физика

Разред: први

Наставна тема: Молекулска физика

Наставна подтема: Термодинамика

Тип часа: лабораторијска вежба

Образовни ниво: примена

Наставне методе: монолошка, дијалогска, рад на рачунару

Облик рада: комбиновани (фронтални, индивидуални)

Наставна средства: рачунар, мултимедијални образовни софтвер Физика 2, табла, креда

Место рада: медијатека

Циљ часа: Обезбеђивање квалитета и трајности усвојених знања из термодинамике.

Образовни задаци:

- Упознавање ученика са појмом Дизелов циклус.
- Продубљивање и учвршћивање стечених знања из термодинамике.
- Конкретизација теоријских знања.

Функционални задаци:

- Оспособљавање ученика за примену стечених знања кроз интеракцију ученика са рачунаром.
- Развијање способности логичког мишљења и закључивања.
- Развијање способности увиђања узрочно-последичних веза.
- Оспособљавање ученика за читавање вредности мерења.
- Развијање способности израчунавања физичких величина.
- Развијање визуелних способности.
- Развијање прецизности у раду.
- Развијање самосталности у раду.

Васпитни задаци

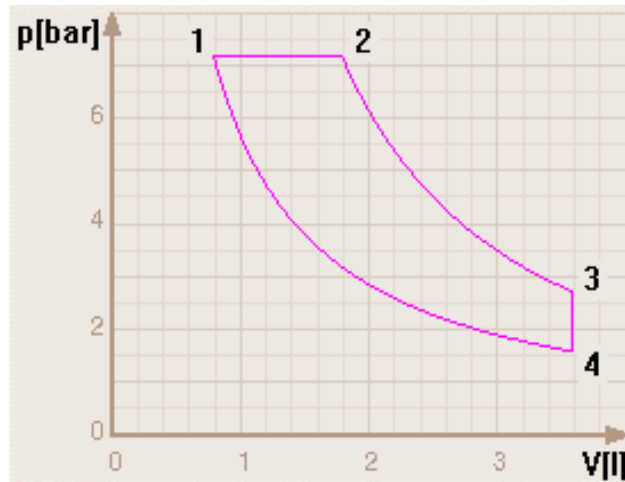
- Формирање радних навика.

- Развијање свести о значају континуираног учења.
- Развијање свести о повезаности физике са математиком и техником.

Уводни део часа (10 минута)

У уводном делу часа наставник објашњава појам Дизелов циклус и даје кратко упутство за реализацију вежбе:

Дизелов циклус је термодинамички циклус који се састоји од изобаре, адијабате, изохоре и изотерме (Слика 3.62)



Слика 3.62 Дизелов циклус

Доведена (одведена) количина топлоте при изобарској односно изохорској промени стања дата је изразом:

$$\text{Изобарски процес: } Q = nC_p \Delta T$$

$$\text{Изохорски процес: } Q = nC_v \Delta T$$

где су C_p и C_v моларна специфична топлота гаса при сталном притиску односно запремини (за двоатомске идеалне гасове $C_p = \frac{7}{2}R$, $C_v = \frac{5}{2}R$, $R = 8,314 \frac{J}{Kmol}$).

Моларна специфична топлота је бројно једнака количини топлоте која је потребна за загревање или хлађење једног мола супстанције за један степен (Келвин).

Адијабатска промена стања је термодинамички процес који се остварује без размене топлоте са околином, одакле следи $Q = 0$.

Изотермска промена стања одвија се при непромењеној температури ($T = const.$). Пошто је у овом случају $\Delta U = 0$ из првог принципа термодинамике следи $Q = A$. Рад при промени запремене гаса бројно је једнак површини фигуре у $p-V$ дијаграму која је ограничена укупном променом запремене, почетним и коначним притиском гаса и кривом која показује зависност притиска од запремене у току тог процеса. Одавде следи израз за рад извршен у току изотермског процеса:

$$A = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Извршени рад у току једног циклуса једнак је разлици доведене и одведене количине топлоте:

$$A = Q_d - Q_o$$

а степен корисног дејства дат је изразом:

$$\eta = \frac{Q_d - Q_o}{Q_d}$$

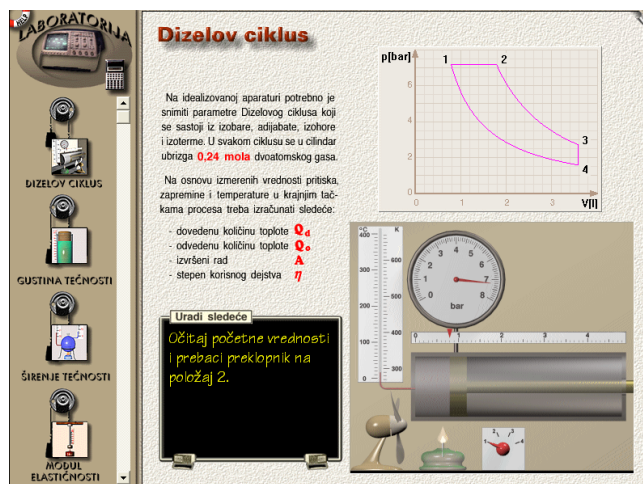
Главни део часа (25-30 минута)

У току главног дела часа ученици индивидуално раде вежбу, док наставник активно прати и надгледа њихов рад и по потреби им помаже.

Након што стартују вежбу ученици записују задатак вежбе у свеске, а затим приступају њеној изради.

Задатак вежбе је да се на идеализованој апаратури (Слика 3.63) сниме параметри Дизеловог циклуса. У сваком циклусу у цилиндар се убризга 0,24 мола двоатомског гаса. На основу измерених вредности притиска, запремине и температуре у крајњим тачкама циклуса треба израчунати следеће:

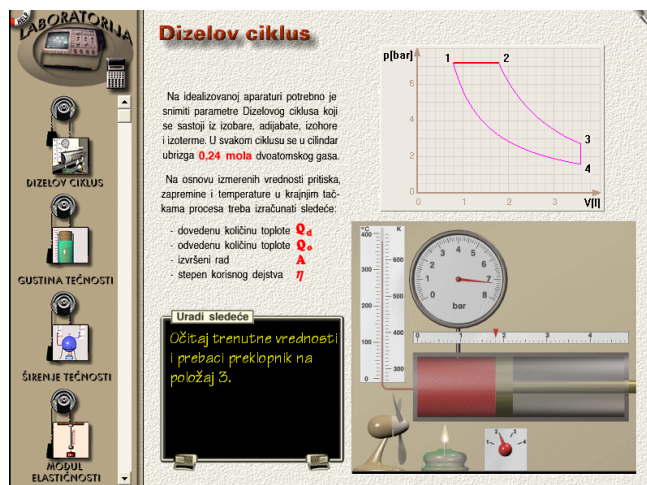
1. Доведену количину топлоте Q_d
2. Одведену количину топлоте Q_o
3. Извршени рад A
4. Степен корисног дејства η



Слика 3.63 Модул Лабораторија/Дизелов циклус

Реализација вежбе

Ученици читавају почетне вредности параметара $T_1 = 290\text{ K}$, $p_1 = 7,2\text{ bar}$, $V_1 = 0,8\text{ l}$, а затим кликом миша пребацују преклопник на положај 2 (Слика 3.64).



Слика 3.64 Дизелов циклус: изобара ($1 \rightarrow 2$)

Процес $1 \rightarrow 2$ је изобарско ширење гаса ($p = \text{const.}$), при чему температура гаса расте. У положају 2 тренутне вредности параметара су $T_2 = 650\text{ K}$, $p_2 = 7,2\text{ bar}$, $V_2 = 1,8\text{ l}$. Количина топлоте која се размени током овог процеса је :

$$Q_{12} = nC_p \Delta T_{12}$$

Како је:

$$\Delta T_{12} = T_2 - T_1 = 650\text{ K} - 290\text{ K} = 360\text{ K}$$

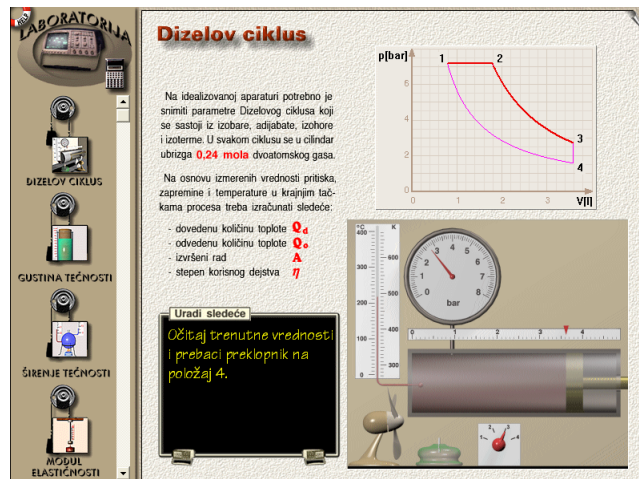
Следи:

$$Q_{12} = 0,24\text{ mol} \cdot \frac{7}{2} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 360\text{ K}$$

$$Q_{12} = 2514,15\text{ J}$$

Закључак: $Q_{12} > 0 \Rightarrow$ топлота се доводи

Ученици затим пребацују преклопник на положај 3 (Слика 3.65).



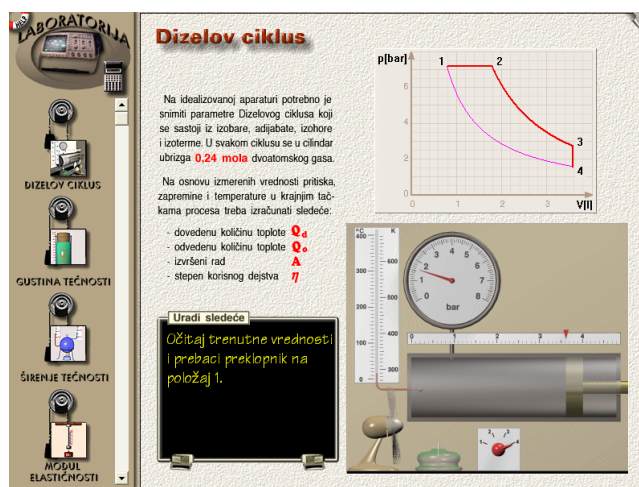
Слика 3.65 Дизелов циклус:адијабата (2 → 3)

Процес 2 → 3 је адијабатско ширење гаса, при чему температура и притисак гаса опадају. У овом процесу нема размене топлоте са околином одакле следи:

$$Q_{23} = 0$$

У положају 3 тренутне вредности параметара су $T_3 = 490 \text{ K}$, $p_3 = 2,7 \text{ bar}$, $V_2 = 3,6 \text{ l}$.

Ученици затим пребацују преклопник на положај 4 (Слика 3.66).



Слика 3.66 Дизелов циклус:изохора (3 → 4)

Процес 3 → 4 је изохорска промена стања гаса ($V = const.$), при којој температура и притисак гаса опадају. У положају 4 тренутне вредности параметара су $T_4 = 290 \text{ K}$, $p_4 = 1,6 \text{ bar}$, $V_4 = 3,6 \text{ l}$. Количина топлоте која се размени током овог процеса је:

$$Q_{34} = nC_V \Delta T_{34}$$

Како је:

$$\Delta T_{34} = T_4 - T_3 = 290 \text{ K} - 490 \text{ K} = -200 \text{ K}$$

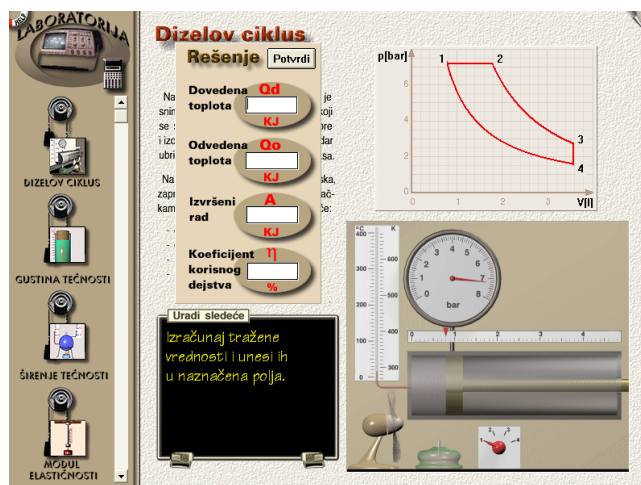
Следи:

$$Q_{34} = 0,24 \text{ mol} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot (-200 \text{ K})$$

$$Q_{34} = -997,68 \text{ J}$$

Закључак: $Q_{34} < 0 \Rightarrow$ топлота се одводи

Ученици затим пребацују преклопник на положај 1 (Слика 3.67).



Слика 3.67 Дизелов циклус:изотерма ($4 \rightarrow 1$)

Процес $4 \rightarrow 1$ је изотермско сабијање гаса ($T = const.$), при чему притисак гаса расте. Размењена количина топлоте троши се у потпуности на вршење рада ($Q = A$).

$$Q_{41} = nRT \ln \frac{V_1}{V_4}$$

$$Q_{41} = 0,24 \text{ mol} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{Kmol}} \cdot 290 \text{ K} \ln \frac{0,8 \text{ l}}{3,6 \text{ l}}$$

$$Q_{41} = -870,34 \text{ J}$$

Закључак: $Q_{41} < 0 \Rightarrow$ топлота се одводи

Ученици затим рачунају доведену топлоту, одведену топлоту, извршени рад и коефицијент корисног дејства.

Доведена количина топлоте је:

$$Q_d = Q_{12}$$

$$Q_d = 2514,15 \text{ J}$$

Одведена количина топлоте је (по апсолутној вредности):

$$Q_o = Q_{34} + Q_{41}$$

$$Q_o = 1868,02 \text{ J}$$

Извршени рад је:

$$A = Q_d - Q_o$$

$$A = 646,13 J$$

Коефицијент корисног дејства је:

$$\eta = \frac{A}{Q_d}$$

$$\eta = 0,2570$$

$$\eta = 25,70\%$$

Након тога, ученици уносе израчунате бројне вредности у одговарајућа поља на екрану и кликну на поље „Потврди“ (Слика 3.68).

Слика 3.68 Дизелов циклус – решење

Исправност решења потврђује се текстуалном и говорном повратном информацијом (Слика 3.69).

Слика 3.69 Дизелов циклус – повратна информација

Завршни део часа (5-10 минута)

У завршном делу часа један од ученика исписује на табли податке – параметре Дизеловог циклуса у крајњим тачкама циклуса и поступак израчунавања тражених величина, уз дискусију добијених резултата.

3.8 Статистичка обрада резултата истраживања

3.8.1 Обрада резултата педагошког експеримента

Променљиве обухваћене статистичком обрадом података су суме освојених поена – скорови на тестовима, и то за тест у целини, као и по групама питања које мере различите категорије знања: памћење, разумевање и примену. За сваку суму рачунате су дескриптивне статистике: аритметичка средина, стандардна девијација, стандардна грешка и интервал поверења. За формирање експерименталне и контролне групе ученика употребљена је анализа варијансе, а за проверу њихове уједначености Студентов t-тест за независне узорке. За испитивање утицаја главних ефеката – групе (облика наставе) и времена, као и њихове интеракције на квантум и квалитет знања ученика употребљена је анализа варијансе са поновљеним мерењима, док је за испитивање разлика у квантуму и квалитету знања између група у индивидуалним временским моментима – иницијалном, финалном и ретенционом употребљена униваријантна анализа варијансе.

Статистичка обрада података извршена је употребом програмског пакета STATISTICA 12.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA), лиценца за Универзитет у Новом Саду. Добијени резултати представљени су табеларно и графички.

3.8.2 Обрада резултата анкетања

Променљиве обухваћене статистичком обрадом података су аритметичке средине нумеричких вредности одговора на свим ставкама (тврдњама у упитнику). Утврђивање латентне структуре упитника извршено је факторском анализом – методом главних компоненти, уз Промакс ротацију са Кајзер нормализацијом. За сваку димензију (субскалу) рачунате су дескриптивне статистике: аритметичка средина, стандардна девијација, минимална и максимална вредност. Поузданост субскала утврђена је израчунавањем Кронбах алфа коефицијента, као мером интерне конзистенције ставки. Дискриминативност ставки испитана је на основу вредности коефицијенти корелације појединачних ставки са укупним резултатом (item-total корелације). Израженост ставова према мултимедијалној настави физике утврђена је t-тестом за један узорак, док је за испитивање разлика у ставовима између експерименталне и контролне групе употребљен t-тест за независне узорке. Повезаност ставова према мултимедијалној настави физике са општим успехом ученика и оценом из физике испитана је на основу вредности Пирсоновог коефицијента корелације.

Статистичка обрада података извршена је употребом програмског пакета IBM SPSS Statistics 20. Добијени резултати представљени су табеларно и графички.

4. Резултати и дискусија

4.1 Анализа резултата педагошког експеримента

Формирање експерименталне и контролне групе ученика

Прво тестирање извршено је у циљу формирања експерименталне и контролне групе ученика. Циљ анализе резултата тестирања био је да се од шест одељења која чине узорак истраживања: I_1 , I_2 , I_3 , I_6 , I_7 и I_{10} (140 ученика) формирају две групе – експериментална и контролна, уједначене по предзнању из физике.

Урађена је анализа варијансе скорова на првом тесту и утврђено је да постоје статистички значајне разлике између аритметичких средина скорова шест одељења ($F=7.5370$, $p=0.0000$), што је представљено на Графику 4.1.

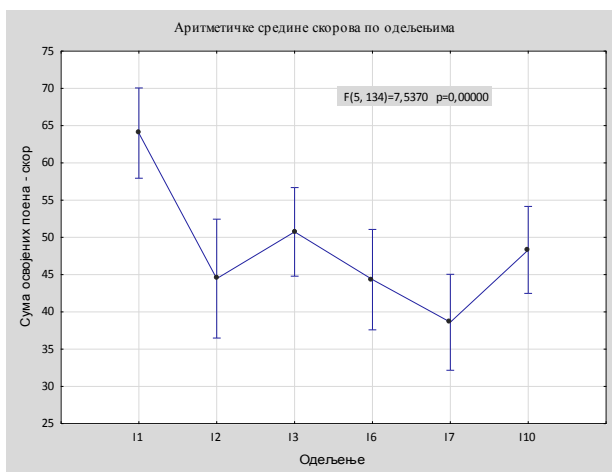


График 4.1 Аритметичке средине скорова на првом тесту по одељењима

Такијевим (Tukey) тестом утврђено је да се аритметичка средина скорова одељења I_1 статистички значајно разликује од осталих одељења (Табела 4.1). Из тог разлога је одељење I_1 упарено са два одељења са најслабијим скором (I_6 и I_7) тако да заједно чине контролну групу (70 ученика), док преостала три одељења (I_2 , I_3 и I_{10}) чине експерименталну групу (70 ученика).

Табела 4.1 Резултати Такијевог теста за скорове на првом тесту

		Такијев тест					
		MS = 243.93 df = 134.00					
	М	1	2	3	4	5	6
	Одељење	64.000	44.467	50.741	44.333	38.609	48.321
1	I1		0.001608	0.024539	0.000270	0.000020	0.003124
2	I2	0.001608		0.813339	1.000000	0.868987	0.972341
3	I3	0.024539	0.813339		0.721027	0.068065	0.992703
4	I6	0.000270	1.000000	0.721027		0.830044	0.950326
5	I7	0.000020	0.868987	0.068065	0.830044		0.233034
6	I10	0.003124	0.972341	0.992703	0.950326	0.233034	

Легенда: М - аритметичка средина; MS - средња вредност суме квадрата; df - број степени слободе

Табела 4.2 Дескриптивне статистике скорова експерименталне и контролне групе на првом тесту

Вар.	Дескриптивна статистика							
	Експериментална група (N=70)				Контролна група (N=70)			
	М	SD	SE	95% CI	М	SD	SE	95% CI
Сума	48.43	16.57	1.98	44.48 - 52.38	49.76	18.21	2.18	45.42 - 4.10
СумаЗ	17.19	5.38	0.64	15.90 - 18.47	18.56	5.74	0.69	17.19 - 19.93
СумаР	17.66	7.16	0.86	15.95 - 19.36	17.81	8.76	1.05	15.73 - 19.90
СумаП	13.59	7.31	0.87	11.84 - 15.33	13.39	7.22	0.86	11.66 - 15.11

Легенда: N - број ученика; М - аритметичка средина; SD - стандардна девијација; SE - стандардна грешка; CI - интервал поверења

Студентовим t-тестом за независне узорке извршено је поређење аритметичких средина скорова експерименталне и контролне групе за тест у целини (Сума), као и по категоријама: знање (памћење), разумевање и примена (СумаЗ, СумаР, СумаП). Утврђено је да не постоје статистички значајне разлике у аритметичким срединама скорова група како за тест у целини, тако и по категоријама знања на нивоу значајности 0.05 (Табела 4.3).

