

- *Новата информационна среда* •
- *New Information Media* •

ОБУЧЕНИЕ ПО ФИЗИКА ЧРЕЗ ВИРТУАЛНИ ЛАБОРАТОРНИ УПРАЖНЕНИЯ В СРЕДА НА АДАПТИВНА ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗА ОБУЧЕНИЕ

Светослав ЗАБУНОВ

Софийски университет "Св. Климент Охридски"

Калинка ВЕЛИЧКОВА,

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски" – София

Резюме. Настоящата публикация има за цел да представи предимствата на Индивидуално-адаптивна система за електронно обучение (ИАСЕО) при провеждането на виртуални лабораторни упражнения по физика. Предложен и описан е експеримент в областта на обучението по физика в Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски" в София. Разкрити са основните качества на приложената система за електронно обучение, между които са високата ефективност на процеса на обучение и предлагането на качествено нов модел на адаптивно обучение. Тези резултати се постигат чрез индивидуализация на учебния процес в среда на виртуални и интерактивни лабораторни упражнения (свързани с динамична анимация на физичния процес и взаимодействие със студента), съпроводени от адаптиране на теоретичния учебен материал. Обърнато е внимание на адаптирането на обучението на студента чрез предоставената от системата възможност за свободен избор в рамките на виртуалната лабораторна постановка. Анализирани са постигнатите цели и е представено доказателство в рамките на резултатите от проведения практически експеримент. Като допълнителен резултат се разкрива полезността от прилагане на електронни методи в областта на обучение по физика във висшето образование.

Keywords: virtual experiment, Individually Adaptive E-learning, Learning Management System, Interactive Physics Laboratory Exercise

Увод

Основен елемент от обучението по физика във висшите технически училища представлява изработването на лабораторни упражнения, по време на които студентите изследват физични явления и експериментално определят физични характеристики на материалите. Този практически подход в процеса на обучение е традиционен с добре известни преимущества. Освен тях обаче той има и някои недостатъци, като:

1. При провеждане на традиционните експерименти по физика понякога възникват проблеми, свързани с твърде краткото или твърде дългото време на протичане на изследвания процес;

2. За много от интересните от методична гледна точка експерименти се използват скъпо струващи материали и лабораторни уреди, които не са в достатъчна наличност в лабораториите, за да може всички студенти да работят на отделни опитни постановки. Освен това, някои от уредите притежават кратък технологичен живот и бързо се амортизират, след което е нужно купуването на нови;

3. При работата на студентите с технологичната база могат да настъпят увреждания и наранявания, поради неизбежния риск при работа със съответната апаратура.

Използването на компютърната симулация на такива експерименти помага да се избегнат горепосочените недостатъци. Компютърната симулация на едно лабораторно упражнение включва динамична анимация на физичния процес и отразява взаимодействието на студента с опитната постановка. Студентът е в състояние да влияе на физичния процес, да го наблюдава в анимираната виртуална среда и след това да измерва физични величини, характеризиращи дадения виртуален процес.

За пояснение на читателя ще отбележим, че терминът симулация, често използван в този текст, означава анимираното виртуално лабораторно упражнение, което реализира взаимодействие (интерактивност) със студента. Симулацията на физичния процес и на лабораторната постановка може още да се разглежда като форма на компютърната игра, при която обаче са изяснени и точно реализирани физичните процеси. По този начин физичният експеримент с участието на студентите бива симулиран от компютърната система в реално време, на базата на изчислителните способности на персоналния компютър и неговите мултимедийни технологични дадености.

От така описания подход веднага се вижда, че компютърната симулация на лабораторни упражнения носи и предимства, които не откриваме при традиционните лабораторни упражнения, дори и при повишена цена, усилия, ресурси или риск. Може да отбележим следните предимства на компютърно симулираните виртуални упражнения:

1. При взаимодействието на студента с виртуалната опитна постановка той може да избира как да проведе своето изследване на физичния процес и така да използва системата по различен начин, довеждайки физичния процес до разнообразни състояния, някои от които екстремни. Студентът прави това с цел да си изясни същността и особеностите на физичния процес особено в тези моменти, които за него са неясни. Така интерактивната виртуална постановка се адаптира към нуждите на студента, предоставяйки му чрез неговия свободен избор различни ситуации в съответствие с нуждите му за познание и областите, в които той има недостатъчно разбиране и подготовка;