Табела 4.3 Поређење скорова експерименталне и контролне групе ученика на првом тесту

Варијабла	t - тестови						
	Група 1: К (Контролна)		Група 2: Е (Експериментална)		t	df	p
	М (К)	М (Е)	SE (К)	SE (Е)			
Сума	49.76	48.43	2.18	1.98	0.45	138	0.652324
СумаЗ	18.56	17.19	0.69	0.64	1.46	138	0.147320
СумаР	17.81	17.66	1.05	0.86	0.12	138	0.907648
СумаП	13.39	13.59	0.86	0.87	-0.16	138	0.870879

Легенда: М - аритметичка средина; SE - стандардна грешка; t - вредност тест статистике; df - број степени слободе; p - ниво статистичке значајности

С обзиром да су групе уједначене како по квантуму, тако и по квалитету знања може се закључити да је одабир група правилно извршен. Нормалност дистрибуција променљивих потврђена је Колмогоров-Смирновим тестом, јер је код свих променљивих задовољен услов $p > 0.05$ (Графици 4.2 и 4.3).

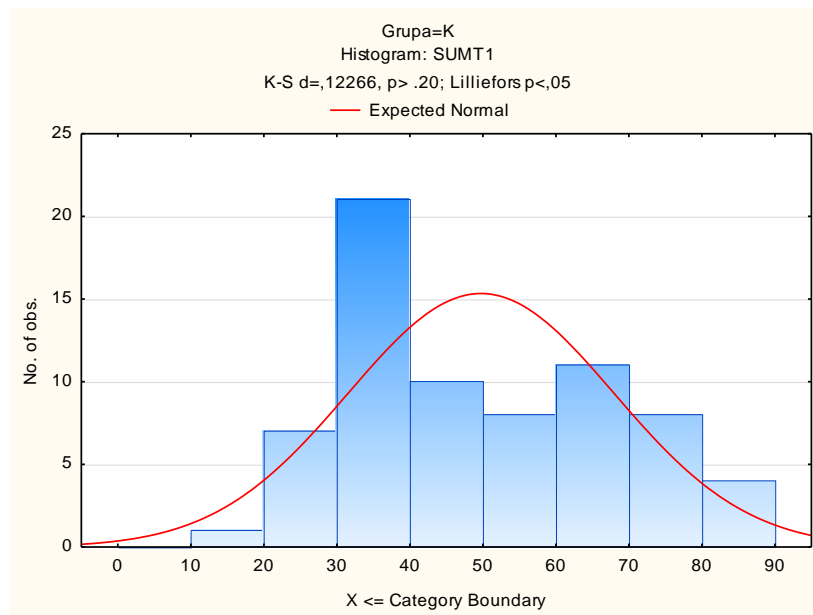


График 4.2 Резултати K-S теста контролне групе за променљиву Сума

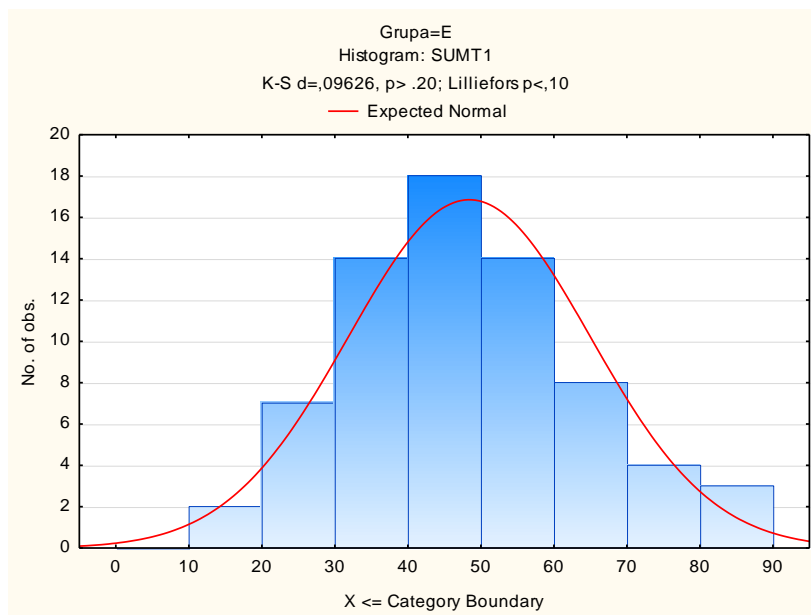


График 4.3 Резултати К-С теста експерименталне групе за променљиву Сума

Анализа резултата педагошког експеримента

Циљ анализе резултата педагошког експеримента био је да се испита да ли постоје статистички значајне разлике у квантуму и квалитету знања ученика који су учили применом мултимедије (експериментална група) у односу на ученике који су учили на традиционални начин (контролна група) током времена:

- (a) на почетку експеримента, у иницијалном стању, како би се потврдила почетна уједначеност група, пре увођења експерименталног фактора – мултимедијалне наставе;
- (b) по завршетку обраде градива, у финалном стању, како би се утврдило да ли примена мултимедије у настави физике доводи до повећања квантума и квалитета знања ученика у односу на традиционалну наставу;
- (c) по истеку временског периода од три месеца, у ретенционом стању, како би се утврдило да ли примена мултимедије у настави физике доводи до повећања ретенције квантума и квалитета знања ученика у односу на традиционалну наставу.

У оквиру статистичке обраде резултата експеримента израчунате су дескриптивне статистике: средња вредност, стандардна девијација, стандардна гешка и интервали поверења за све променљиве. Како су мерења вршена током три временска момента, на две групе, за анализу резултата употребљена је анализа варијансе са поновљеним мерењима. Нормалност дистрибуција променљивих потврђена је Колмогоров-Смирновим тестом. Сферичност променљивих, као предуслов за примену анализе варијансе са поновљеним мерењима, испитана Мачлијевим (Mauchley) тестом и утврђено је да све променљиве задовољавају услов $p > 0.05$ (Табела 4.4).

Табела 4.4 Резултати Мацлијевог теста сферичности променљивих

Ефекат	Мацлијев тест сферичности			
	W	χ^2	df	p
Сума	0.974330	3.562680	2	0.168412
СумаЗ	0.976661	3.235398	2	0.198355
СумаР	0.998480	0.208406	2	0.901043
СумаП	0.976023	3.324939	2	0.189670

Легенда: W - вредност тест статистике; χ^2 - вредност тест статистике; df - број степени слободе; p - ниво статистичке значајности

4.1.1 Утицај примене мултимедије на квантум знања ученика

Дескриптивне статистике променљивих употребљених за статистичку обраду података у циљу испитивања разлика између група у квантуму знања дате су у Табели 4.5, где су СумаИ, СумаФ и СумаР суме освојених поена – скорови за тест у целини на иницијалном, финалном и ретенционом тестирању, редом.

Табела 4.5 Дескриптивне статистике скорова експерименталне и контролне групе на иницијалном, финалном и ретенционом тесту

Вар.	Дескриптивна статистика							
	Експериментална група (N=70)				Контролна група (N=70)			
	М	SD	SE	95% CI	М	SD	SE	95% CI
СумаИ	36.47	15.52	1.85	32.77- 40.17	35.67	16.88	2.02	31.65 - 39.70
СумаФ	61.79	15.97	1.91	57.98 - 65.59	47.44	20.12	2.41	42.64 - 52.24
СумаР	45.69	13.54	1.62	42.46 - 48.92	42.06	18.33	2.19	37.69 - 46.43

Легенда: М - аритметичка средина; SD - стандардна девијација; SE - стандардна грешка; CI - интервал поверења

Увидом у Табелу 4.5 закључује се да је експериментална група ученика на сва три тестирања остварила бољи резултат. Разлика аритметичких средина скорова износи 0.8 поена на иницијалном, 14.35 на финалном и 3.63 на ретенционом тестирању у корист експерименталне групе. Може се закључити да је примена мултимедије у настави физике резултовала већим просечним квантумом знања ученика у односу на традиционалну наставу у финалном и ретенционом стању.

Резултати анализе варијансе поновљених мерења за квантум знања (Сума) представљени су табеларно (Табела 4.6) и графички (График 4.4).

Табела 4.6 Резултати анализе варијансе поновљених мерења за променљиву Сума

Ефекат	Анализа варијансе са поновљеним мерењима				
	SS	df	MS	F	p
Одсечак	844929.2	1	844929.2	1511.738	0.000000
Група	4110.9	1	4110.9	7.355	0.007538
Грешка	77129.9	138	558.9		
Време	24270.7	2	12135.4	82.629	0.000000
Време*Група	3572.4	2	1786.2	12.162	0.000009
Грешка	40534.9	276	146.9		

Легенда: SS - сума квадрата; df - број степени слободe; MS - средња вредност суме квадрата; F - вредност тест статистике; p - ниво статистичке значајности

Увидом у Табелу 4.6 закључује се да постоје статистички значајне разлике у квантуму знања (Сума) за главне ефекте – групу и време, односно да између група постоје статистички значајне разлике ($F=7.355$, $p=0.007538$) у глобалу, без обзира на временски момент, као и да у различитим временским моментима – иницијалном, финалном и ретенционом постоје статистички значајне разлике у квантуму знања, без обзира на групу ($F=82.629$, $p=0.000000$).

Такође, постоје статистички значајне разлике у квантуму знања за интеракцију групе и времена ($F=12.162$, $p=0.000009$), односно квантум знања се разликује између група у различитим временским моментима. Ово је илустровано на Графику 4.4.

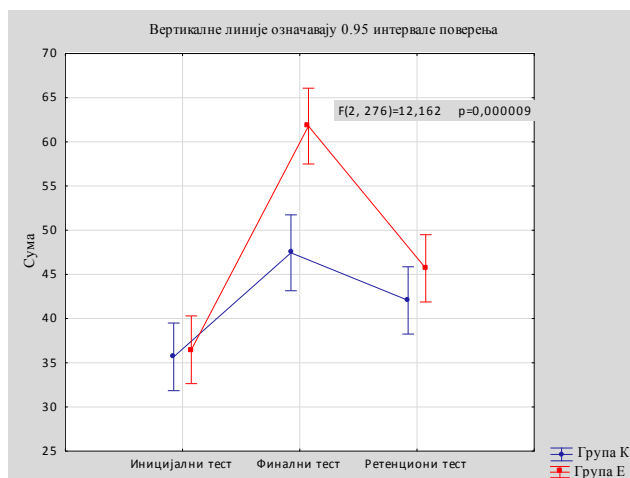


График 4.4 Резултати анализе варијансе поновљених мерења за променљиву Сума

Да би се утврдило које се аритметичке средине сума освојених поена – скорова на тестовима (СумаИ, СумаФ, СумаР) статистички значајно разликују, употребљен је Бонферонијев (Bonferroni) тест (Табела 4.7).

Табела 4.7 Резултати Бонферонијевог теста за променљиву Сума

		Бонферонијев тест MS = 284.21 df = 282.19						
		М	1	2	3	4	5	6
Група	Сума	35.671	47.443	42.057	36.471	61.786	45.686	
1	К	СумаИ		0.000000	0.030265	1.000000	0.000000	0.007703
2	К	СумаФ	0.000000		0.135592	0.002192	0.000013	1.000000
3	К	СумаР	0.030265	0.135592		0.764429	0.000000	1.000000
4	Е	СумаИ	1.000000	0.002192	0.764429		0.000000	0.000152
5	Е	СумаФ	0.000000	0.000013	0.000000	0.000000		0.000000
6	Е	СумаР	0.007703	1.000000	1.000000	0.000152	0.000000	

Легенда: М - аритметичка средина; MS - средња вредност суме квадрата; df – број степени слободе

Поређењем финалног у односу на иницијално стање види се да су оба облика наставе довела су до статистички значајног повећања квантума знања ученика: традиционална настава ($p=0.000000$) и мултимедијална настава ($p=0.000000$). Анализа финалног стања показује да је примена различитих облика наставе резултовала статистички значајном разликом у квантуму знања ученика у корист мултимедијалне наставе ($p=0.000013$). Поређењем ретенционог у односу на финално стање види се да је квантум знања ученика опао, неовисно о облику наставе, при чему статистички значајна разлика постоји код мултимедијалног облика наставе ($p=0.000000$).

С обзиром да постоји статистички значајна интеракција групе и времена, урађена је униваријантна анализе варијансе како би се утврдило да ли постоје статистички значајне разлике у квантуму знања ученика експерименталне и контролне групе у индивидуалним временским моментима: иницијалном, финалном и ретенционом.

Утврђено је да у иницијалном и ретенционом стању не постоје статистички значајне разлике у квантуму знања између група, односно да су групе уједначене у квантуму знања. Примена различитих облика наставе резултовала је статистички значајном разликом у квантуму знања ученика у финалном стању (СумаФ) у корист мултимедијалне наставе ($F=21.816$, $p=0.000007$), што се види из Табеле 4.8.

На основу наведеног потврђује се хипотеза Х1 да примена мултимедије у настави физике резултује повећањем квантума знања ученика у односу на традиционални облик извођења наставе, док се хипотеза Х3 да примена мултимедије у настави физике резултује повећањем ретенције квантума знања ученика у односу на традиционални облик извођења наставе одбацује.

Табела 4.8 Резултати униваријантне анализе варијансе за променљиву Сума

Униваријантна анализа варијансе					
Ефекат	df	СумаИ SS	СумаИ MS	СумаИ F	СумаИ p
Одсечак	1	182160.7	182160.7	693.0677	0.000000
Група	1	22.4	22.4	0.0852	0.770776
Грешка	138	36270.9	262.8		
Укупно	139	36293.3			
Ефекат	df	СумаФ SS	СумаФ MS	СумаФ F	СумаФ p
Одсечак	1	417580.8	417580.8	1265.256	0.000000
Група	1	7200.1	7200.1	21.816	0.000007
Грешка	138	45545.1	330.0		
Укупно	139	52745.2			
Ефекат	df	СумаР SS	СумаР MS	СумаР F	СумаР p
Одсечак	1	269458.3	269458.3	1037.278	0.000000
Група	1	460.8	460.8	1.774	0.185089
Грешка	138	35848.9	259.8		
Укупно	139	36309.7			

Легенда: df - број степени слободe; SS - сума квадрата; MS - средња вредност суме квадрата; F - вредност тест статистике; p - ниво статистичке значајности

4.1.2 Утицај примене мултимедије на квалитет знања ученика

У циљу испитивања квалитета знања ученика задаци на тестовима (иницијалном и финалном) подељени су у три групе које мере различите категорије знања: памћење, разумевање и примену.

Дескриптивне статистике сума освојених поена за групе питања која мере памћење, разумевање и примену (СумаЗ, СумаР, СумаП) показују да разлике аритметичких средина експерименталне и контролне групе за наведене категорије знања износе: памћење (15.53 vs. 14.21), разумевање (11.41 vs. 10.76) и примена (9.53 vs. 10.70) на иницијалном тесту (Табела 4.9).

Табела 4.9 *Дескриптивне статистике скорова експерименталне и контролне групе за категорије памћење, разумевање и примена на иницијалном тесту*

Вар.	Дескриптивна статистика							
	Експериментална група (N=70)				Контролна група (N=70)			
	М	SD	SE	95% CI	М	SD	SE	95% CI
СумаЗ	15.53	5.84	0.70	14.14-16.92	14.21	5.66	0.68	12.86-15.56
СумаР	11.41	5.91	0.71	10.00-12.82	10.76	6.15	0.73	9.29-12.22
СумаП	9.53	7.69	0.92	7.70-11.36	10.70	9.44	1.13	8.45-12.95

Легенда: М - аритметичка средина; SD - стандардна девијација; SE - стандардна грешка; CI - интервал поверења

Закључује се да је експериментална група на иницијалном тесту остварила већи просечан резултат у категоријама знање и разумевање, док је контролна група остварила већи просечан резултат у категорији примена.

Дескриптивне статистике сума освојених поена за групе питања која мере памћење, разумевање и примену (СумаЗ, СумаР, СумаП) показују да разлика аритметичких средина експерименталне и контролне групе за наведене категорије знања износе: памћење (18.76 vs. 14.47), разумевање (20.21 vs. 15.81) и примена (22.81 vs. 17.16) на финалном тесту (Табела 4.10)

Табела 4.10 *Дескриптивне статистике скорова експерименталне и контролне групе за категорије памћење, разумевање и примена на финалном тесту*

Вар.	Дескриптивна статистика							
	Експериментална група (N=70)				Контролна група (N=70)			
	М	SD	SE	95% CI	М	SD	SE	95% CI
СумаЗ	18.76	6.25	0.75	17.27-20.25	14.47	6.99	0.84	2.81-16.14
СумаР	20.21	5.48	0.66	19.91-21.52	15.81	7.46	0.89	14.03-17.59
СумаП	22.81	9.49	1.13	20.55-25.08	17.16	9.38	1.12	14.92-19.39

Легенда: М - аритметичка средина; SD - стандардна девијација; SE - стандардна грешка; CI - интервал поверења

Закључује се да је експериментална група на финалном тесту остварила већи просечан резултат у свим категоријама знања у поређењу са контролном групом.

Дескриптивне статистике сума освојених поена за групе питања која мере памћење, разумевање и примену (СумаЗ, СумаР, СумаП) показују да разлика аритметичких средина експерименталне и контролне групе за наведене категорије знања износе: памћење (12.59 vs. 12.56), разумевање (13.01 vs. 12.59) и примена (20.09 vs. 16.91) на ретенционом тесту. (Табела 4.11)

Табела 4.11 Дескриптивне статистике скорова експерименталне и контролне за категорије памћење, разумевање и примена групе на ретенционом тесту

Вар.	Дескриптивна статистика							
	Експериментална група (N=70)				Контролна група (N=70)			
	М	SD	SE	95% CI	М	SD	SE	95% CI
СумаЗ	12.59	6.16	0.74	11.12-14.05	14.05	12.56	6.63	10.98-14.14
СумаР	13.01	6.75	0.81	11.41-14.62	12.59	7.40	0.88	10.82-14.35
СумаП	20.09	7.78	0.93	18.23-21.94	16.91	7.89	0.94	15.03-18.80

Легенда: М - аритметичка средина; SD - стандардна девијација; SE - стандардна грешка; CI - интервал поверења

Закључује се да је експериментална група на ретенционом тесту остварила већи просечан резултат у свим категоријама знања у поређењу са контролном групом.

Резултати анализе варијансе поновљених мерења за квалитет знања у категоријама: памћење, разумевање и примена (СумаЗ, СумаР, СумаП) представљени су табеларно и (Табеле 4.12, 4.14 и 4.16) графички (Графици 4.5, 4.6 и 4.7).

Табела 4.12 Резултати анализе варијансе поновљених мерења за променљиву СумаЗ

Ефекат	Анализа варијансе са поновљеним мерењима				
	SS	df	MS	F	p
Одсечак	90581.49	1	90581.49	1456.186	0.000000
Група	369.61	1	369.61	5.942	0.016058
Грешка	8584.24	138	62.20		
Време	1151.37	2	575.69	20.668	0.000000
Време*Група	333.73	2	166.87	5.991	0.002839
Грешка	7687.56	276	27.85		

Легенда: SS - сума квадрата; df - број степени слободe; MS - средња вредност суме квадрата; F - вредност тест статистике; p - ниво статистичке значајности

Резултати анализе варијансе поновљених мерења (Табела 4.12) показују да постоје статистички значајне разлике у квалитету знања у категорији памћење (СумаЗ) за главне

ефекте – групу и време, односно да између група постоје статистички значајне разлике у квалитету знања у категорији памћење ($F=5.942$, $p=0.016058$) у глобалу, без обзира на временски момент, као и да у различитим временским моментима – иницијалном, финалном и ретенционом постоје статистички значајне разлике у квалитету знања у категорији памћење ($F=20.668$, $p=0.000000$) без обзира на групу.

Такође, постоје статистички значајне разлике у квалитету знања у категорији памћење за интеракцију групе и времена ($F=5.991$, $p=0.002839$), односно квалитет знања у категорији памћење се разликује између група у различитим временским моментима. Ово је илустровано на Графику 4.5.

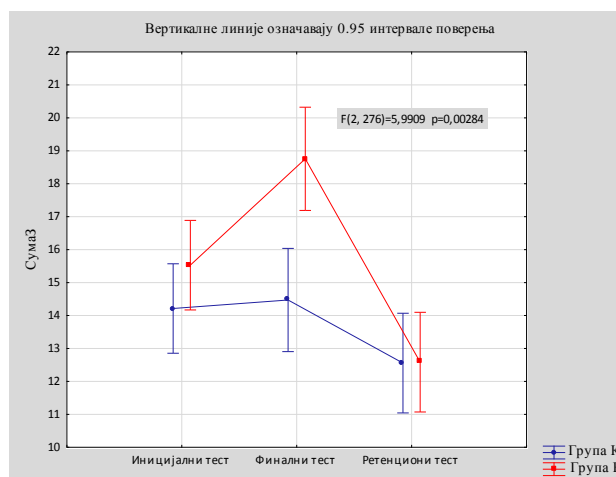


График 4.5 Резултати анализе варијансе поновљних мерења за променљиву СумаЗ

Да би се утврдило које се аритметичке средине сума освојених поена за категорију знања памћење (СумаЗ) статистички значајно разликују употребљен је Бонферонијев тест.

Табела 4.13 Резултати Бонферобијевог теста за променљиву СумаЗ

				Бонферонијев тест					
				MS = 39.304 df = 353.92					
Тест	Група	М		1	2	3	4	5	6
				14.214	14.471	12.557	15.529	18.757	12.586
1	И	К	СумаЗ		1.000000	0.964343	1.000000	0.000351	1.000000
2	Ф	К	СумаЗ	1.000000		0.491347	1.000000	0.000967	1.000000
3	Р	К	СумаЗ	0.964343	0.491347		0.079879	0.000000	1.000000
4	И	Е	СумаЗ	1.000000	1.000000	0.079879		0.005273	0.016474
5	Ф	Е	СумаЗ	0.000351	0.000967	0.000000	0.005273		0.000000
6	Р	Е	СумаЗ	1.000000	1.000000	1.000000	0.016474	0.000000	

Легенда: М - аритметичка средина; MS - средња вредност суме квадрата; df – број степени слободе

На основу резултата Бонферијевог теста (Табела 4.13) могу се извести следећи закључци:

- (1) поређењем финалног у односу на иницијално стање закључује се да је мултимедијална настава довела до статистички значајног повећања квалитета знања ученика у категорији памћење ($p=0.005273$), за разлику од традиционалне наставе;
- (2) анализа финалног стања показује да је примена различитих облика наставе резултовала статистички значајном разликом у квалитету знања ученика у категорији памћење у корист мултимедијалне наставе ($p=0.000967$) и
- (3) поређењем ретенционог у односу на финално стање закључује се да је квалитет знања ученика у категорији памћење опао, неовисно о облику наставе, при чему статистички значајна разлика постоји код мултимедијалног облика наставе ($p=0.000000$).

Табела 4.14 Резултати анализе варијансе поновљених мерења за променљиву СумаР

Ефекат	Анализа варијансе са поновљеним мерењима				
	SS	df	MS	F	p
Одсечак	81928,47	1	81928,47	1452,648	0,000000
Група	351,09	1	351,09	6,225	0,013775
Грешка	7783,11	138	56,40		
Време	3646,19	2	1823,10	49,942	0,000000
Време*Група	348,06	2	174,03	4,767	0,009215
Грешка	10075,09	276	36,50		

Легенда: SS - сума квадрата; df - број степени слободe; MS - средња вредност суме квадрата; F - вредност тест статистике; p - ниво статистичке значајности

Резултати анализе варијансе поновљених мерења (Табела 4.14) показују да постоје статистички значајне разлике у квалитету знања у категорији разумевање (СумаР) за главне ефекте – групу и време, односно да између група постоје статистички значајне разлике у квалитету знања у категорији разумевање ($F=6.225$, $p=0.013775$) у глобалу, без обзира на временски момент, као и да у различитим временским моментима – иницијалном, финалном и ретенционом постоје статистички значајне разлике у квалитету знања у категорији разумевање ($F=49.942$, $p=0.000000$) без обзира на групу.

Такође, постоје статистички значајне разлике у квалитету знања у категорији разумевање за интеракцију групе и времена ($F=4.767$, $p=0.009215$), односно квалитет знања у категорији разумевање се разликује између група у различитим временским моментима. Ово је илустровано на Графику 4.6.

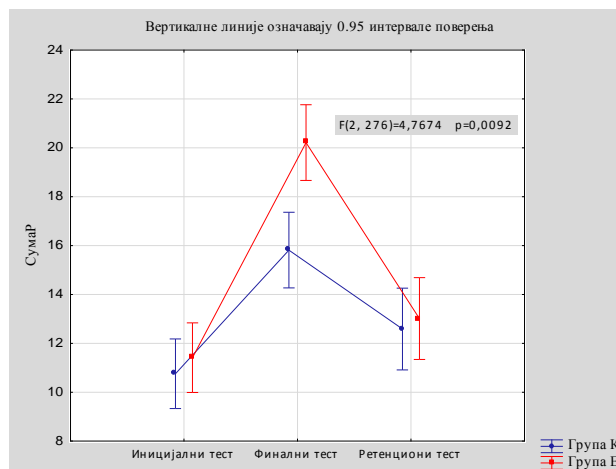


График 4.6 Резултати анализе варијансе поновљних мерења за променљиву СумаP

Да би се утврдило које се аритметичке средине сума освојених поена за категорију знања разумевање (СумаP) статистички значајно разликују употребљен је Бонферијевог тест.

Табела 4.15 Резултати Бонферијевог теста за променљиву СумаP

Бонферијевог теста								
MS = 43.136 df = 395.31								
Тест	Група	М	1	2	3	4	5	6
			10.757	15.814	12.586	11.414	20.214	13.014
1	И	К	Сума3	0.000019	1.000000	1.000000	0.000000	0.640539
2	Ф	К	Сума3	0.000019	0.026179	0.001315	0.001315	0.180831
3	Р	К	Сума3	1.000000	0.026179	1.000000	0.000000	1.000000
4	И	Е	Сума3	1.000000	0.001315	1.000000	0.000000	1.000000
5	Ф	Е	Сума3	0.000000	0.001315	0.000000	0.000000	0.000000
6	Р	Е	Сума3	0.640539	0.180831	1.000000	1.000000	0.000000

Легенда: М - аритметичка средина; MS -средња вредност суме квадрата; df – број степени слободе

На основу резултата Бонферијевог теста (Табела 4.15) могу се извести следећи закључци:

(1) поређењем финалног у односу на иницијално стање закључује се да су оба облика наставе довела су до статистички значајног повећања квалитета знања ученика у категорији разумевање: традиционална настава ($p=0.000019$) и мултимедијална настава ($p=0.000000$);

(2) анализа финалног стања показује да је примена различитих облика наставе резултовала статистички значајном разликом у квалитету знања ученика у категорији разумевање у корист мултимедијалне наставе ($p=0.001315$) и

(3) поређењем ретенционог у односу на финално стање уочава статистички значајан пад квалитета знања ученика у категорији разумевање, неовисно од облика наставе: традиционална настава ($p=0.026179$) и мултимедијална настава ($p=0.000000$).

Табела 4.16 Резултати анализе варијансе поновљених мерења за променљиву СумаП

Ефекат	Анализа варијансе са поновљеним мерењима				
	SS	df	MS	F	p
Одсечак	110224.8	1	110224.8	739.1229	0.000000
Група	684.0	1	684.0	4.5869	0.033974
Грешка	20579.8	138	149.1		
Време	7932.1	2	3966.0	105.0589	0.000000
Време*Група	836.1	2	418.1	11.0745	0.000024
Грешка	10419.1	276	37.8		

Легенда: SS - сума квадрата; df - број степени слободe; MS - средња вредност суме квадрата; F - вредност тест статистике; p - ниво статистичке значајности

Резултати анализе варијансе поновљених мерења (Табела 4.16) показују да постоје статистички значајне разлике у квалитету знања у категорији примена (СумаП) за главне ефекте – групу и време, односно да између група постоје статистички значајне разлике у квалитету знања у категорији примена ($F=4.5869$, $p=0.033974$) у глобалу, без обзира на временски момент, као и да у различитим временским моментима – иницијалном, финалном и ретенционом постоје статистички значајне разлике у квалитету знања у категорији примена ($F=105.0589$, $p=0.000000$) без обзира на групу.

Такође, постоје статистички значајне разлике у квалитету знања у категорији примена за интеракцију групе и времена ($F=11.0745$, $p=0.000024$), односно квалитет знања у категорији примена се разликује између група у различитим временским моментима. Ово је илустровано на Графику 4.7.

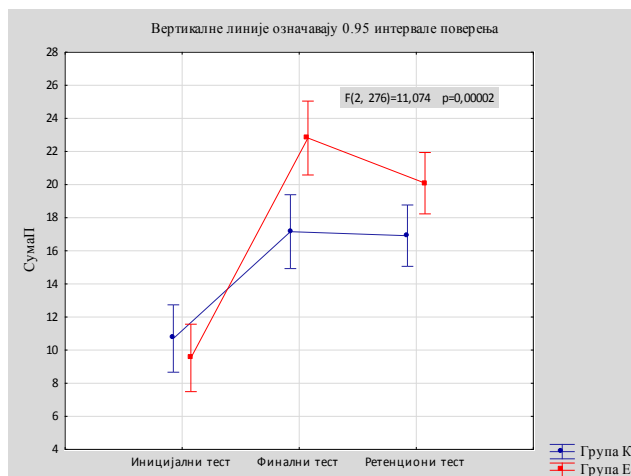


График 4.7 Резултати анализе варијансе поновљених мерења за променљиву СумаП

Да би се утврдило које се аритметичке средине сума освојених поена за категорију знања примена (СумаП) статистички значајно разликују употребљен је Бонферијева тест.

Табела 4.17 Резултати Бонферијевог теста за променљиву СумаП

			Бонферијева тест						
			MS = 74.877 df = 277.54						
Тест	Група	М	1	2	3	4	5	6	
			10.700	17.157	16.914	9.5286	22.814	20.086	
1	И	К	СумаЗ	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	
2	Ф	К	СумаЗ	0.000000	1.000000	0.000005	0.002054	0.693474	
3	Р	К	СумаЗ	0.000000	1.000000	0.000012	0.001065	0.464804	
4	И	Е	СумаЗ	1.000000	0.000005	0.000012	0.000000	0.000000	
5	Ф	Е	СумаЗ	0.000000	0.002054	0.001065	0.000000	0.136321	
6	Р	Е	СумаЗ	0.000000	0.693474	0.464804	0.000000	0.136321	

Легенда: М - аритметичка средина; MS -средња вредност суме квадрата; df – број степени слободе

На основу резултата Бонферијевог теста (Табела 4.17) могу се извести следећи закључци:

- (1) поређењем финалног у односу на иницијално стање закључује се да су оба облика наставе довела до статистички значајног повећања квалитета знања ученика у категорији примена: традиционална настава ($p=0.000000$) и мултимедијална настава ($p=0.000000$);
- (2) анализа финалног стања показује да је примена различитих облика наставе резултовала статистички значајном разликом у квалитету знања ученика у категорији примена у корист мултимедијалне наставе ($p=0,002054$) и

(3) поређењем ретенционог у односу на финално стање следи да, неовисно од облика наставе, квалитет знања у категорији примена није статистички значајно опао током времена, па се закључује да је у овој категорији трајност знања највећа.

С обзиром да постоји статистички значајна интеракција групе и времена урађена је униваријантна анализа варијансе како би се утврдило да ли између група постоје статистички значајне разлике у квалитету знања у индивидуалним временским моментима: иницијалном, финалном и ретенционом.

Табела 4.18 Резултати униваријантне анализе варијансе за променљиве СумаЗ, СумаР и СумаП на иницијалном тесту

Униваријантна анализа варијансе					
Ефекат	df	СумаЗ SS	СумаЗ MS	СумаЗ F	СумаЗ p
Одсечак	1	30962.31	30962.31	936.7650	0.000000
Група	1	60.46	60.46	1.8291	0.178442
Грешка	138	4561.23	33.05		
Укупно	139	4621.69			
Ефекат	df	СумаР SS	СумаР MS	СумаР F	СумаР p
Одсечак	1	17205.03	17205.03	473.1689	0.000000
Група	1	15.11	15.11	0.4157	0.520176
Грешка	138	5017.86	36.36		
Укупно	139	5032.97			
Ефекат	df	СумаП SS	СумаП MS	СумаП F	СумаП p
Одсечак	1	14321.83	14321.83	193.1950	0.000000
Група	1	48.03	48.03	0.6479	0.422255
Грешка	138	10230.14	74.13		
Укупно	139	10278.17			

Легенда: df - број степени слободe; SS - сума квадрата; MS - средња вредност суме квадрата; F - вредност тест статистике; p - ниво статистичке значајности

Резултати униваријантне анализе варијансе показују да у иницијалном стању не постоје статистички значајне разлике између група у квалитету знања у категоријама памћење, разумевање и примена, односно да су групе уједначене у квалитету знања (Табела 4.18).

Табела 4.19 Резултати униваријантне анализе варијансе за променљиве СумаЗ, СумаР и СумаП на финалном тесту

Униваријантна анализа варијансе					
Ефекат	df	СумаЗ SS	СумаЗ MS	СумаЗ F	СумаЗ p
Одсечак	1	38644.83	38644.83	879.6948	0.000000
Група	1	642.86	642.86	14.6337	0.000197
Грешка	138	6062.31	43.93		
Укупно	139	6705.17			
Ефекат	df	СумаР SS	СумаР MS	СумаР F	СумаР p
Одсечак	1	45432.03	45432.03	1059.349	0.000000
Група	1	677.60	677.60	15.800	0.000113
Грешка	138	5918.37	42.89		
Укупно	139	6595.97			
Ефекат	df	СумаП SS	СумаП MS	СумаП F	СумаП p
Одсечак	1	55920.03	55920.03	627.8111	0.000000
Група	1	1120.11	1120.11	12.5755	0.000534
Грешка	138	12291.86	89.07		
Укупно	139	13411.97			

Легенда: df - број степени слободe; SS - сума квадрата; MS - средња вредност суме квадрата; F - вредност тест статистике; p - ниво статистичке значајности

Увидом у Табелу 4.19 закључује се да је примена различитих облика наставе резултовала статистички значајном разликом у квалитету знања ученика у финалном стању, и то у свим категоријама: памћење ($F=14.6337$, $p=0.000197$), разумевање ($F=15.800$, $p=0.000113$) и примена ($F=12.5755$, $p=0.000534$) у корист мултимедијалне наставе.

На основу наведеног потврђује се хипотеза H_2 да примена мултимедије у настави физике резултује повећањем квалитета знања ученика у свим категоријама: памћење, разумевање и примена у односу на традиционални облик извођења наставе.

Табела 4.20 Резултати униваријантне анализе варијансе за променљиве СумаЗ, СумаР и СумаП на ретенционом тесту

Униваријантна анализа варијансе					
Ефекат	df	СумаЗ SS	СумаЗ MS	СумаЗ F	СумаЗ p
Одсечак	1	22125.71	22125.71	540.5824	0.000000
Група	1	0.03	0.03	0.0007	0.978960
Грешка	138	5648.26	40.93		
Укупно	139	5648.29			
Ефекат	df	СумаР SS	СумаР MS	СумаР F	СумаР p
Одсечак	1	22937.60	22937.60	457.2958	0.000000
Група	1	6.43	6.43	0.1282	0.720891
Грешка	138	6921.97	50.16		
Укупно	139	6928.40			
Ефекат	df	СумаП SS	СумаП MS	СумаП F	СумаП p
Одсечак	1	47915.00	47915.00	780.0274	0.000000
Група	1	352.03	352.03	5.7308	0.018014
Грешка	138	8476.97	61.43		
Укупно	139	8829.00			

Легенда: df - број степени слободe; SS - сума квадрата; MS - средња вредност суме квадрата; F - вредност тест статистике; p - ниво статистичке значајности

У ретенционом стању, не постоји статистички значајна разлика у квалитету знања ученика у категоријама памћење и разумевање. Статистички значајна разлика у квалитету знања ученика који су учили применом мултимедије у односу на ученике који су учили на традиционални начин постоји у категорији примена ($F=5.7308$, $p=0.018014$), што се види из Табеле 4.20.

На основу наведеног хипотеза H_4 да примена мултимедије у настави физике резултује повећањем ретенције квалитета знања ученика у свим категоријама: памћење, разумевање и примена у односу на традиционални облик извођења наставе се одбацује.

4.2 Анализа резултата анкетања

4.2.1 Факторска анализа скале ставова о мултимедијалној настави физике

Почетни део анализе резултата анкетања имао је за циљ утврђивање латентне структуре упитника за процену ставова ученика према мултимедијалној настави физике. Прелиминарна верзија упитника састојала се од 18 ставки (тврдњи). Након неколико иницијалних факторских анализа, пет ставки је елиминисано јер саме конституишу независан фактор или зато што отежавају интерпретацију фактора. Затим је у факторску анализу као почетни скуп варијаби унето 13 преосталих ставки.

Ради провере да ли је скуп података прикладан за факторску анализу испитано је да ли је вредност Кајзер-Мајер-Олкиновог (Kaiser-Meyer-Olkin) показатеља, као мере адекватности узорковања, једнака или већа од 0.6 и да ли је вредност показатеља Бартлетовог (Bartlett) теста сферичности статистички значајна ($p < 0.05$). У овом случају, показатељ КМО износи 0.776 што сугерише прихватљиву адекватност узорковања и Бартлетов показатељ је статистички значајан ($p = 0.000$), па је факторска анализа оправдана (Табела 4.21).

Табела 4.21 Резултати КМО и Бартлетовог теста

Кајзер-Мајер-Олкинова мера адекватности узорковања	Бартлетов тест сферичности			
	КМО	χ^2	df	p
0.776	483.049	78	0.000	

Легенда: χ^2 - вредност тест статистике; df - број степени слободe; p - ниво статистичке значајности

Факторска анализа спроведена је методом главних компоненти. На основу тзв. Скри плот (енгл. Scree-Plot) теста (График 4.8) бира се број фактора који се налази у преломној тачки графика, што би у овом случају било 4, али се на основу Кајзер-Гутмановог (Kaiser-Guttman) критеријума задржавају само они фактори чији је карактеристични корен⁷ већи од један.

⁷ Карактеристични корен је износ варијансе у оригиналним променљивама који је повезан са одређеним фактором.

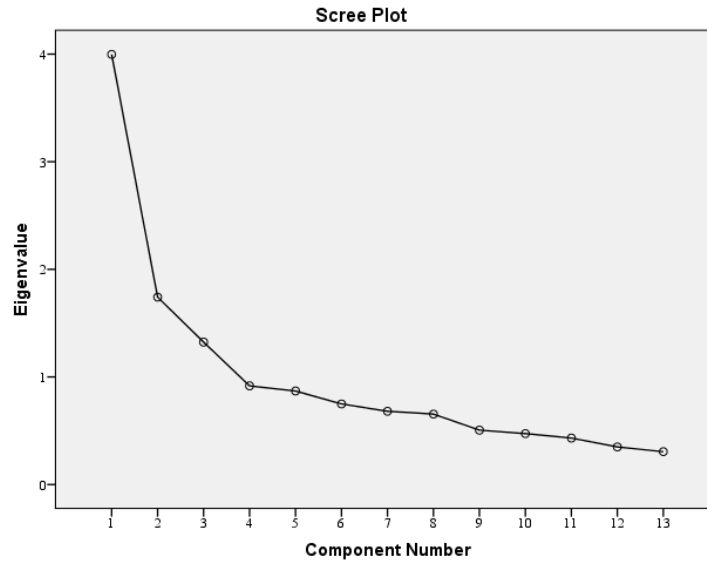


График 4.8 Карактеристични коренови на компонентама скале од 13 ајтема

У складу са наведеним критеријумом, екстраховане су три компоненте које заједно објашњавају 54.331% варијансе почетног скупа варијабли. Први фактор објашњава 30.752% варијансе, док други и трећи фактор објашњавају додатних 13.396% односно 10.182% варијансе (Табела 4.22). Фактори су заротирани у Промакс позицију која дозвољава корелираност фактора.