2. Компютърната симулация на лабораторни упражнения представя визуална симулация чрез компютърна интерактивна анимация на протичане на разглежданите физични процеси, която, от една страна, е анимирана, т.е. в движение, а от друга — е ясна като визуално възприятие;

3. Ресурсите са неизчерпаеми, защото са виртуални;

4. Студентите са в състояние да отработят последователността от дейности, необходими за провеждането на конкретните експерименти, без да извършват реален експеримент в неговата цялост;

4. Студентите получават представа, относно реалния диапазон от стойности на изследваните физични величини, като са в състояние да изведат лабораторната постановка извън нормалните граници на експеримента — нещо, което в реалната среда би довело до повреда на постановката и апаратурата или до нежелани опасни последствия;

5. Компютърно симулираните упражнения имат и това предимство, че дават възможност за голямо разнообразие на видовете изследвани обекти и техните характеристики, което значително обогатява експеримента и позволява на студентите да проявят творчество;

6. Електронното обучение дава възможност за провеждането на дистанционно обучение и самостоятелна подготовка.

Освен описаните предимства на виртуалните симулации на реални лабораторни упражнения трябва да се отбележат и следните особености на тази реализация и нейната уникалност в сравнение с други системи за симулация на физични процеси:

1. Системите за симулация на физически процеси не предлагат обединение в една среда на разнообразните физически процеси, а са специализирани в даден клас симулация — например симулация на системи от твърди тела;

2. Дори при използването на готова софтуерна система за симулация изготвянето на модела на съответното лабораторно упражнение не е заложен предварително в системата, а предстои да се осъществи и той носи

основната идея за адаптивност в обучението по физика чрез виртуални експерименти, а не използваната софтуерна система;

3. Съществуващите софтуерни системи за симулация са инсталирани на съответния персонален компютър. Те не са интернет-приложения. Предложеното от авторите решение дава възможност на студента да има достъп до него чрез интернет. Така студентът може да използва системата за обучение от всеки компютър, където и да се намира;

4. Съществуващите софтуерни системи за симулация са скъпи.

Прилагане на индивидуално-адаптивен метод

За реализирането на електронното обучение са разработени и продължава разработването на подходящи учебни материали, а именно: електронно представяне на теоретичния материал, виртуални лабораторни физични експерименти и електронни тестове за проверка на усвоените знания. Във всички тях обаче, материалът и начинът на поднасяне е съобразен с някакво средно ниво на познания на студентите и е възможно да е безинтересен за тази студенти с по-високо ниво. Затова, за да бъде ефективно обучението, е необходимо и създаването на такива материали, които са съобразени със знанията на обучаемия студент. Такава система за електронно обучение се явява индивидуално-адаптивна, тъй като информацията, която тя предоставя на обучаемия, зависи от степента, в която той е усвоил теоретичния материал. Системата още предоставя адаптиране на процеса на обучение като дава възможност на студентите да проявят самостоятелен избор при своята работа.

Цел, задачи и приноси от извършените изследвания

Ние си поставихме за цел да се разработи индивидуално-адаптивна система за електронно обучение, която:

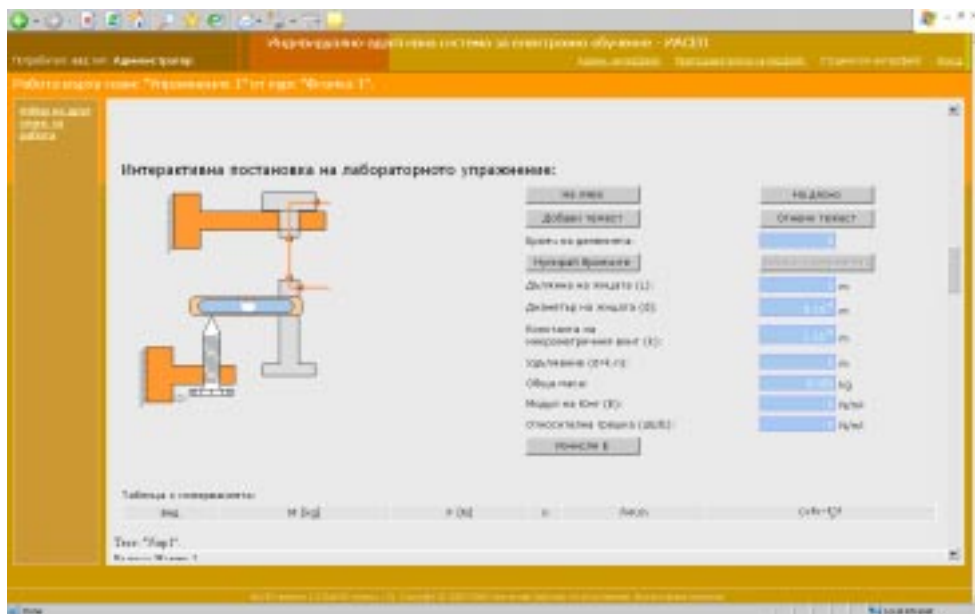
1. Да постигне висока ефективност на процеса на обучение;