Табела 4.22 Карактеристични коренови и проценат објашњене варијансе иницијалне и ротиране солуције

Компонента	Иницијална солуција			Ротирана солуција
	Карактеристични корен	% варијансе	Кумулативни % варијансе	Карактеристични корен
1	3.998	30.752	30.752	3.505
2	1.742	13.396	44.148	2.909
3	1.324	10.182	54.331	1.794
4	0.917	7.055	61.386	

Матрица факторских оптерећења на основу које су интерпретирани фактори приказана је у Табели 4.23.

Табела 4.23 Матрица факторских оптерећења

Ставка	Компонента		
	1	2	3
3. Атмосфера на часовима мултимедијалне наставе физике боља је него на „обичним“ часовима.	0.813		
5. На часовима мултимедијалне наставе физике имам утисак да време у току часа пролази брже.	0.733		
8. Часови на којима се примењује мултимедија нису ми интересантнији у односу на остале часове физике.	-0.684		
1. Допада ми се када се настава физике реализује у школској медијатеци, уз употребу рачунара и видео бима.	0.668		
13. Визуализација физичких појава применом мултимедије помаже ми да боље разумем градиво које сам претходно прочитао/ла.	0.570		
2. Визуелни и звучни ефекти при излагању градива физике путем мултимедије привлаче ми пажњу да пратим наставу.	0.457	0.355	
14. Када учимо физику путем мултимедијалног образовног софтвера потребно је да професор на часу додатно објасни градиво.		0.831	
11. Демонстрације физичких појава кроз анимације помажу ми да градиво повежем са реалним појавама у свакодневном животу.		0.720	
16. Када на часу дискутујемо о некој физичкој појави или феномену помаже ми када претходно погледамо мултимедијалну презентацију или филм на ту тему.		0.711	
10. Боље разумем физичке појаве када се оне демонстрирају кроз мултимедијалне анимације.		0.425	
17. Када учим физику путем мултимедијалног образовног софтвера проблем је што рачунару не могу да постављам питања уколико ми градиво није јасно.			0.820
12. Потребно ми је да више пута саслушам говор којим се објашњава анимација или излаже градиво, јер се оно презентује темпом који не могу да пратим.			0.813
18. Употреба мултимедије у настави не утиче на повећање мог интересовања за учењем градива физике.	-0.322		0.552

Први фактор засићују ставке чији садржај указује на повољан однос ученика према мултимедијалној настави физике, односно да ученици сматрају да је атмосфера на часовима мултимедијалне наставе боља него на уобичајеним часовима, да им време брже пролази, да у већој мери побуђује њихово интересовање и да омогућава лакше праћење и

разумевање градива. Фактор је назван *Повећано интересовање* за мултимедијалну наставу.

Други фактор говори о томе како мултимедијална настава и дискусија која је прати помажу ученицима у усвајању градива, јер лакше разумеју градиво и лакше га повезују са реалним појавама у свакодневном животу. Такође, овај фактор подразумева и то да је неопходно да наставник више буде ангажован око објашњавања мултимедијално представљених садржаја. Фактор је назван *Олакшано учење* путем мултимедијалне наставе.

Трећи фактор углавном обухвата индикаторе који указују на тешкоће у праћењу наставе са мултимедијалном презентацијом, понајвише због темпа који није прилагођен сваком ученику и немогућности да се разјасне дилеме које ученици имају. Као последица тога, долази и до смањеног интересовања ученика за мултимедијалну наставу и наставне садржаје који се презентују на овај начин. Фактор је назван *Тешкоће у праћењу* мултимедијалне наставе.

Прва два фактора корелирају умерено позитивно ($r=0.414$), док је корелација првог и другог фактора са трећим фактором нултог реда (први и трећи фактор $r=-0.157$; други и трећи фактор $r=-0.053$) што се види из Табеле 4.24.

Табела 4.24 Корелациона матрица компоненти

Компонента	1	2	3
1	1.000	0.414	-0.157
2	0.414	1.000	-0.053
3	-0.157	-0.053	1.000

Дескриптивни подаци о субскалама и њихове психометријске карактеристике

На основу резултата факторске анализе, израчунати су просечни скорови на свакој издвојеној димензији става. Дескриптивни подаци и поузданост субскала приказани су у Табели 4.25, док су на Графицима 4.9, 4.10 и 4.11 приказане дистрибуције скорова на субскалама.

Колмогоров-Смирнов тестом је испитано да ли дистрибуције скорова на све три димензије одступају од нормалне дистрибуције. Утврђено је да на димензијама *Повећано интересовање* и *Олакшано учење* постоји значајно одступање од нормалности ($p<0.05$), док К-С тест за димензију *Тешкоће у праћењу* није статистички значајан, иако се налази у опсегу маргиналне статистичке значајности. С обзиром да је за обраду резултата планирано коришћење параметријских статистичких техника које подразумевају нормалну дистрибуцију континуираних варијабли, извршена је нормализација скорова Бломовом (Blom) формулом. Нормализовани скорови су коришћени у свим каснијим анализама.

Табела 4.25 Дескриптивни подаци и поузданост субскала

Субскала	М	SD	Min	Max	Колмогоров-Смирнов тест (p ниво)	Поузданост (Кронбахова α)
Повећано интересовање	4.02	0.677	2	5	0.001	0.798
Олакшано учење	3.85	0.701	2	5	0.005	0.682
Тешкоће у праћењу	2.98	0.885	1	5	0.065	0.588

Легенда: М - аритметичка средина; SD - стандардна девијација; Min - минимална вредност; Max - максимална вредност

Поузданост субскала утврђена је на основу вредности Кронбах алфа (Cronbach alpha). Поузданост субскале Повећано учење ($\alpha=0.798$) је добра. Поузданост субскале Олакшано учење ($\alpha=0.682$) је прихватљива (доња граница прихватљивости износи 0.6), док је поузданост субскале Тешкоће у праћењу ($\alpha=0.588$) прилично ниска. Имајући у виду да се последња субскала састоји из само три ставке оваква поузданост је прихватљива.

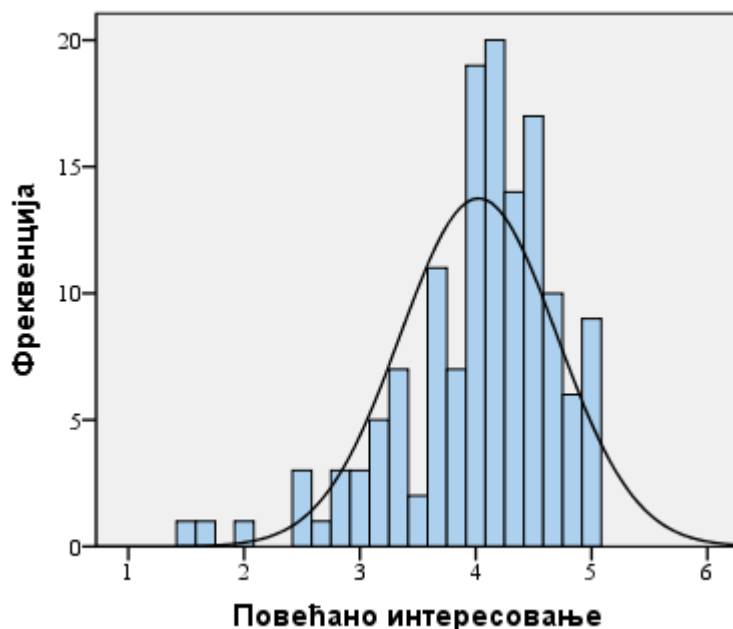


График 4.9 Дистрибуција скорова на субскали Повећано интересовање

Дистрибуција скорова на димензији Повећано интересовање указује на то да се резултати ученика у већој мери групишу око високог скорa на скали, док само изузено мали број ученика постиже ниске скорове тј. сматра да мултимедија не доприноси већем интересовању за наставне садржаје физике.

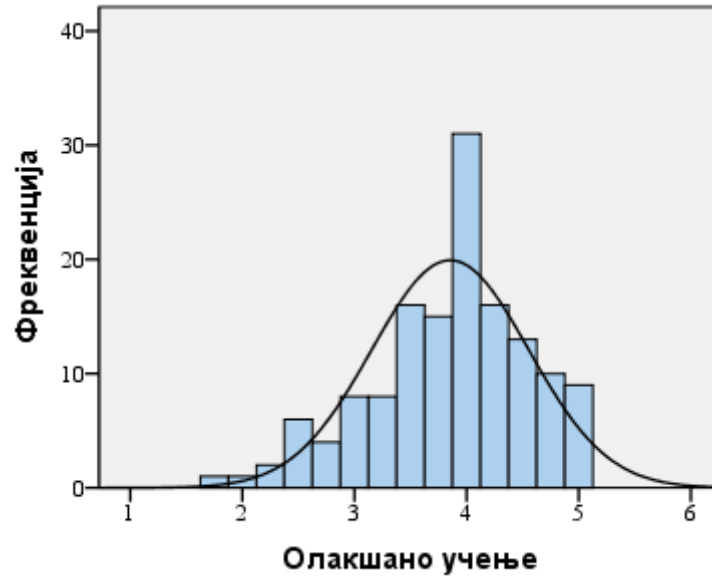


График 4.10 Дистрибуција скорова на субкали Олакшано учење

Дистрибуција скорова на димензији Олакшано учење указује на то да се резултати ученика у већој мери групишу око изнадпросечних вредности, док мањи број ученика постиже ниске скорове, што указује на чињеницу да већи број ученика сматра да примена мултимедије олакшава учење градива физике у односу на оне који сматрају да то није случај.

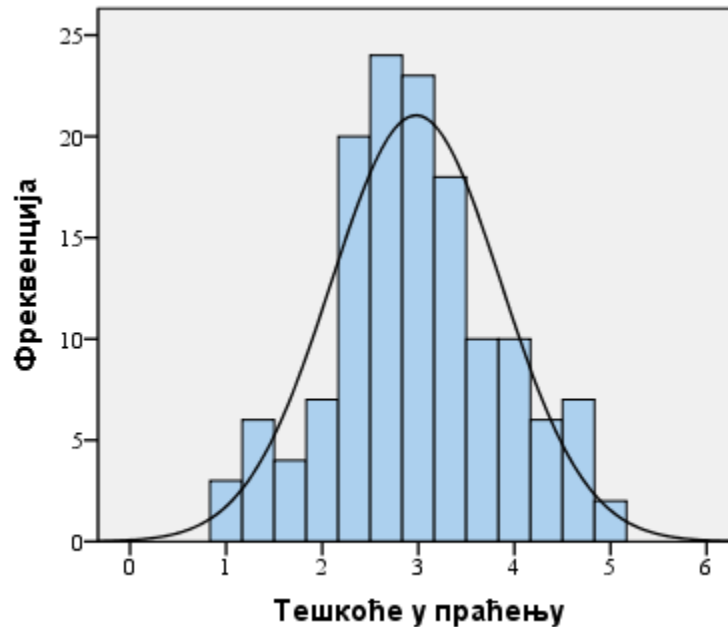


График 4.11 Дистрибуција скорова на субкали Тешкоће у праћењу

Дистрибуција скорова на димензији Тешкоће у праћењу показује да се скорови групишу око просечних вредности, што сугерише да постоје ученици који имају, али и они који немају тешкоће у праћењу мултимедијалне наставе.

Дискриминативност ставки утврђена је на основу корелације сваке ставке са остатком субскеале (тзв. item-total корелације). Увидом у Табеле 4.26, 4.27 и 4.28 се закључује да све ставке са остатком субскеале којој припадају корелирају више од $r=0.30$ што представља доњу границу прихватљивости.

Табела 4.26 Item - total корелације субскеале Повећано интересовање

Ставка	Коригована item - total корелација
1. Допада ми се када се настава физике реализује у школској медијатеци, уз употребу рачунара и видео бима.	0.631
2. Визуелни и звучни ефекти при излагању градива физике путем мултимедије привлаче ми пажњу да пратим наставу.	0.526
3. Атмосфера на часовима мултимедијалне наставе физике боља је него на „обичним“ часовима.	0.531
5. На часовима мултимедијалне наставе физике имам утисак да време у току часа пролази брже.	0.481
8. Часови на којима се примењује мултимедија нису ми интересантнији у односу на остале часове физике.	0.674
13. Визуализација физичких појава применом мултимедије помаже ми да боље разумем градиво које сам претходно прочитао/ла.	0.480

Табела 4.27 Item - total корелације субскеале Олакшано учење

Ставка	Коригована item - total корелација
10. Боље разумем физичке појаве када се оне демонстрирају кроз мултимедијалне анимације.	0.403
11. Демонстрације физичких појава кроз анимације помажу ми да градиво повежем са реалним појавама у свакодневном животу.	0.572
16. Када на часу дискутујемо о некој физичкој појави или феномену помаже ми када претходно погледамо мултимедијалну презентацију или филм на ту тему.	0.475
14. Када учимо физику путем мултимедијалног образовног софтвера потребно је да професор на часу додатно објасни градиво.	0.443

Табела 4.28 Item - total корелације субскеале Тешкоће у праћењу

Ставка	Коригована item - total корелација
12. Потребно ми је да више пута саслушам говор којим се објашњава анимација или излаже градиво, јер се оно презентује темпом који не могу да пратим.	0.406
17. Када учим физику путем мултимедијалног образовног софтвера проблем је што рачунару не могу да постављам питања уколико ми градиво није јасно.	0.475
18. Употреба мултимедије у настави не утиче на повећање мог интересовања за учењем градива физике.	0.317

4.2.2 Израженост ставова ученика према мултимедијалној настави физике

Да би се испитало да ли су ставови ученика према мултимедијалној настави физике у глобалу позитивни или негативни, примењен је t-тест за један узорак којим је аритметичка средина на свакој од субскеала поређена са теоријском аритметичком средином скале ($M_{\text{теор.}}=3$). Анализа је спроведена на просечним скоровима димензија става према мултимедијалној настави физике, а не на нормализованим скоровима (јер су они са намером прилагођени тако да не одступају од нормалне дистрибуције).

Табела 4.29 Резултати t-теста за један узорак

Субскеала	t	df	p
Повећано интересовање	17.895	139	0.000
Олакшано учење	14.413	139	0.000
Тешкоће у праћењу	-0.318	139	0.751

Легенда: t - вредност тест статистике; df - број степени слободе ; p - ниво статистичке значајности

Резултати t-теста за један узорак (Табела 4.29), као и дистрибуције сирових просечних скорова (Графици 4.9, 4.10 и 4.11) сугеришу да је на димензијама Повећано интересовање и Олакшано учење емпиријски добијена просечна вредност значајно виша од теоријског просека скале ($p=0.000$), тј. да су ставови ученика према мултимедијалној настави физике у погледу могућности подстицања интересовања и олакшавања учења позитивни. На димензији Тешкоће у праћењу није добијена статистички значајна разлика од теоријског просека скале, тако да можемо закључити да, у глобалу, ученици сматрају да мултимедијална настава није ни превише тешка ни превише лака за праћење.

На основу наведеног потврђује се хипотеза H_5 да ученици имају генерално позитиван став према мултимедијалној настави физике.

4.2.3 Разлике у ставовима ученика према мултимедијалној настави физике у зависности од експерименталног третмана

T-тестом за независне узорке испитано је да ли се ученици који су били подвргнути експерименталном третману и они из контролне групе разликују у ставовима према мултимедијалној настави физике.

Табела 4.30 Разлике између експерименталне и контролне групе у ставовима према мултимедијалној настави физике

Субскала	t	df	p	M(K)	M(E)
Повећано интересовање	2,179	138	0,031	0,171	-0,183
Олакшано учење	0,069	138	0,945	-0,000	-0,012
Тешкоће у праћењу	1,417	138	0,159	0,117	-0,116

Легенда: t - вредност тест статистике; df - број степени слободe; p - ниво статистичке значајности; M - аритметичка средина (нормализована вредност)

Резултати указују да статистички значајне разлике постоје једино на димензији Повећано интересовање ($p=0.031$) на којој контролна група постиже више скорове него експериментална (Табела 4.30). Ово се може објаснити чињеницом да се настава за експерименталну групу током трајања педагошког експеримента континуирано реализовала у простору школске медијатеке уз примену мултимедије, тако да се претпоставља да је код ове групе дошло до извесног засићења оваквим обликом наставе. Контролна група је имала мањи број часова мултимедијалне наставе од експерименталне, па је стога разумљиво да се код ове групе ученика уочава повећано интересовање за оваквим обликом наставе.

С обзиром да разлике у ставовима ученика постоје једино на димензији Повећано интересовање, хипотеза H_b да се ставови према мултимедијалној настави физике ученика који су били подвргнути различитом експерименталном третману не разликују се потврђује.

4.2.4 Корелације ставова ученика према мултимедијалној настави физике са оценом из физике и општим успехом

Пирсоновим (Pearson) коефицијентом корелације је испитано да ли постоји повезаност између ставова ученика према мултимедијалној настави физике, са једне стране, и оцене из физике и општег успеха, са друге стране.

Табела 4.31 Корелације ставова ученика према мултимедијалној настави физике са оценом из физике и општим успехом

Субскала	Оцена из физике	Општи успех
Повећано интересовање	0.035	-0.020
Олакшано учење	0.108	0.007
Тешкоће у праћењу	0.139	0.018

На основу резултата приказаних у Табели 4.31 закључује се да ниједна димензија става према мултимедијалној настави физике не корелира ни са оценом из физике, ни са општим успехом ученика.

На основу наведеног потврђују се хипотеза Х7 да не постоји повезаност између између ставова ученика према мултимедијалној настави физике и оцене из физике и хипотеза Х8 да не постоји повезаност између ставова ученика према мултимедијалној настави физике и општег успеха ученика.

5. Закључак

Истраживањем су испитани свеукупни ефекти примене мултимедије у настави физике у првом разреду средње стручне школе. У оквиру првог дела истраживања испитан је утицај примене мултимедијалног образовног софтвера „Физика 2“ на постигнућа ученика при изучавању наставних подтема Молекулско-кинетичка теорија гасова и Термодинамика, док је други део истраживања имао за циљ да се испитају ставови ученика према мултимедијалној настави физике.

Први део истраживања реализован је експерименталном методом – експеримент са паралелним групама, са циљем да се утврди да ли примена мултимедије повећава ефикасност наставе физике у односу на традиционални облик извођења наставе. Анализиран је утицај примене мултимедије на квантум и квалитет знања ученика, као и њихову ретенцију, у односу на традиционални облик извођења наставе. Квалитет знања разматран је према Блумовој таксономији у три категорије когнитивног домена: знање (памћење), разумевање и примена.

Истраживањем је потврђено да примена мултимедије у настави физике резултује статистички значајним повећањем квантума знања ученика ($F=21.816$, $p=0.000007$), као и квалитета знања ученика у свим категоријама: памћење ($F=14.6337$, $p=0.000197$), разумевање ($F=15.800$, $p=0.000113$) и примена ($F=12.5755$, $p=0.000534$) у односу на традиционални облик наставе.

Примена мултимедије у настави физике није дала очекиване позитивне ефекте на ретенцију квантума знања и квалитета знања ученика у категоријама памћење и разумевање, те даља истраживања треба усмерити на изналажење фактора који повећавају трајност стечених знања. Мултимедијална настава резултовала је статистички значајним повећањем ретенције квалитета знања у категорији примена ($F=5.7308$, $p=0.018014$) у поређењу са традиционалном наставом, што доводи до закључка да је примена мултимедије имала највећи ефекат на највиши ниво знања.