2. Да реализира като парадигма тематично-организирано представяне на учебния материал, в контраст с блоково представяното учебно съдържание. Последното е характерно за повечето модерни модели за адаптивно електронно обучение като SCORM¹⁾.

Описаният модел е наречен модел на Индивидуално-адаптивна система за електронно обучение (ИАСЕО).²⁾ В настоящата статия се анализира постигането на горепосочените цели чрез изследване на това как системата бива приложена в часовете по лабораторна физика, а също така се анализират и резултатите от прилагането на електронния тест за текуща проверка на знанията на студентите. Този практически експеримент представлява и основната задача, която авторите са си поставили.

Подход при решаването на поставената задача

За експериментирание на системата избрахме лабораторното упражнение "Модул на линейна деформация" (Фиг. 1), което не се изучава в лекционния курс по физика.



Фиг. 1. Работен екран с интерактивното лабораторно упражнение

Изискванията към продукта бяха виртуалното упражнение да съдържа всички елементи на протокола:

1. Теория, разработена в два варианта (с по-съкратен и с по-подробен обем на материала) с цел адаптиране към знанията на обучаемия. При разработването на теорията бяха използвани [1-3];
2. Входящ тест за проверка на подготовката на обучаемия (теоретичните му знания и познаването на методиката на изпълнение на съответния физичен експеримент) за изработване на лабораторното упражнение;
3. Симулация на изследвания физичен процес с автоматичен запис на резултатите и обработката им;
4. Тест, съдържащ и въпроси-задачи за самопроверка на теоретичните знания, които студентът е усвоил след реалното изработване на лабораторното упражнение и осмисляне на материала.

Въпросите в електронния тест за текущия контрол на знанията на студентите се подбират по случаен начин. Тестът съдържа по три въпроса от всяко упражнение с различна трудност. Бяха използвани въпроси от вече проверени през годините тестове, с подходящо избрани дистрактори. Така беше постигната основната задача — разработена беше софтуерна система за симулация на лабораторното упражнение и за провеждане на електронен тест за текуща проверка на теоретичните знания, усвоени по време на семестъра, и практическите и методични умения, необходими за изработването на лабораторните упражнения, придобити в часовете по лабораторна физика.

**Описание на лабораторно упражнение, реализирано
като виртуално симулирано лабораторно упражнение в системата**

Както е показано на Фиг. 1 опитната постановка за измерване на модула на линейна деформация е реализирана в анимирана компютърна среда. Тук студентът има на разположение съответните елементи на опитната постановка, като тежести, които може да поставя и отнема, микрометричен винт, който може да завърта в едната или другата посока. При всяка промяна от страна на студента във физичната постановка на симулирания процес се отразяват настъпилите изменения. Тези промени се пресмятат на база формалния модел на физичната постановка като се вземат предвид текущите параметри и степента на въздействие (например приложената нова тежест). Свободата за работа със системата е пълна, като са внесени онези физически ограничения, характерни и за реалната опитна постановка. В този смисъл е ограничен ходът на завъртане на микрометричния винт, броят на поставените тежести и други. Чрез наблюдение на постановката, в която отделните елементи са ясно графично изразени, студентът може да се запознае по подходящ начин и в детайли с реалната лабораторна среда, в която по-късно ще се намира. От друга страна динамиката на физическата система, отразена чрез компютърна анимация, предлага на студента да усети какво се случва, да изпробва различни подходи при използването на лабораторната система и да отдели повече време на тези моменти, които намира за неясни. Във всички случаи, до които студентът може да доведе системата, компютърът реализира адекватна симулация. Така се адаптира поведението на системата към начина на възприемане на физичния процес от страна на всеки студент, тъй като е очевидно, че различните студенти имат различни когнитивни способности и подходи при възприемане.