Једно од могућих објашњења за генерално ниско постигнуће ученика на ретенционом тесту је што је временски период од три месеца (15. јун – 15. септембар) између финалног и ретенционог тестирања обухватио летњи распуст када ученици средњих школа немају обавеза везаних за наставу. Узевши у обзир да су током школске године ученици активни у усвајању нових знања, те да се градиво стално понавља и повезује са новим, сматра се да постоји основ за тврдњу да би резултати евентуално били бољи да је експеримент реализован у оквиру исте школске године.

Други део истраживања реализован је анкетањем ученика упитником о мултимедијалној настави физике у форми петостепене скале за мерење ставова Ликертовог типа. Истраживањем је утврђена израженост ставова ученика према мултимедијалној настави физике, утицај експерименталног третмана на ставове ученика, као и повезаност ставова ученика са оценом из физике и општим успехом.

Факторском анализом упитника издвојене су три димензије ставова према мултимедијалној настави физике које су назване: *Повећано интересовање за мултимедијалну наставу*, *Олакшано учење* путем мултимедијалне наставе и *Тешкоће у праћењу* мултимедијалне наставе.

Резултати анкетања потврдили су да ученици имају генерално позитиван став према мултимедијалној настави физике. На димензијама *Повећано интересовање* и *Олакшано учење* емпиријски добијена просечна вредност значајно је виша од теоријског просека скале ($p=0.000$), одакле следи да су ставови ученика према мултимедијалној настави физике у погледу могућности подстицања интересовања и олакшавања учења позитивни. На димензији *Тешкоће у праћењу* није добијена статистички значајна разлика од теоријског просека скале, тако да можемо закључити да, у глобалу, ученици сматрају да мултимедијална настава није ни превише тешка ни превише лака за праћење.

Испитивањем разлика у ставовима ученика који су били подвргнути различитом експерименталном третману утврђено је да статистички значајне разлике постоје једино на димензији *Повећано интересовање* ($p=0.031$). На овој димензији контролна група постиже више скорове него експериментална, што се објашњава чињеницом да је контролна група имала знатно мањи број часова мултимедијалне наставе у односу на експерименталну.

Истраживањем је утврђено да ниједна димензија става према мултимедијалној настави физике не корелира ни са оценом из физике, ни са општим успехом ученика, чиме је потврђено да не постоји повезаност ставова ученика према мултимедијалној настави физике са оценом из физике и општим успехом ученика.

Размотривши свеукупне ефекте примене мултимедије у настави физике генерални закључак је да позитивни ефекти преовлађују. Резултати истраживања показали су да је примена мултимедије резултовала повећањем ефикасности наставе физике у односу на традиционалну наставу, као и да су ставови ученика према оваквом облику наставе генерално позитивни. Овим је потврђена општа хипотеза истраживања да су укупни васпитно-образовни ефекти мултимедијалне наставе физике бољи од учинка који се постиже применом традиционалног облика извођења наставе.

6. Препоруке

Мултимедијални образовни софтвер „Физика 2” употребљен у истраживању препоручује се за примену у наставној пракси у средњој школи. Предност овакве врсте софтвера је што су по својој структури како садржајно, тако и када је у питању ниво обраде градива прилагођени одређеној популацији ученика.

У оквиру наставних подтема Молекулско-кинетичка теорија гасова и Термодинамика ученици треба да усвоје нове концепте (концепт идеалног гаса), разумеју везу макроскопске са микроскопским физичким величинама (притисак гаса), разумеју узрочно-последичне везе (гасни закони) и усвоје нове принципе (Други принцип термодинамике). Школска пракса показује да се при томе често суочавају са проблемима.

Мултимедијални образовни софтвер омогућио је да се направи конекција између реалних животних феномена и апстрактних модела у физици, те на тај начин поспешује разумевање физичких концепата и закона. Предност анимација је што омогућују да се динамичке појаве у микро-свету демонстрирају на идеализован начин (пример: модел идеалног гаса, притисак гаса). Примена вишеструких реперезентација омогућила је да ученици сагледају исту појаву са различитих аспеката: вербално објашњење; математички приступ – формуле; анимација; динамички график зависности одговарајућих физичких величина усклађен са анимацијом (пример: гасни закони). Симулације експеримената омогућиле су конструктивистички приступ настави где ученик кроз самосталну активност, истражујући, уочава узрочно-последичне везе и на тај начин изграђује своје знање (пример: термодинамички циклуси).

Мултимедијални модел наставе примењен у истраживању испољио је позитивне ефекте неовисно о типу наставног часа:

- На часовима обраде новог градива показао се погодним за потицање дискусије, те развијање критичког мишљења код ученика.
- На часовима понављања и утврђивања градива употреба пројектора омогућила је јасан и прегледан приказ решења задатака. Наставницима је из школске праксе познато да ученици често погрешно препишу садржаје са табле, што има негативне импликације на усвајање градива.
- На часовима лабораторијских вежби, ученицима је омогућено „извођење експеримената“ на рачунару у недостатку реалне лабораторијске опреме.

Уочено је да је овакав модел наставе омогућио већу интеракцију ученика са наставником, као и већу активност ученика у настави у односу на традиционални приступ, али га треба комбиновати са њим како би се постигао оптималан ефекат. Иако има низ предности, примена образовне технологије мора бити усаглашена са дидактичко-методичким решењима за које се наставник опредељује у свом раду. Само рационална примена мултимедијске технологије у квалитетно организованом процесу наставе и учења обезбеђује оптимално ангажовање како когнитивних, тако и вољних и психомоторних сфера појединца.

7. Литература

- Adams, W. K., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Dubson, M., Finkelstein, N. D. & Wieman C. E. (2006). New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics: The Colorado Learning Attitudes about Science Survey. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, Vol. 2, Issue 1, 010101.
- Адамов, Ј., Сегединац, М. и Олић, С. (2009). Примена мултимедије у настави органске хемије. *Технологија, информатика, образовање за друштво учења и знања*: 5, 229-239.
- Aleksandrova, A. & Nancheva, N. (2007). E-test with physics video demonstrations. *Conference Proceedings of the Workshop on Multimedia in Physics Teaching and Learning (EPS – MPTL12)*, 13-15 September, Wroclaw, Poland.
(http://www.researchgate.net/publication/255961252_E-test_with_physics_video_demonstration, приступљено 15.12.2014.)
- Allee, V. (1997). *The Knowledge Evolution: Expanding Organizational Intelligence*. Published by Butterworth-Heinemann. Originally published as "Knowledge and Self-organization," by Executive Excellence. Jan. 1997.
- Allport, G.W. (1935). *Attitudes*. In C. Murchison (Ed) *Handbook of Social Psychology*, Worcester, Mass: Clark University Press.
- Altherr, S., Wagner, A., Eckert, B. & Jodl, H.J. (2004). Multimedia material for teaching physics (search, evaluation and examples). *European Journal of Physics*, Vol. 25, No. 1, 7-14.
- Anastasi, A. & Urbina, S. (1997). *Psychological testing*. New York: Prentice Hall.
- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing*. New York: Longman.
- Andrilović, V. (1988). *Metode i tehnike istraživanja u psihologiji odgoja i obrazovanja*. Zagreb: Školska knjiga.
- Angell, C., Guttersrud, O., Henriksen, E. K., Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, But Fun - Pupils' and Teachers' Views of Physics and Physics Teaching. *Science Education*, Vol. 88, Issue 5, pp. 683–706.
- Аничин, И., Вербић, С., Крнета, М., Марић, В., Николић, Б., Станковић, С. и Тошовић, С. (2006). *Образовни стандарди за крај обавезног образовања за наставни предмет Физика*. Приручник за наставнике. Београд: Завод за вредновање квалитета образовања и васпитања.
- Argyris, C. (1993). *Knowledge for Action*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Аврамовић, З. (2007). Знање, незнање и погрешно знање у школи. *Зборник Института за педагошка истраживања*, 39 (1), 69-85.
- Банђур, В. и Поткоњак, Н. (1999). *Методологија педагогије*, Београд: Савез педагошких друштава Југославије.

- Baucal, A. (2003). Konstrukcija i ko-konstrukcija u zoni narednog razvoja: da li i Pijaže i Vigotski mogu biti u pravu? *Psihologija*, Vol. 36 (4), 517-542.
- Baucal, A i Pavlović-Babić, D. (2010). *Nauči me da mislim, nauči me da učim : PISA 2009 u Srbiji: prvi rezultati*. Beograd: Institut za psihologiju Filozofskog fakulteta Univerziteta u Beogradu; Centar za primenjenu psihologiju.
- Bennet, A. & Bennet, D. (2000). Characterizing the Next Generation Knowledge Organization. *Knowledge and Inovation: Journal of the KMCI*, 1, No. 1, 8-42.
- Betcher, C. & Lee, M. (2009). *Interactive whiteboard revolution. Teaching with IWBs*. ACER Press.
- Бјекић, Д. и Папић, Ж. (2005). *Оцењивање*. Приручник за оцењивање у средњем стручном образовању. Београд: Министарство просвете и спорта Републике Србије, Програм реформе средњег стручног образовања.
- Бјекић, Д. и Папић, Ж. (2006). *Тестови знања: израда и примена у средњој школи*. Чачак: Агенција „ПАП“.
- Бјекић, Д., Златић, Ј. и Најдановић-Томић, Ј. (2006). Развој таксономије циљева и исхода васпитања и образовања Блума и сарадника, *Зборник радова* 8, Ужице: Учитељски факултет.
- Bloom, B., Engelhart, M., Furst, E., Hill, W. & Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, The Classification of Educational Goals – Handbook 1 Cognitive Domain*. London: Longmans, Green and Co LTD.
- Bloom, B.S. (1981). *Taksonomija ili klasifikacija obrazovnih i odgojnih ciljeva. knj. 1: Kognitivno područje*. Beograd: Republički zavod za unapređivanje vaspitanja i obrazovanja.
- Бобић, Т. и Распоповић, М. (2008а). *Физика за први разред четворогодишњих средњих стручних школа*. Београд: Завод за уџбенике.
- Бобић, Т. и Распоповић, М. (2008б). *Физика 1. Збирка задатака са приручником за лабораторијске вежбе*. Београд: Завод за уџбенике.
- Бранковић, Д. и Мандић, Д. (2003). *Методика информатичког образовања*. Београд: Медиаграф, Бања Лука: Филозофски факултет у Бањој Луци.
- Bransford, J., Brown, A. & Cocking, R. (eds.) (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience and School*. Washington, DC: National Academy Press.
- Britner, S. L. (2008). Motivation in high school science students: A comparison of gender differences in life, physical, and earth science classes. *Journal of Research in Science Teaching* 45 (8), 955-970.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge, Mass.: Belkapp Press.
- Checkley, D. (2010). *High School Students' Perceptions Of Physics* (PhD Thesis). Alberta: Faculty Of Education, Lethbridge.

- Chen, Z., Stelzer, T. & Gladding, G. (2010). Using multimedia modules to better prepare students for introductory physics lecture. *Physical Review Special Topics - Physics Education research*, **6**, 010108.
- Clark, R. E (1994). Media will never influence learning. *Educational Technology Research and Development*, Vol. 42, Issue 2, 21-29.
- Concari, S., Giorgi, S., Camara, C & Giacosa, N. (2006). Didactics strategies using simulations for Physics teaching. In Méndez, R., Solano, A., Mesa, A. & Mesa, J. (Eds.), *Current Developments in Technology - Assisted Education, Full papers, Vol.III* (pp. 2042-2046). *4th International Conference on Multimedia and Information and Communication Technologies in Education*, 29th November - 2th December 2006, Seville, Spain. Badajoz:Formatex Research Centre.
- Чалуковић, Н. и Каделбург, Н. (1999). *Физика 2. Збирка задатака и тестова за први разред гимназије*. Београд: Круг.
- Чалуковић, Н. (2008). *Физика 7. Збирка решених задатака и тестова за VII разред основне школе*. Београд: Круг.
- Dale, E. (1954). *Audio-Visual Methods in Teaching* (revised edition). New York: A Holt-Dryden Book, Henry Holt and Company.
- Dale, E. (1969). *Audio-Visual Methods in Teaching* (3rd edition). New York: The Dryden Press.
- Dancy, M. H. & Beichner, R. (2006). Impact of animation on assessment of conceptual understanding in physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education research*, **2**, 010104.
- Daniels, H. & Zemelman, S. (2003). Out with textbooks, in with learning. *Educational Leadership*, Vol. 61, No.4, 36-40.
- De Jong, T. & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, Vol. 68, No. 2, 179-201.
- Ђерић, И., Луковић, И. и Студен, Р. (2007). Реализација наставе природних наука у Србији у контексту резултата TIMSS-FT. *Настава и васпитање*, Вол. 56, Бр.1, 40-55.
- Ђукић, М. (1995). *Дидактички чиниоци индивидуализоване наставе*. Нови Сад: Универзитет у Новом Саду, Филозофски факултет, Одсек за педагогију.
- Ђурић, Ђ. (1997). *Психологија и образовање*. Сомбор: Учитељски факултет.
- Eagly, A. H., & Chaiken, S. (1998). *Attitude, Structure and Function*. In *Handbook of Social Psychology*, ed. D.T. Gilbert, Susan T. Fisk, and G. Lindsey, 269–322. New York: McGowan-Hill.
- Fajgelj, S. (2003). *Психometrija: Metod i teorija psihološkog merenja*. Београд: Centar za primenjenu psihologiju.

- Fenrich, P. (1997). *Practical Guidelines for Creating Instructional Multimedia Applications*. New York: The Dryden Press.
- Finkelstein, N.D., Adams, W.K., Keller, C.J., Kohl, P.B., Perkins, K.K., Podolefsky, N.S., Reid, S. & LeMaster R. (2005). When Learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, Vol. 1, Issue 1, 010103.
- Flynn, R. J. & Tetzlaff, W. H. (1998). Multimedia: an introduction. *IBM Journal of Research and Development*, Vol. 42, No. 2, 165-176.
- Fulgosi, A. (1979). *Faktorska analiza*. Zagreb: Školska knjiga.
- Giddens, A. (2007). *Sociologija*. Zagreb: Nakladni zavod Globus.
- Gray, K. E., Adams, W. K., Wieman, C. E. & Perkins, K. K. (2008). Students know what physicists believe, but they don't agree: A study using the CLASS survey. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* **4**, 020106.
- Gröber, S., Vetter, M., Eckert, B. & Jodl H. J. (2007). Experimenting from a distance - remotely controlled laboratory (RCL). *European Journal of Physics*, Vol. 28, No. 3, 127-141.
- Gröber, S., Vetter, M., Eckert, B. & Jodl, H. J. (2008). Remotely controlled laboratories: Aims, examples, and experience. *American Journal of Physics – special theme issue* 76.
- Hajduković Jandrić, G., Obadović, D. Ž., Stojanović, M., Segedinac, M. & Rančić, I. (2011). Impacts of the Implementation of the Problem-based Learning in Teaching Physics in Primary Schools. *The New Educational Review*, Vol. 25, No. 3, 194-204.
- Hammer, D. (1996a). Misconceptions or p-prims: How may alternative perspectives of cognitive structure influence instructional perceptions and intentions. *Journal of the Learning Sciences*, **5**, 97-127.
- Hammer, D. (1996b). More than misconceptions: multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research. *American Journal of Physics*, **64**, 1316-1325.
- Hofstetter, F. T. (2001). *Multimedia Literacy*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Ibeh, G.F, Onah, D.U, Umahi, A.E, Ugwuonah, F.C, Nnachi, N.O & Ekpe, J.E. (2013). Strategies to Improve Attitude of Secondary School Students towards Physics for Sustainable Technological Development in Abakaliki L.G.A, Ebonyi-Nigeria. *Journal of Sustainable Development Studies*, Vol. 3, No. 2, 2013, 127-135.
- Ignjatović-Savić, N., Kovač-Cerović, T., Plut, D. i Pešikan, A. (1990). Socijalna interakcija u ranom detinjstvu i njeni razvojni učinci. *Psihološka istraživanja*, **4**, 9-70.
- Ивановић, Д., Распоповић, М., Крпић, Д., Божин, С., Аничин, И., Урошевић, В., Жегарац, С., Даниловић, Е и Васиљевић, И. (2004). *Физика са збирком задатака и приручником за лабораторијске вежбе за I разред четворогодишњих стручних школа*. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.

- Kenić, M., Kenić, T., Savić, N., Knežević, V., Trbović, T., Zdravković, M., Vranić, Z., Popović, D., Veljović, J. i Jeumović, M. (2008). Istraživanje na temu: *Stavovi učenika 8. razreda o težini obaveznih nastavnih predmeta*. Pedagoško društvo Srbije – Podružnica pedagoškog društva Kraljevo (<http://pedagog.rs/stavovi%20ucenika.php>, приступљено 01.12.2014).
- Kirstein, J. & Nordmeier, V. (2007). Multimedia representation of experiments in physics. *European Journal of Physics*, Vol.28, No.3, 115-126.
- Kirstein, J. (2001). The educational value of "Interactive Screen Experiments" - a new representation of experiments with multimedia technology. In: Psillos, D., Kariotoglou, P., Tselfes, V., Biskian, G., Fassoulopoulos, G., Hatzikraniotis, E. & Kallery, M. (Eds.). *Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society*. Thessaloniki: Art of Text, II, 468-470.
- Клајн, И. и Шипка, М. (2006). *Велики речник страних речи и израза*. Нови Сад: Прометеј.
- Комар, М. (2007). *Ја у свету физике. Радна свеска из физике 7*. Нови Сад: Школска књига.
- Kost, L. E., Pollock, S. J. & Finkelstein, N. D. (2009). Characterizing the gender gap in introductory physics, *Physical Review Special Topics– Physics Education Research* 5, 010101–1–010101–14.
- Kozma, R. B. (1991). Learning with media. *Review of Educational Research*, Vol. 61, No. 2, 179-211.
- Krech, D., Crutchfield R. S. & Ballachey, L.E. (1962). *Individual in Society. A Textbook of Social Psychology*. New York: McGraw - Hill Book Company.
- Krković, A. (1978). *Elementi psihometrije I*. Zagreb: Sveučilišna naklada Liber.
- Krsnik, R. (2001). Učenik i učenje fizike; Što govore rezultati istraživanja. U M. Buljubašić i S. Knežević (ur.), *Zbornik Učenik – aktivni sudionik u nastavi fizike, Prvi hrvatski simpozij o nastavi fizike*, 18-20. travanj, Split, (str.7-18). Split: Hrvatsko fizikalno društvo.
- Lavonen, J., Byman, R., Juuti, K., Meisalo, V. & Uitto, A. (2005). Pupil Interest in Physics: A Survey in Finland. *Nordina*, Vol. 2 (1), pp. 72-85.
- Лекић, Ђ. (1980). *Методологија педагошког истраживања и стваралаштва*. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.
- Липовац, В. (2003). Дидактички аспекти мултимедијалне наставе. *Норма*, вол. 9, бр. 2-3, 211-222.
- Луковић, И. и Вербић, С. (2005). Постигнуће ученика из физике. У Р. Антонијевић и Д. Јањетовић (ур.), *TIMSS 2003 у Србији* (стр. 186-214). Београд: Институт за педагошка истраживања.
- Мандић, Д. и Мандић, П. (1995): *Образовна и пословна информатика*. Београд: Учитељски факултет.
-