След извършването на съответните натоварвания и разтоварвания, настройка на микрометричния винт и други, студентът чрез натискането на бутон записва резултатите от текущото измерване в симулираната вирту-

ална среда. Тези резултати се показват веднага в електронна таблица под постановката, където могат да бъдат наблюдавани, изучавани и анализирани в момента. Грешните измервания могат да бъдат изтривани. В края на измерванията виртуалната лабораторна система ще е изготвила електронен протокол с измерените резултати, а след натискането на съответен бутон ще изчисли крайните стойности (модул на Юнг) и ще ги представи в търсените мерни единици и размерност. Тук трябва да се отбележи, че системата не предлага на студента готов протокол от упражнение, но систематизира в електронен вид всички измерени данни и прави всички необходими изчисления, които по-късно студентът ще трябва да направи сам при провеждане на реалното лабораторно упражнение и да попълни собствено ръчно в изготвен от него протокол.

В така описаните виртуални лабораторни упражнения може да се търси и по-голяма свобода на изследваните физични процеси като премахване на някои ограничения, които биха довели и до необратими повреди на опитната постановка. Така например, в една бъдеща реализация, може да се осигури възможност от скъсване на изследваната метална нишка при прекомерно натоварване.

Тук е мястото да се отбележи едно неформално предимство на така описания модел за обучение. Студентите с интерес и удоволствие проследяват упражнението. За тях е дори забавно да "играят" със интерактивната лабораторна постановка, което допълнително ги разтоварва и стимулира у тях желанието за учене.

Използваните софтуерни технологии

Системата е реализирана като софтуерно приложение от тип клиент-сървер с програмна база от страна на сървера PHP/MySQL, а от страна на клиента: HTML/JavaScript.

По време на експеримента системата беше инсталирана на интернет адрес <http://ialms.net/>, където може да бъде видяна и използвана свободно и в момента.

Описание на експеримента

В експеримента участваха 32-ма студенти от специалностите Автоматика, информационна и управляваща техника (АИУТ), Маркшайдерство и геодезия (МиГ), Минерални технологии (МТ), Геология на минералните ресурси (ГМР) — първи курс. Беше им поставена задача предварително да се подготвят върху упражнението, като използват упътване, написано от преподавателски колектив от Катедрата по физика. Най-напред студентите провериха готовността си (теоретична и методична) за изработване на

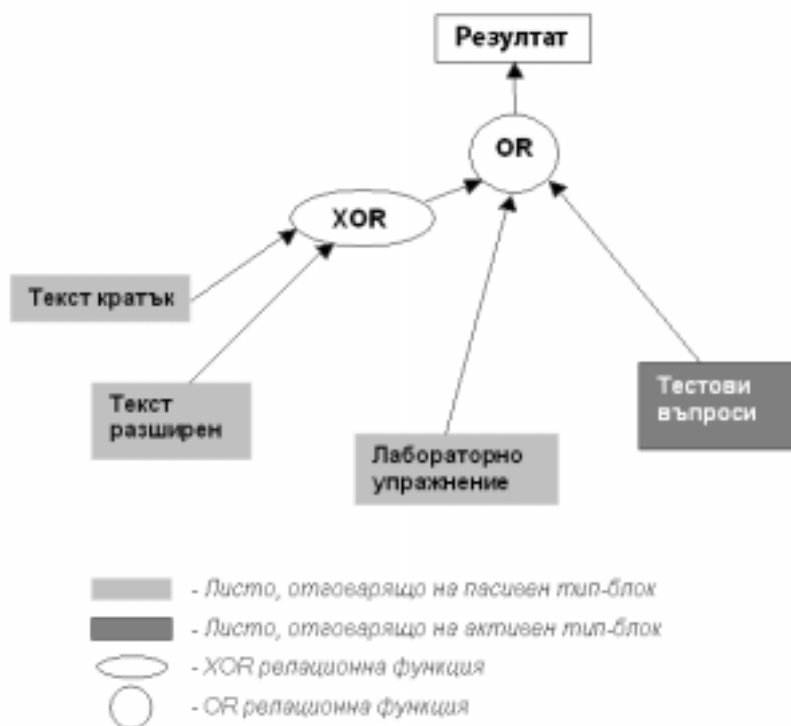
упражнението, като попълниха входящ тест. Този тест съдържа въпроси, проверяващи дали студентът познава явлениято; законът, който го описва; физическият смисъл на величините, които трябва да се измерят; дименсиите им; използваният метод и измерванията, които трябва да се направят. За количествена мярка на степента на подготовка на студента се използва определена оценъчна функция, съгласно [4]. Според степента на подготовка на обучаемия се определя и процесът на адаптиране на учебното съдържание към обучаемия. Когато студентът има висок успех (5.5 — 6) от теста, не му се предоставя теоретичен материал, а се преминава директно към компютърната симулация на упражнението. В случай, че студентът не е отговорил на всички въпроси, му се предоставя съкратен теоретичен материал, чрез който се опресняват знанията му. Този материал помага на обучаемите да отговорят вярно на въпросите от теста, на които не са отговорили и едва тогава те пристъпваха към компютърната симулация на упражнението. И накрая, при липса на адекватна подготовка от страна на студента, системата предоставяше пълния обем от теоретичен материал с цел да му се даде възможност да се запознае с теорията и методиката, необходими за провеждане на лабораторно упражнение.