- Мандић, Д. (2003). *Дидактичко-информатичке иновације у образовању*. Београд: Медиаграф.
- Mandić, D., Lalić, N. & Banđur, V. (2010). Managing innovations in education. *AIKED'10 Proceedings of the 9th WSEAS international conference on Artificial intelligence, knowledge engineering and data bases*, 231-236.
- Marzano, R. J. (2009). The Art and Science of Teaching / Teaching with interactive whiteboards. *Educational Leadership*, Vol. 67, No. 3, 80-82.
- Matasić, I. i Dumić, S. (2012). Multимедијске технологије у образовању. *Медијска истраживања*, год.18, бр.1, 143-151.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Mayer, R. E., ed. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. University of Cambridge, Cambridge, U.K.
- McDermott, L.C. & Redish, E.F. (1999). Resource letter: PER-1: Physics education research. *American Journal of Physics*, Vol.67, Issue 9, 755-767.
- McKethan, R., Everhart, B. & Sanders, R. (2001). The Effects of Multimedia Software Instruction and Lecture-based Instruction on Learning and Teaching Cues of Manipulative Skills on Preservice Physical Education Teachers. *Physical Educator*, 58 (1), 2-13.
- Miličić, D., Bošnjak, M., Cvjetičanin, S., Jovanov, B., Marković-Topalović, T., Jokić, Lj., Obadović, D. & Jokić, S. (2012). Acceptance of IBSE method among children, teachers and students on the university and society. *The Fibonacci Project - Second European Conference, Inquiry Based Science & Mathematics Education: Bridging the gap between education research and practice*, Full Papers, 26-27th April 2012, Leicester (pp. 18-21). Leicester, UK: University of Leicester.
- Милошевић, Н. и Луковић, И. (2006). Контекст учења физике и постигнуће ученика. *Настава и васпитање*, Вол. 55, Бр. 2, 136-154.
- Muller, D. A. (2008). *Designing Effective Multimedia for Physics Education* (PhD Thesis). Sydney: School of Physics, University of Sydney.
- Муџић, В. (1982). *Методологија педагошког истраживања*,. Сарајево: „Свјетлост“-ООУР Завод за уџбенике и наставна средства.
- Najjar, J. L. (1996). Multimedia Information and Learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5 (2), 129-150.
- Neo, M. & Neo, T. K. (2009). Engaging students in multimedia-mediated Constructivist learning – Students perceptions. *Educational Technology & Society*, Vol. 12, Issue 2, 254-266.
- Neo, M. (2007). Learning with Multimedia: Engaging Students in Constructivist Learning. *International Journal of Instructional Media*, Vol. 34, No. 2, 149-158.
- Obadović, D. Ž., Rančić, I., Cvjetičanin, S. & Segedinac, M. (2013). The Impact of Implementation of Simple Experiments on the Pupils' Positive Attitude in Learning

- Science Contents in Primary School. *The New Educational Review*, Vol.34, No.4, 138-150.
- Osborne, J., Simon, S. & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, Vol. 25, No. 9, pp.1049-1079.
- Osborne, R. J. & Wittrock, M. C. (1983). Learning science: A generative process. *Science Education* 67(4), 489-508.
- Paar, V., (2001). Nastava fizike u školi i prvo uvođenje pojma mase pomoću tromosti i težine u osnovnoj školi. U M. Buljubašić i S. Knežević (ur.), *Zbornik Učenik – aktivni sudionik u nastavi fizike, Prvi hrvatski simpozij o nastavi fizike*, 18-20. travanj, Split, (str. 109-121). Split: Hrvatsko fizikalno društvo.
- Pavlović-Babić Dragica i Baucal Aleksandar (2013). *Podrži me, Inspiriši me: PISA 2012 u Srbiji: prvi rezultati*. Beograd: Institut za psihologiju Filozofskog fakulteta Univerziteta; Centar za primenjenu psihologiju.
- Pennington, D.C. (2001). *Osnove socijalne psihologije*. Jastrebarsko: Naklada Slap.
- Perkins, K. K., Adams, W. K., Pollock, S. J., Finkelstein, N. D. & Wieman, C. E. (2005). Correlating Student Beliefs With Student Learning Using The Colorado Learning Attitudes about Science Survey. *Proceedings of Physics Education Research Conference 2004*, Sacramento, California: August 4-5, 2004, Volume 790, Pages 61-64.
- Perkins, K., Adams, W., Dubson, M., Finkelstein, N., Reid, S., Wieman, C. & LeMaster, R. (2006). PhET: Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics. *The Physics Teacher*, Vol. 44, Issue 1, 18-23.
- Perkins, K.K., Gratny, M.M., Adams, W.K., Finkelstein, N.D & Wieman, C.E. (2006). Towards characterizing the relationship between students' interest in and their beliefs about physics. AIP Conf. Proc. **818**, 137. *Physics Education Research Conference 2005*, 10-11 August 2005, Salt Lake City, Utah (USA).
- Петровић, Т. (1994). *Дидактика физике-теорија наставе физике*. Београд: Физички факултет.
- Petz, B. i sar. (1992). *Psihologijski rječnik*. Zagreb: Prosvjeta.
- Phillips, R. (1997). *The Developers handbook to Interactive Multimedia: A Practical Guide for Educational Applications*. London: Kogan Page.
- Pollock, S. J., Finkelstein, N. D. & Kost, L. E. (2007). Reducing the gender gap in the physics classroom: How sufficient is interactive engagement. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* 3, 010107–1–010107–4.
- Poljak, V. (1984). *Didaktika*. Zagreb: Školska knjiga.
- Попов, С. (2010). *Методика примене мултимедија у настави*. Програм сталног стручног усавршавања наставника (публикован у Каталогу за школску 2010/2011. годину под бројем 093/2010).

- Правилник о плану и програму образовања и васпитања за заједничке предмете у стручним и уметничким школама, Службени гласник СРС – „Просветни гласник“, бр. 4/91, 7/93, 17/93, 1/94, 2/94, 2/95, 3/95, 8/95, 5/96, 2/02, 5/03, 24/04, 3/05, 6/05, 11/05, 6/06, 12/06, 8/08, 1/09, 3/09, 10/09, 5/10, 8/10, 11/13.
- Radlović Čubrilo, D., Čubrilo, D. & Obadović, D. (2009). Presentation of Basic Thermodynamics Laws by Simple Experiments Applying Problem - Solving Teaching Methodology. In Fildisis T. (Ed.), AIP Conference Proceedings, Full Papers, 1203 (pp.1271-1274). *7th General International Conference of the Balkan Physical Union*. 9 - 13th September 2009, Alexandroupolis, Greece. Alexandroupolis: Hellenic Physical Society.
- Redish, E.F. & Steinberg, R.N. (1999). Teaching Physics: Figuring Out What Works. *Physics Today*, Vol. 52, Issue 1, 24-30.
- Redish, E.F. (2003). *Teaching Physics with the Physics Suite*. New York: John Wiley and Sons.
- Рот, Н. (1983). *Основи социјалне психологије*. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.
- Sadaghiani, H. R. (2011). Using multimedia learning modules in a hybrid-online course in electricity and magnetism. *Physical Review Special Topics - Physics Education research*, 7, 010102.
- Sadaghiani, H. R. (2012). Controlled study on the effectiveness of multimedia learning modules for teaching mechanics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, Vol. 8, Issue 1, 010103.
- Савовић, Б., Бјекић, Д. и Најдановић-Томић, Ј. (2006). *Тестови знања у основној школи, приручник за наставнике – радни материјал*. Београд: Завод за вредновање квалитета васпитања и образовања.
- Schnotz, W. & Lowe, R. (2003). External and Internal Representations in Multimedia Learning. Introduction. *Learning and Instruction*, Vol.13, No. 2, 117-123.
- Semple A. (2000). Learning theories and their influence on the development and use of educational technologies. *Australian Science Teachers Journal*, Vol.46, No.3, 21-27.
- Sharma M. D., Johnston I. D., Johnston H., Varvell K., Robertson G., Hopkins A., Stewart C., Cooper I. & Thornton R. (2010). Use of interactive lecture demonstrations: A ten year study. *Physical Review Special Topics - Physics Education research*, 6, 020119.
- Spelke, E. S. (2005). Sex differences in intrinsic aptitude for mathematics and science?: A critical review. *American Psychologist*, 60 (9), 950–958.
- Станковић, З. (2003). Педагошка функција наставних средстава. *Педагошка стварност*, вол. 49, бр. 9-10, 735-744.
- Steinmetz, R. & Nahrstedt, K. (1995). *Multimedia: Computing, Communications and Applications*. New York: Prentice Hall.

- Stelzer, T., Gladding, G., Mestre, J.P. & Brookes, D.T. (2009). Comparing the efficacy of multimedia modules with traditional textbooks for learning introductory physics content. *American Journal of Physics*, Vol.77, No.2, 184-190.
- Titus, A. P. (1998). *Integrating Video and Animation with Physics Problem Solving Exercises on the World Wide Web* (PhD Thesis). Raleigh: Graduate Faculty of North Carolina State University.
- Trumper, R. (2006). Factors Affecting Junior High School Students' Interest in Physics. *Journal of Science Education and Technology* 15 (1), 47–58.
- Van Heuvelen, A., & Zou, X. L. (2001). Multiple representations of work-energy processes. *American Journal of Physics*, Vol. 69, No. 2, 184-194.
- Вербић, С., Бојовић, В. и Милин, В. (2011). Постигнуће ученика и настава физике. У: С. Гашић-Павишић и Д. Станковић (ур.), *TIMSS 2007 у Србији* (стр. 69-96). Београд: Институт за педагошка истраживања.
- Вилотијевић, М. (1999). *Дидактика 2 – Дидактичке теорије и теорије учења*. Београд: Научна књига, Учитељски факултет.
- Von Glasersfeld, E. (1989). Constructivism in education. In Husen, T., and Postlethwaite, T.N., (Eds.): *The international encyclopedia of education*, 1, 162-163, New York: Pergamon.
- Wagner A., Altherr S., Eckert B. & Jodl H. J. (2006). Multimedia in physics education: two teaching videos on the absorption and emission spectrum of sodium. *European Journal of Physics*, Vol. 27, No. 6, 31–35.
- Wagner, A., Altherr, S., Eckert, B. & Jodl, H. J. (2007). Multimedia in physics education: teaching videos about aero and fluid dynamics. *European Journal of Physics*, Vol. 28, No. 4, 33–37.
- Wieman, C. & Perkins, K. (2005). Transforming Physics Education. *Physics Today*, Vol. 58, Issue 11, 36-41.
- Wigg, K. (1995). *Knowledge Management*. Arlington, TX: Schema Press.
- Закон о средњем образовању и васпитању. Службени гласник Републике Србије бр. 55/2013. (http://www.mpn.gov.rs/images/content/prosveta/pravna_akta/doneseni_zakoni/zakon_o_srednjem_obrazovanju_i_vaspitanju.pdf, приступљено 20.12.2014.)
- Zhu, Z. (2007). Learning content, physics self-efficacy, and female students' physics course-taking. *International Education Journal* 8 (2), 204-212.
- Образовни софтвер: *Мултимедијална ФИЗИКА 2*. Београд: Кварк медија.

Електронски извори:

<http://sr.wikipedia.org/sr/Мултимедија>

(приступљено 10.09.2014.)

<http://www.carnet.hr/referalni/obrazovni/mkod/pedagogija/bihev.html>

(приступљено 15.11.2014.)

<http://www.carnet.hr/referalni/obrazovni/mkod/pedagogija/kognit.html>

(приступљено 15.11.2014.)

<http://www.carnet.hr/referalni/obrazovni/mkod/pedagogijkonstr.html>

(приступљено 15.11.2014.)

<http://www.scribd.com/doc/26958436/Socijalna-Psihologija-II#scribd>

(приступљено 29.10.2014.)

<http://www.colorado.edu/sei/surveys/Faculty/CLASS-PHYS-faculty.html>

(приступљено 15.09.2014.)

<http://eacea.ec.europa.eu/static/en/elearning/index.htm>

(приступљено 02.11.2014.)

<http://www.mptl.eu>

(приступљено 01.11.2014.)

<http://www.microsoft.com/scg/obrazovanje/pil/default.aspx>

(приступљено 15.12.2014.)

<http://www.kreativnaskola.rs>

(приступљено 03.12.2014.)

<http://klikdoznanja.edu.rs/>

(приступљено 03.12.2014.)

<http://digitalnaskola.rs>

(приступљено 03.12.2014.)

<http://www.zuov.gov.rs/katalozi-su/>

(приступљено 20.12.2014.)

<http://www.kvarkmedia.co.rs>

(приступљено 17.08.2014.)

<http://www.multisoft.co.rs>

(приступљено 17.08.2014.)

8. Прилози

- ПРИЛОГ 1 Тест знања из градива физике обрађиваног у основној школи
- ПРИЛОГ 2 Иницијални тест знања
- ПРИЛОГ 3 Финални тест знања
- ПРИЛОГ 4 Упитник о мултимедијалној настави физике
- ПРИЛОГ 5 Образовни стандарди за крај обавезног образовања за наставни предмет Физика
- ПРИЛОГ 6 Садржаји програма за наставни предмет Физика за први разред средњег стручног образовања у четворогодишњем трајању

**ПРИЛОГ 1 – ТЕСТ ЗНАЊА ИЗ ГРАДИВА ФИЗИКЕ ОБРАЂИВАНОГ У
ОСНОВНОЈ ШКОЛИ**

Име и презиме _____

Разред и одељење _____

Број поена (освојено/могуће)/100 поена

Заокружи тачан одговор:

1. Јабука пада са гране на земљу. Шта је узрок падања?

- а. отпор ваздуха
- б. притисак
- в. инерција
- г. **сила Земљине теже**

(...../3 поена)

2. На слици су приказана два магнета. Заокружи тачно тврђење:

- а. Магнети на слици 1 се привлаче.
- б. **Магнети на слици 2 се привлаче.**
- в. Магнети на слици 3 се привлаче.
- г. Магнетна сила никад није привлачна.



1



2



3

(...../3 поена)

3. На слици је приказана стаклена посуда са три цеви различитих пречника у коју је сипана вода. На којој слици су нивои воде у сваком делу посуде исправно нацртани?

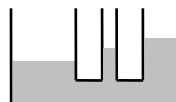
- а. посуда 1
- б. **посуда 2**
- в. посуда 3
- г. посуда 4



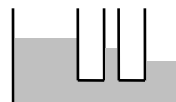
2



3



4



(...../3 поена)

4. Шта се дешава са куглицом од олова када се урони у посуду напуњену живом? Густина олова износи $11,3 \text{ g/cm}^3$, а живе $13,6 \text{ g/cm}^3$.

- а. **исплива**
- б. лебди
- в. потоне

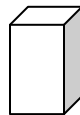
(...../4 поена)

5. На столу леже три цигле исте тежине. Оне су постављене на различите начине као што је то приказано на слици. Која од ове три цигле врши највећи притисак на сто?

- а. цигла 1
- б. **цигла 2**
- в. цигла 3
- г. све цигле врше исти притисак



1



2



3

(...../5 поена)

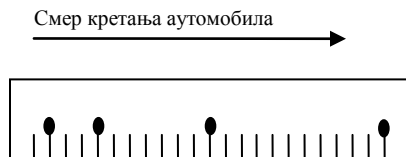
6. Једна од понуђених физичких величина је одређена интензитетом, правцем и смером. Која?

- а. снага
- б. притисак
- в. брзина**
- г. енергија
- д. маса

(...../4 поена)

7. Бензин капље из резервоара аутомобила. Сваке 2 секунде на пут падне по једна кап. На основу трагова капи на путу приказаних на слици шта можемо закључити о кретању аутомобила?

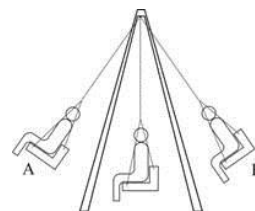
- а. Кретање аутомобила је равномерно убрзано.**
- б. Кретање аутомобила је равномерно успорено.
- в. Аутомобил се креће сталном брзином.
- г. Кретање аутомобила је неравномерно успорено.



(...../4 поена)

8. На слици је приказана љуљашка која осцилује између положаја А и В. Ако из положаја А у положај В љуљашка стигне за 2 секунде период осциловања љуљашке износи:

- а. 1/2 секунде
- б. 1 секунд
- в. 2 секунде
- г. 4 секунде**



(...../5 поена)

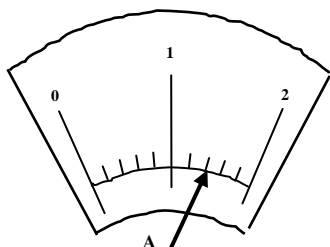
9. Дечак се спушта низ тобоган. За кретање дечака важи један од следећих исказа:

- а. Кинетичка енергија дечака претвара се у потенцијалну енергију.
- б. Кинетичка енергија дечака је константна.
- в. Потенцијална енергија дечака претвара се у кинетичку енергију.**
- г. Потенцијална енергија дечака је константна.

(...../5 поена)

Допуни следеће једнакости и реченице тако да буду тачне:

10. На слици је приказана скала амперметра.



Казаљка амперметра показује јачину струје $I = \underline{1,4}$ А.

(...../6 поена)

11. Претвори у одговарајуће јединице:

1 km = 1000 m

1 h = 3600 s

72 km/h = 72 (1000m/3600s) = 20 m/s

(...../7 поена)

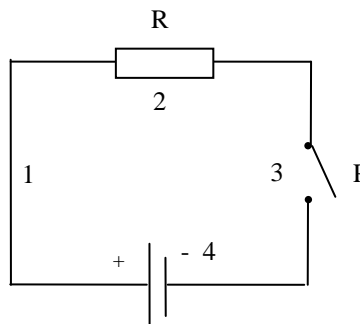
12. На слици је представљена шема простог електричног кола. Уписати назив одговарајућег елемента електричног кола.

Бројем 1 означен је проводник

Бројем 2 означен је отпорник

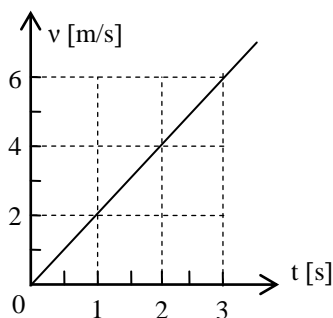
Бројем 3 означен је прекидач

Бројем 4 означен је извор



(...../8 поена)

13. Камион креће са паркинга. Промена његове брзине је приказана на графику.

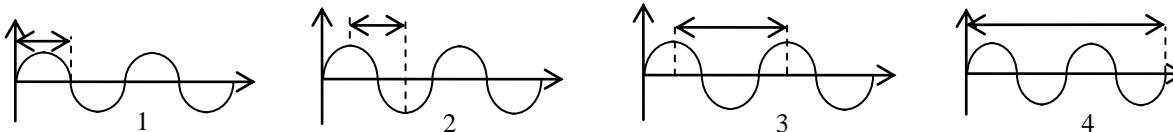


Брзина камиона на крају друге секунде од почетка кретања износи 4 m/s.

Убрзање камиона (промена брзине у јединици времена) износи 2 m/s².

(...../8 поена)

14. На сликама је приказан механички талас и означена таласна дужина.



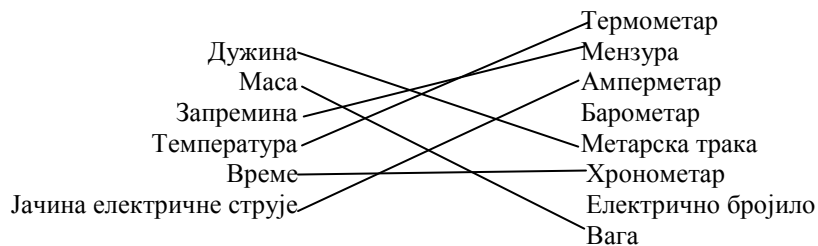
Таласна дужина је расстојање између две најближе честице еластичне средине које осцилују на исти начин.

Таласна дужина правилно је означена само на слици број 3.

(...../8 поена)

Повежи одговарајуће појмове:

15. У левој колони су дате физичке величине, а у десној мерила и инструменти за њихово мерење. Повежи линијом физичку величину из леве колоне са одговарајућим мерилем тј. инструментом у десној колони:



(...../6 поена)

Израчунај применом одговарајућих формула и одговори на питања:

16. Воз је, крећући се променљивом брзином, стигао из Ниша у Београд за 4 сата. Коликом средњом брзином се кретао воз ако је растојање између ова два града 240 km?

$$v = \frac{s}{t} = \frac{240km}{4h} = 60 \frac{km}{h} \quad (...../6 поена)$$

17. Коњ вуче кола по равном хоризонталном путу силом интензитета 400 N. Колики рад изврши коњ на путу од 1500 m?

$$A = F \cdot s = 400N \cdot 1500m = 600000J \quad (...../7 поена)$$

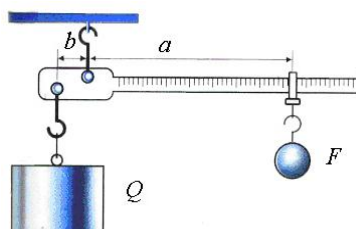
18. На слици је приказан кантар у равнотежном положају. Дужина крака b је 5 cm, а крака a је 50 cm. Маса покретног тега је 100 g. Колика је маса непокретног тега? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

$$F \cdot a = Q \cdot b$$

$$m_1 \cdot g \cdot a = m_2 \cdot g \cdot b$$

$$100g \cdot 50cm = m_2 \cdot 5cm$$

$$m_2 = 1000g$$



(...../8 поена)

ПРИЛОГ 2 – ИНИЦИЈАЛНИ ТЕСТ ЗНАЊА

Име и презиме _____

Разред и одељење _____

Број поена (освојено/могуће)/100 поена

Заокружи тачан одговор:

1. Међумолекулске силе су:

- a. гравитационе природе
 - b. електричне природе**
 - v. магнетне природе
- (...../4 поена)

2. Пречник молекула гаса је реда величине:

- a. 10^{-10} m**
 - b. 10^{-15} m
 - v. 10^{-18} m
- (...../4 поена)

3. У гасовима се молекули крећу на растојањима :

- a. знатно већим од радијуса молекулског деловања**
 - b. приближно једнаким радијусу молекулског деловања
 - v. мањим од радијуса молекулског деловања
- (...../5 поена)

4. За супстанције у гасовитом агрегатном стању важе следећа својства:

- a. имају сталан облик и запремину
 - b. имају сталну запремину, али облик прилагођавају посуди у којој се налазе
 - v. немају сталан облик ни запремину**
- (..../5 поена)

5. Спољашњи притисак који делује на затворене течности и гасове преноси се:

- a. подједнако у свим правцима**
 - b. највише у правцу деловање спољашње силе
 - v. највише у правцу нормалном на правац деловања спољашње силе
- (...../5 поена)

6. Најнижа температура (апсолутна нула) је:

- a. 0°C
 - b. 0 K**
 - v. 273 K
 - г. -273 K
- (..../5 поена)

7. Мера промене унутрашње енергије тела назива се:

а. температура

б. количина топлоте

в. масена количина топлоте

(...../5 поена)

8. Унутрашња енергија супстанције је највећа у :

а. гасовитом стању

б. течном стању

в. чврстом стању

г. у сваком агрегатном стању унутрашња енергија супстанције је иста

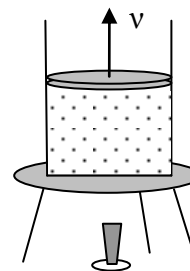
(...../6 поена)

9. Гас у суду се загрева и подиже клип. Количина топлоте коју при томе прими гас троши се на:

а. рад при подизању клипа

б. повећавање унутрашње енергије тј. температуре гаса

в. делом на рад, а делом на повећање унутрашње енергије гаса



(...../6 поена)

Допуни следеће реченице:

10. Енергија коју тело поседује услед свога кретања назива се _____ **кинетичка** _____ енергија.

(...../4 поена)

11. Притисак је бројно једнак интензитету _____ **силе** _____ која делује нормално на јединицу _____ **површине** _____ коју притиска.

(...../6 поена)

12. Судар приликом којег се одржава укупан импулс и кинетичка енергија система назива се _____ **еластичан** _____ судар.

(...../4 поена)

13. Први принцип термодинамике је посебан случај закона одржања _____ **енергије** _____ примењеног на _____ **топлотне** _____ процесе.

(...../6 поена)

Повежи одговарајуће појмове:

14. Повежи линијом физичку величину из леве колоне са одговарајућом јединицом десној колони:

Апсолутна температура	→	Pa
Запремина	→	K
Притисак	→	J
Густина	→	mol
Количина супстанције	→	m ³
Количина топлоте	→	kg/m ³

(...../6 поена)

15. Повежи линијом фазни прелаз (прелазак из једног у друго агрегатно стање) из леве колоне са одговарајућим називом у десној колони:

чврсто стање	→	течно стање	→	кондензација
течно стање	→	чврсто стање	→	сублимација
течно стање	→	гасовито стање	→	топљење
гасовито стање	→	течно стање	→	испаривање
чврсто стање	→	гасовито стање	→	очвршћавање

(...../5 поена)

Израчунај и одговори на питања:

16. Колико молекула садржи 16 g кисеоника? Моларна маса кисеоника износи $M = 32 \text{ g/mol}$, а Авогадров број $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$.

$$n = \frac{m}{M} = \frac{16 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 0,5 \text{ mol}$$

$$N = n \cdot N_A = 0,5 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol} = 3,011 \cdot 10^{23}$$

(...../8 поена)

17. Температура воде из чесме је 11°C . Након загревања у посуди на решоу констатовано је да се температура воде утростручила. Колика је крајња температура воде у Целзијусовој, а колика у Келвиновој скали? Колика је промена температуре воде у Целзијусовој, а колика у Келвиновој скали?

$$t = 3 \cdot 11^\circ\text{C} = 33^\circ\text{C}$$

$$T = 33 + 273,15 = 306,15 \text{ K}$$

$$\Delta t = 33^\circ\text{C} - 11^\circ\text{C} = 22^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = \Delta T$$

$$\Delta T = 22 \text{ K}$$

(...../8 поена)

18. Колика количина топлоте је потребна за загревање 3 kg гвожђа од 100 °C до 150 °C?
Специфични топлотни капацитет гвожђа износи $c = 460 \text{ J/kg K}$.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 3 \text{ kg} \cdot 460 \text{ J / kgK} \cdot 50 \text{ K}$$

$$Q = 69000 \text{ J}$$

(...../8 поена)

ПРИЛОГ 3 – ФИНАЛНИ ТЕСТ ЗНАЊА

Име и презиме _____

Разред и одељење _____

Број поена (освојено/могуће)/100 поена

Заокружи тачан одговор:

- У моделу идеалног гаса занемарује се:
 - само међумолекулско деловање
 - само запремина самих молекула
 - међумолекулско деловање и запремина самих молекула** (...../ 4 поена)
- Судари молекула идеалног гаса међу собом и са зидовима суда у којем се налазе су:
 - еластични**
 - нееластични
 - могу бити и еластични и нееластични (...../ 4 поена)
- У идеалном гасу молекули се крећу:
 - у истом правцу и смеру једнаким интензитетом брзине
 - у различитим правцима и смеровима једнаким интензитетом брзине
 - у различитим правцима и смеровима различитим интензитетима брзине** (...../ 5 поена)
- Реални гасови понашају се приближно као идеални:
 - при високим температурама и високим притисцима
 - при високим температурама и ниским притисцима**
 - при ниским температурама и ниским притисцима (...../ 5 поена)
- Сви идеални гасови имају једнак број молекула при једнаком притиску, температури и запремини. Ово представља:
 - Авогадров закон**
 - Бојл-Мариотов закон
 - Геј-Лисаков закон
 - Шарлов закон (...../ 5 поена)
- Према основној једначини кинетичке теорије гасова притисак гаса на зидове суда зависи од:
 - концентрације и средње кинетичке енергије гаса**
 - укупног броја молекула и кинетичке енергије гаса
 - броја молекула и потенцијалне енергије гаса (...../ 5 поена)


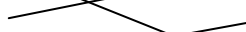

7. Квантитативна мера неуређености термодинамичког система је:
- а. унутрашња енергија
 - б. количина топлоте
 - в. **ентропија** (...../ 5 поена)
8. Други принцип термодинамике може се формулисати на следећи начин:
- а. Количина топлоте коју прими гас у неком процесу једнака је збиру промене унутрашње енергије и рада који гас изврши.
 - б. **Топлота спонтано прелази са тела више температуре на тело ниже температуре, прелазак топлоте са хладнијег на топлије тело не може се одвијати сам од себе.**
 - в. Немогуће је конструисати машину која би непрестано вршила рад, без утрошка било ког облика енергије. (...../ 6 поена)
9. Коефицијент корисног дејства топлотне машине код које радно тело предаје хладњаку $2/3$ топлоте коју прими од грејача износи:
- а. **$\eta = 0,33$**
 - б. $\eta = 0,50$
 - в. $\eta = 0,67$
 - г. $\eta = 1$ (...../ 6 поена)

Допуни реченице:

10. Параметри стања одређене количине гаса су: _____ **притисак, запремина и температура** _____ (...../3 поена)
11. Средња кинетичка енергија молекула идеалног гаса сразмерна је _____ **апсолутној температури** _____ (...../4 поена)
12. Једначина $pV = n R T$ назива се _____ **једначина стања идеалног гаса** _____ (...../6 поена)
13. Немогуће је конструисати топлотну машину која би целокупну доведену количину _____ **топлоте** _____ претворила у механички _____ **рад** _____. (...../6 поена)

Повежи одговарајуће појмове:

14. Повежи линијом процес из леве колоне са одговарајућим из десне колоне:

Изотермски процес		$p = \text{const.}$
Изобарски процес		$V = \text{const.}$
Изохорски процес		$T = \text{const.}$

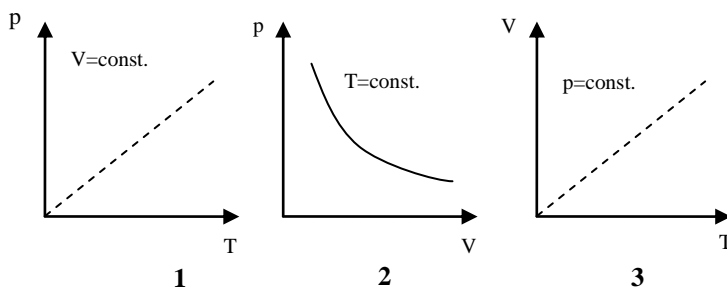
(...../6 поена)

15. На линију уписати број графика који одговара датом закону

Бојл-Мариотов закон _____ 2 _____

Геј-Лисаков закон _____ 3 _____

Шарлов закон _____ 1 _____



(...../6 поена)

Израчунај и одговори на питања:

16. Шта ће се десити са притиском одређене количине гаса на зидове суда ако се при непромењеној температури гас сабија тако да се запремина гаса смањи два пута? Промену стања гаса представити у $p - V$, $p - T$ и $V - T$ дијаграму.

$$T = \text{const.}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{2}$$

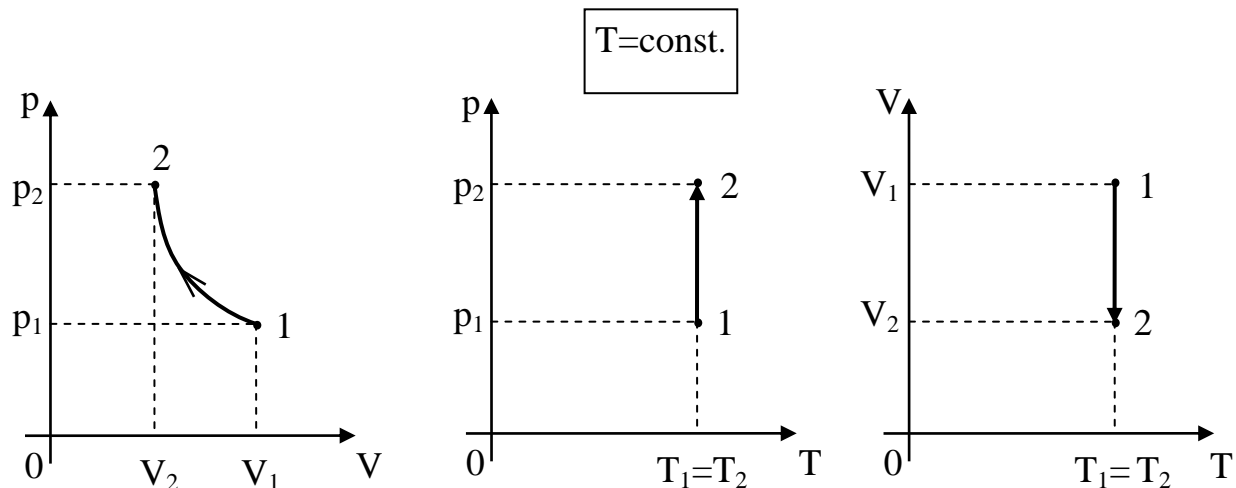
$$p_2 = ?$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p_1 V_1 = p_2 \frac{V_1}{2}$$

$$p_1 = \frac{p_2}{2} \Rightarrow p_2 = 2 p_1$$

Одговор: Притисак гаса ће се повећати 2 пута.



(...../8 поена)

17. Шта ће се десити са притиском сталне количине гаса, ако се при непромењеној запремини гас загрева до троструко веће температуре? Промену стања гаса представити у $p-T$, $p-V$ и $V-T$ и дијаграму.

$$V = \text{const.}$$

$$T_2 = 3T_1$$

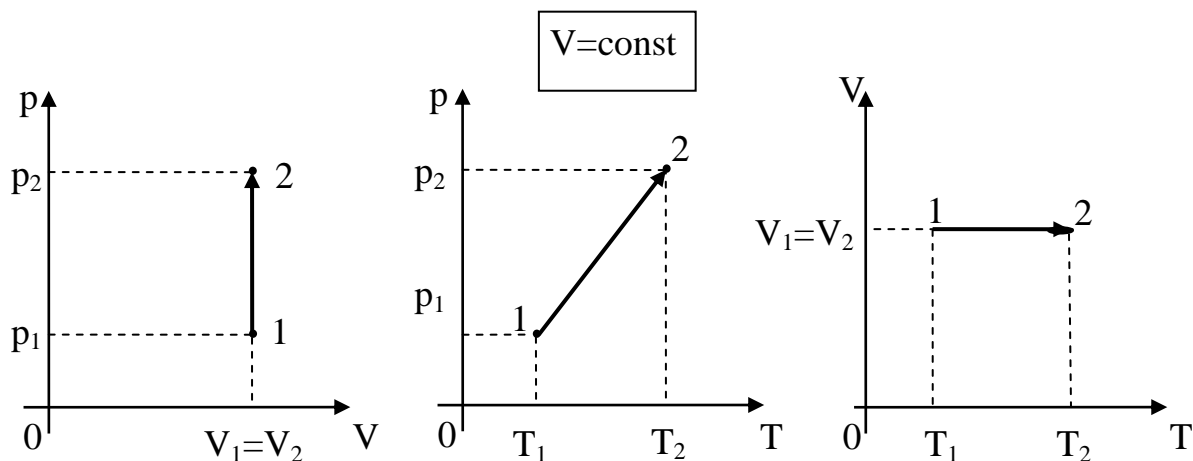
$$p_2 = ?$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{3T_1}$$

$$p_1 = \frac{p_2}{3} \Rightarrow p_2 = 3p_1$$

Одговор: Притисак гаса ће се повећати 3 пута.



(...../8 поена)

18. Шта ће се десити са запремином сталне количине гаса, ако се гас загрева до четвороструко веће температуре под условом да притисак остане непромењен? Промену стања гаса представити у $V-T$, $p-V$ и $p-T$ дијаграму.

$$p = \text{const.}$$

$$T_2 = 4T_1$$

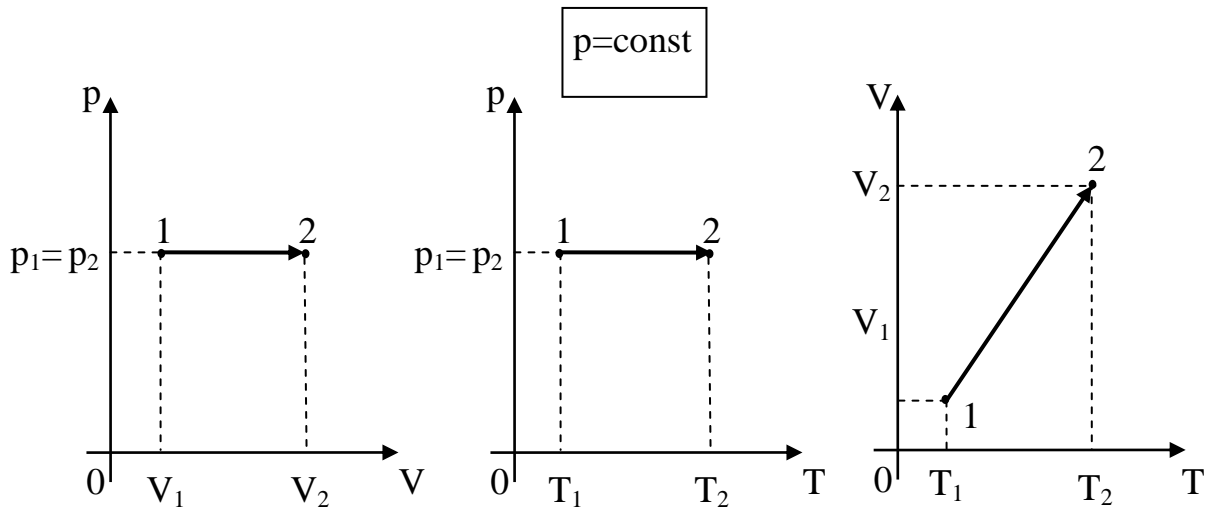
$$V_2 = ?$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{4T_1}$$

$$V_1 = \frac{V_2}{4} \Rightarrow V_2 = 4V_1$$

Одговор: Запремина гаса ће се повећати 4 пута.



(...../8 поена)

ПРИЛОГ 4 – УПИТНИК ЗА УЧЕНИКЕ

Име и презиме _____

Разред и одељење _____

Занима нас твоје мишљење о употреби мултимедије (текст, слике, анимације, звук, говор) у настави физике па нам искрено одговори на питања која следе, процењујући степен слагања са тврдњама/исказима наведеним у табели по следећој скали:

1. Уопште се не слажем
2. Не слажем се
3. Нисам сигуран/на
4. Слажем се
5. Потпуно се слажем

Упитник попунити стављањем ознаке „x“ у одговарајућу рубрику у табели.

Настава физике						
Редни број	Тврдња/исказ	Степен слагања				
		1	2	3	4	5
1.	Допада ми се када се настава физике реализује у школској медијатеци, уз употребу рачунара и видео бима.					
2.	Визуелни и звучни ефекти при излагању градива физике путем мултимедије привлаче ми пажњу да пратим наставу.					
3.	Атмосфера на часовима мултимедијалне наставе физике боља је него на „обичним“ часовима.					
4.	Лакше пратим наставу физике када градиво предаје професор, него када се оно излаже путем мултимедијалног образовног софтвера					
5.	На часовима мултимедијалне наставе физике имам утисак да време у току часа пролази брже.					
6.	Мултимедијалне симулације експримената на рачунару не могу да замене реалне експерименте из физике.					
7.	Допада ми се што на часовима мултимедијалне наставе физике мање пишемо, а више слушамо и гледамо док учимо.					
8.	Часови на којима се примењује мултимедија нису ми интересантнији у односу на остале часове физике.					
9.	Мултимедијални образовни софтвер не може да замени улогу професора у настави физике.					

Учење физике						
Редни Број	Тврдња/исказ	Степен слагања				
		1	2	3	4	5
10.	Боље разумем физичке појаве када се оне демонстрирају кроз мултимедијалне анимације.					
11.	Демонстрације физичких појава кроз анимације помажу ми да градиво повежем са реалним појавама у свакодневном животу.					
12.	Потребно ми је да више пута саслушам говор којим се објашњава анимација или излаже градиво, јер се оно презентује темпом који не могу да пратим.					
13.	Визуализација физичких појава применом мултимедије помаже ми да боље разумем градиво које сам претходно прочитао/ла.					
14.	Када учимо физику путем мултимедијалног образовног софтвера потребно је да професор на часу додатно објасни градиво.					
15.	Потребно је да и на часовима мултимедијалне наставе физике бележимо у свеске најбитније делове градива.					
16.	Када на часу дискутујемо о некој физичкој појави или феномену помаже ми када претходно погледамо мултимедијалну презентацију или филм на ту тему.					
17.	Када учим физику путем мултимедијалног образовног софтвера проблем је што рачунару не могу да постављам питања уколико ми градиво није јасно.					
18.	Употреба мултимедије у настави не утиче на повећање мог интересовања за учењем градива физике.					

**ПРИЛОГ 5 – ОБРАЗОВНИ СТАНДАРДИ ЗАА КРАЈ ОБАВЕЗНОГ ОБРАЗОВАЊА
ЗА НАСТАВНИ ПРЕДМЕТ ФИЗИКА**

Образовни стандарди за предмет Физика су дефинисани за следеће области:

(1) СИЛЕ, (2) КРЕТАЊЕ, (3) ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА, (4) МЕРЕЊЕ, (5) ТОПЛОТА И ЕНЕРГИЈА, (6) МАТЕМАТИЧКЕ ОСНОВЕ ФИЗИКЕ и (7) ЕКСПЕРИМЕНТ.

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 полуга 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 СИ 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

**ПРИЛОГ 6 – САДРЖАЈИ ПРОГРАМА ЗА НАСТАВНИ ПРЕДМЕТ ФИЗИКА ЗА
ПРВИ РАЗРЕД СРЕДЊЕГ СТРУЧНОГ ОБРАЗОВАЊА У
ЧЕТВОРОГОДИШЊЕМ ТРАЈАЊУ**

I разред

(2 часа недељно, 39 + 31 годишње)

САДРЖАЈИ ПРОГРАМА

1. Физика и њене методе (3 + 1)

- 1.1. Физика – фундаментална природна наука. Физика и остале науке. (1)
- 1.2. Физичке величине. Мерење. Експеримент. Теорија. (1)
- 1.3. Физички закони и принципи. Јединице физичких величина (основне јединице SI). (1 + 1)

2. Простор, време, кретање (6 + 4)

- 2.1. Вектори и основне операције с векторима (P). (1 + 1)
- 2.2. Референтни системи. Вектор положаја. Равномерно и неравномерно кретање (праволинијско и криволинијско (P)). (1 + 1)
- 2.3. Тренутна брзина. Убрзање. (П). (2 + 1)
- 2.4. Кружно кретање (П). (1 + 1)
- 2.5. Класични принцип сабирања брзина (Галилејев принцип релативности) (P). (1)

Демонстрациони огледи

- 2.1. Операција са векторима (помоћу динамометара на магнетној табели).
- 2.2. Равномерно и неравномерно убрзање праволинијско кретање (помоћу колица или Атвудовом машином).
- 2.3. Мерење брзине и убрзања (помоћу колица, ваљка или куглице на стрмој равни).
Снимање слободног пада куглице уз помоћ стробоскопа.
Брзина, тренутна брзина и убрзање (уз помоћ електронских секундомера (скалера).
- 2.4. кружно кретање.

3. Сила и енергија (10 + 5)

- 3.1. Импулс и сила. Основни закон класичне механике
[$F = (\Delta p / \Delta t)$ (P)] (1+1)
- 3.2. Закон акције и реакције (P). Основна једначина динамике ($ma = F_1 + F_2 + \dots$). (2 + 1)
- 3.3. Инерцијални и инерцијални систем референције (P). (1)

- 3.4. Скаларни и векторски производ вектора (P). (1 + 1)
- 3.5. Појам о динамици ротационог кретања. Оса ротације. (1)
- 3.6. Динамика кружног кретања. Центрипетална сила (P) (сателити, I космичка брзина). (2 + 1)
- 3.7. Рад као скаларни производ (П). Снага. Енергија. Укупна енергија у механици (кинетичка и потенцијална) (П). (2 + 1)

Демонстрациони огледи

- 3.1. Експериментално заснивање II Њутновог закона (помоћу колица за различите силе и масе тегова).
Галилејев експеримент (кретање куглице по жлебу низ и уз стрму раван).
- 3.2. Закон акције и реакције (Колица повезана спиралном опругом или динамометром).
- 3.3. Фукоово клатно.
- 3.4. Веза момената силе и момената инерције (помоћу Обербековог точка).
- 3.5. Проучавање кружног кретања (центрипеталне силе) (помоћу динамометра или помоћу ротирајућег диска).
- 3.6. Енергија и рад (помоћу топа са опругом). Потенцијална енергија (помоћу истегнуте и сабијене спиралне опруге).

4. Појам о релативистичкој механизацији (2 + 1)

- 4.1. Контракција дужина, дилатација временских интервала. Релативистички закон сабирања брзина. (1)
- 4.2. Зависност $m = m(v)$. Везе енергије и масе ($E = mc^2$). (1 + 1)

5. Силе и безвртложно физичко поље (4 + 2)

- 5.1. Врсте и подела физичких поља.
- 5.2. Њутнов закон гравитације (П). (1)
- 5.3. Гравитационо поље. Јачина, потенцијална енергија и потенцијал гравитационог поља (P). (1 + 1)
- 5.4. Кулонов закон (П).
- 5.5. Електростатичко поље, Јачина, потенцијал, флукс (P). (1 + 1)
- 5.6. Електрични капацитет. Енергија електростатичког поља у равном кондензатору (P). (1)

Демонстрациони огледи

- 5.3. Тежина тела (тело обешено о динамометар). (Слободан пад металне плочице и папира исте површине)

5.5. Линије сила електростатичког поља (помоћу пшеничног гриза на графоскопу).

Електростатичко клатно. Линије сила електростатичког поља (помоћу танких папирних трака на металној кугли и Ван ден Графовог генератора).

Флукс [помоћу снопова светлости (дијапројектор, графоскоп) и правоугаоник картона].

Испитивање потенцијала наелектрисаног проводника (помоћу електрометра)
Еквипотенцијалне линије.

6. Закони одржања (7 + 3)

6.1. Општи карактер закона одржања.

6.2. Закон одржања импулса (П) (кретање ракете). (1 + 1)

6.3. Закон одржања момента импулса (Р) (пируета, II Кеплеров закон). (1)

6.4. Закон одржања енергије у класичној физици (П) (II космичка брзина).

Унутрашња енергија. Промена унутрашње енергије и I принцип термодинамике (Р).
(2 + 1)

6.5. Закон одржања масе и наелектрисања у класичној физици.

6.6. Релативистички закон одржања масе и енергије. (1)

6.7. Описивање кретања законима одржања: еластични и нееластични судари,
потенцијалне криве (Р) (потенцијална јама и потенцијална баријера). (2 + 1)

Демонстрациони огледи

6.2. Закон одржања импулса (помоћу колица са опругом)

(Кретање колица са епруветом у којој се вода загрева и прелази у пару).

Нееластичан судар куглица од пластелина.

6.3. Закон одржања момента импулса: жироскопски ефекат, стабилност осе ротације и чигра.

6.4. Закон одржања енергије (помоћу осциловања тега на опрузи и одскока лоптице за стони тенис). Максвелов диск.

Еластични судар двеју челичних (гумених или билијарских) кугли.

7. Физика великог броја молекула (7 + 3)

7.1. Макроскопска тела као скупови великог броја молекула. Величина молекула (Р).
(1)

7.2. Чврста тела. Кристали. Еластичност чврстих тела. Хуков закон (П). (1 + 1)

7.3. Течности. Узајамно деловање течности. Површински напон (П). (1)

7.4. Гасови. Основна једначина кинетичке теорије гасова (Р). Авогадров закон (Р).
(1 + 1)

7.5. Средња вредност кинетичке енергије молекула и температура идеалног гаса.

7.6. Једначина идеалног гасног стања (П). (1)

7.7. Дискусија једначине идеалног гасног стања – закони идеалних гасова (Р). (Бојл-Мариотов, Геј Лисаков, Шарлов). (1 + 1)

7.8. Појам о термодинамици: II принцип термодинамике (појам о ентропији). (1)

Демонстрациони огледи

7.1. Брауновско кретање.

7.2. Образовање кристала (хидрохинон и сл) (помоћу микропројекције). Хуков закон. (Истежање спиралне опруге при вешању тегова).

7.3. Површински напон. (Ламеле са опном од сапунице).

7.4. Модел за приказивање кретања молекула као илустрација кинетичке теорије гасова.

7.5. Основни гасни закони (Бојл-Мариотов, Геј-Лисаков, Шарлов).

Лабораторијске вежбе (10)

1. Закон убрзаног кретања помоћу Атвудове машине или скалера – секундомера.

2. Закон одржавања енергије (колица са тегом).

3. Хуков закон.

4. Одређивање коефицијента површинског напона методом откидања прстена или методом капљице. Рејлијев оглед – прорачун величине молекула.

5. Шарлов закон.

Биографија



Данијела Радловић-Чубрило рођена је 29.01.1974. године у Кикинди. Основну школу „Моша Пијаде“, као и гимназију „Душан Васиљев“ смер – Сарадник у природним наукама завршава у Кикинди. Школске 1992/93. године уписује основне студије на Природно-математичком факултету у Новом Саду, одсек Физика, које успешно завршава 29.04.1998. године стекавши стручни назив дипломирани физичар. Магистарске студије из Агророметорологије уписује школске 1998/99. на Департаману за метеорологију Пољопривредног факултета у Новом Саду, где је положила све испите предвиђене планом и програмом студија. Школске 2007/08. прелази на докторске студије из Методике наставе природних наука – физичке науке на Природно-математичком факултету у Новом Саду, где полаже разлику испита са мастер студија и све испите предвиђене планом и програмом докторских студија.

У радни однос ступа 01.09.1998. године као асистент приправник на Катедри за полимере и кополитне материјале Института за физику Природно-математичког факултета у Новом Саду, где се у оквиру научно истраживачке делатности бавила теоријском физиком кондензоване материје. У истој функцији 01.01.2000. године прелази на Департаман за метеорологију Пољопривредног факултета у Новом Саду где ради до 31.12.2001. године. У току ангажовања на Пољопривредном факултету држи вежбе из предмета Метеорологија студентима Пољопривредног факултета у Новом Саду, као и студентима Агрономског факултета у Чачку. На пољу научно-истраживачке делатности бави се метеорологијом и моделирањем животне средине (моделирање физичких процеса у атмосфери и моделирање интеракције биосфера-атмосфера). Од јануара до септембра 2002. године ради као професор физике на замени у неколико школа у Новом Саду, а стални радни однос заснива 09.09.2002. године у Техничкој школи у Кикинди где и данас ради.

Од школске 2004/05. године, стекавши сертификат EU за интерног носиоца промена CARDS програма реформе средњег стручног образовања, поред ангажовања у настави, обавља посао саветника у школи за развојне активности, активно учествује у реформским активностима и бави се проблематиком везаном за унапређивање процеса наставе. Члан је школског тима за развојно планирање и тима за самовредновање школе.

Координатор је пројекта чији је носилац Техничка школа Кикинда под називом „Модификација садржаја и метода наставе из предмета који обрађују микропроцесоре и стручно оспособљавање наставника за њену примену“, који је финансирао Фонд за иновације преко Европске агенције за реконструкцију (2005.год.)

Учесник је међународног пројекта „Physics Enlightens the World / Физика осветљава и просвећује свет“ – Светлосни рели око света у току 24 часа (2005. год.)

Била је полазник и учесник великог броја семинара у вези са проблематиком којом се бави последњих година. На XXVI Републичком семинару о настави физике за основну и средње школе одржаном у Врњачкој Бањи 2008. године освојила је прву награду за најбољи стручни рад и постер презентацију.

Аутор је, односно коаутор 16 научних и 1-ог стручног рада, од којих су 2 рада публикована у истакнутом међународном часопису са SCI листе (M22) и 1 у часопису међународног значаја (M24); 1-ог рада у водећем часопису националног значаја (M51); 8 саопштења са међународног скупа штампаних у целини (M33); 2 саопштења са међународног скупа штампаних у изводу (M34) и 2 саопштења са скупа националног значаја штампаних у целини (M63).

Члан је Друштва физичара Србије.

Нови Сад, фебруар 2015. године

Данијела Радловић-Чубрило

Универзитет у Новом Саду
Природно-математички факултет

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број:

РБР

Идентификациони број:

ИБР

Тип документације:

Монографска документација

ТД

Тип записа:

Текстуални штампани материјал

ТЗ

Врста рада:

Докторска дисертација

ВР

Аутор:

Данијела Радловић-Чубрило

АУ

Ментор:

др Душанка Обадовић, редовни професор

МН

др Маја Стојановић, ванредни професор

Наслов рада:

Ефекти примене мултимедије у настави
настави физике у првом разреду средње
стручне школе

НР

Језик публикације.

Српски

ЈП

Језик извода:

Српски/Енглески

ЈИ

Земља публикавања:

Република Србија

ЗП

Уже географско подручје:

Војводина

УГП

Година:

2015.

ГО

Издавач:

Ауторски репринт

ИЗ

Место и адреса:	Нови Сад, ПМФ, Департман за физику,
МА	Трг Доситеја Обрадовића 4.
Физички опис рада	8 поглавља, 205 страна, 132 цитата, 87 слика,
ФО	47 табела, 6 прилога
Научна област:	Физика
НО	
Научна дисциплина:	Методика наставе физике
НД	
Кључне речи:	мултимедија, ефикасност наставе физике,
ПО	квалитет знања ученика, ставови ученика
УДК	
Чува се:	ПМФ, Библиотека, Департман за физику,
ЧУ	Трг Доситеја Обрадовића 4.
Важна напомена:	Нема
ВН	

Извод:

ИЗ

У раду су приказани резултати истраживања спроведеног са циљем да се испитају свеукупни ефекти примене мултимедије у настави физике у првом разреду средње стручне школе. У оквиру првог дела истраживања испитан је утицај примене мултимедије у настави физике на квантум и квалитет знања ученика, као и њихову ретенцију у односу на традиционални облик извођења наставе. Други део истраживања је за циљ имао испитивање ставова ученика према мултимедијалној настави физике. Истраживање је спроведено на узорку од 140 ученика првог разреда Техничке школе у Кикинди.

Први део истраживања реализован је експерименталном методом – експеримент са паралелним групама. Независна варијабла истраживања била је *мултимедијална настава*, док су зависне варијабле биле *квантум* и *квалитет* знања ученика. Квалитет знања ученика разматран је према Блумовој таксономији у три категорије когнитивног домена: знање (памћење), разумевање и примена. За испитивање утицаја главних ефеката – групе (облика наставе) и времена, као и њихове интеракције на квантум и квалитет знања ученика употребљена је анализа варијансе са поновљеним мерењима, док је за испитивање разлика у квантуму и квалитету знања између група у

индивидуалним временским моментима – иницијалном, финалном и ретенционом употребљена униваријантна анализа варијансе. Утврђено је да је примена мултимедије у настави физике резултовала статистички значајним повећањем квантума и квалитета знања ученика у свим категоријама, као и ретенције знања у категорији примена у односу на традиционални облик извођења наставе.

Други део истраживања реализован је анкетањем ученика упитником о мултимедијалној настави физике у форми Ликертове петостепене скале за мерење ставова. Факторском анализом упитника издвојене су три димензије ставова према мултимедијалној настави физике које су назване: *Повећано интересовање* за мултимедијалну наставу, *Олакшано учење* путем мултимедијалне наставе и *Теškoће у праћењу* мултимедијалне наставе. Резултати анкетања потврдили су да ученици имају генерално позитивне ставове према мултимедијалној настави физике. Истраживањем је такође утврђено да се ставови ученика који су били потврђени различитом експерименталном третману не разликују, као и да не постоји повезаност ставова ученика према мултимедијалној настави физике са оценом из физике и општим успехом ученика.

Резултати истраживања указују на оправданост примене мултимедије у наставној пракси са циљем да се развијају позитивни ставови према учењу физике и поспешу разумевање фундаменталних физичких концепата и закона, те самим тим повећа ефикасност наставе физике.

Датум прихватања теме од стране 29.03.2012.

Н.Н.Већа:

ДП

Датум одбране:

ДО

Чланови комисије (научни степен./име и презиме/звање/факултет)

КО

Председник: др Мирјана Сегединац, редовни професор, ПМФ, Нови Сад

Члан: др Душанка Обадовић, редовни професор, Педагошки факултет, Сомбор

Члан: др Маја Стојановић, ванредни професор, ПМФ, Нови Сад

Члан: др Загорка Лозанов-Црвенковић, редовни професор, ПМФ, Нови Сад

Члан: др Споменка Будић, ванредни професор, Филозофски факултет, Нови Сад

University of Novi Sad
Faculty of Sciences

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number.

INO

Document type:

Monograph publication

DT

Type of records:

Textual material printed

TR

Contents:

Ph.D. Thesis

CC

Author:

Danijela Radlović-Čubrilo

AU

Mentor.

Ph.D. Dušanka Obadović, full professor

MN

Ph.D. Maja Stojanović, associate professor

Title:

Effects of multimedia application on teaching physics in the first grade of secondary vocational school

XI

Language of text:

Serbian

LT

Language of abstract:

Serbian/English

LA

Country of publication:

Republic of Serbia

CP

Locality of publication:

Vojvodina

LP

Publication year:

2015.

PY

Publisher: Autor's reprint
PU

Publication place: Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of
PP Physics, Trg Dositeja Obradovica 4

Physical description: 8 chapters, 205 pages, 132 literature citation, 87
PD pictures, 47 tables, 6 annexes

Scientificfield: Physics
SF

Scientific discipline: Didactics of physics
SD

Key words: multimedia, efficiency of teaching physics, quality
KW of students' knowledge, attitudes of students

Holding data: Faculty of Sciences, Novi Sad, Library of
HD Department of Physics, Trg Dositeja Obradovica 4

Note: None
N

Abstract:
AB

The paper presents the results of research conducted in order to examine the overall effects of the multimedia application in teaching physics in the first grade of secondary vocational school. In the first part of the research, the impact of multimedia application in teaching physics to quantum and quality of students' knowledge was examined, as well as their retention compared to the traditional method of teaching. The aim of the second part of the research was to examine students' attitudes to multimedia in teaching physics. The research was carried out on a sample of 140 students of the first grade of Technical School in Kikinda. The first part of the research was conducted by the experimental method – the experiment with parallel groups. The research independent variable was *multimedia teaching*, while the dependent variables were *quantum* and *quality* of students' knowledge. The quality of students' knowledge was tested in accordance with Bloom's taxonomy in three categories of the cognitive domain: knowledge (memory), comprehension and application. Analysis of variance with repeated measurements was used to examine the influence of major effects – groups (teaching methods) and time, as well as their interactions on quantum and quality of students' knowledge, while univariate analysis of variance was used in testing the difference

in quantum and quality of knowledge between groups in individual moments of time - initial, final and retention. It was found that the use of multimedia in teaching physics resulted in a statistically significant increase in the quantity and quality of students' knowledge in all categories, as well as the retention of knowledge in the category of application compared to the traditional teaching method.

In the second part of research the students were surveyed by a questionnaire about multimedia in teaching physics in the form of the Likert-Type five-point scale for measuring attitude. Factor analysis of the questionnaire identified three dimensions of attitudes toward multimedia teaching in physics, called: *Increased interest* in multimedia teaching, *Learning facilitated* through multimedia teaching and *Difficulties in following* multimedia presentations. The survey results confirmed that students generally had positive attitudes toward multimedia in teaching physics. The survey also found that the attitudes of students who have been subjected to different experimental treatment did not differ, and that there was no correlation between students' attitudes toward multimedia in teaching physics with the grade in physics and general achievement of students.

The research results indicate the validity of multimedia application in teaching practice with the aim of developing positive attitudes towards learning physics and enhancing understanding of fundamental physical concepts and laws, and thus increasing the efficiency of teaching physics.

Accepted by the Scientific Board on: 29.03.2012.

ASB

Defended:

DE

Thesis defending board: (Degree/name/surname/title/faculty)

DB

President: Ph.D. Mirjana Segedinac, full professor, Faculty of Sciences, Novi Sad

Member: Ph.D. Dušanka Obadović, full professor, Faculty of Education, Sombor

Member: Ph.D. Maja Stojanović, associate professor, Faculty of Sciences, Novi Sad

Member: Ph.D. Zagorka Lozanov-Crvenković, full professor, Faculty of Sciences, Novi Sad

Member: Ph.D. Spomenka Budić, associate professor, Faculty of Philosophy, Novi Sad