След виртуалното изработване на упражнението студентите се заемаха с реалното му провеждане.

Вътрешна структура на курса на обучение, приложен в експеримента

В дадения експеримент е използвано структуриране на учебния материал, представено на Фиг. 2. Това е един качествено нов подход при описанието на учебния материал, подлежащ на адаптиране, в сравнение с подобни класически разработки като например [5] или някои по-нови идеи, изложени в [6-9]. Всеки сеанс²⁾ се генерира като обединение на три тип-блока, съответно "текстов", "тестов" и "лабораторно упражнение". От гледна точка на обобщената структура на учебния материал за един сеанс (урок) се вижда, че е използван един обединителен възел с множествена пропускливост (в термините на ИАСЕО означен като възел тип OR-релационен), който позволява участието както на един, така и на няколко тип-блока от своите наследници в крайния вариант на генерирания урок. Този възел е със съответно три наследника (Фиг. 2). Тъй като текстовият учебен материал предполага два варианта, то са дефинирани два тип-блока — "текстов кратък" (съкратен обем на теоретичния материал,) и "текстов разширен" (пълен обем на теоретичния материал). Тези два тип-блока са свързани с възел-родител от тип XOR-релационен, тъй като тяхното участие в учебния материал на съответния сеанс е взаимно-изключващо се (двата тип-блока не могат да бъдат включени едновременно в текущия вариант на дадения

урок). Чрез така описаното дърво се дефинира обобщена форма на урок от дадения курс на обучение. Дефинирането на тази структура се извършва чрез формален език за описание, разработен специално за нуждите на системата. Както в други разработки като [10], така и тук специализираният формален език носи редица предимства за ИАСЕО пред възможността за използване на готов език с общо предназначение, какъвто е подходът в добре известния стандарт SCORM¹⁾.



Фиг. 2. Примерна структура на дървото на ГСУМ

Този урок е обобщен, което означава, че той се отнася до всички фактически сеанси от курса и служи за техен шаблон. Когато системата трябва да изведе работното упражнение на даден студент, ИАСЕО обхожда дървото от листата към началото в посока нагоре с цел отсяване и подреждане на онези тип-блокове, които ще се включат в крайния резултат. Накрая се попълват фактическите тела на тип-блоковете, а тяхното обединение представлява готовият урок, върху който работи даденият студент.

ИАСЕО предлага алгоритмичен подход към оценката за избор, който не е заложен единствено в мета данни, свързани към отделните тип-блокове, какъвто е подхода например в [11] и така увеличава гъвкавостта на системата. При по-висока оценка текстов материал изобщо не се предоставя на обучаемия. По този начин се спестява време и студентът вместо да се затормозява с тестове и упражнения върху материал, който вече е усвоил, се поощрява да отдели време върху допълнителен учебен материал. Също така системата позволява на студентите с различна нагласа и способност за учене да получат именно онези части от теорията, от които се нуждаят, и чието усвояването е по-трудно. Справящите се с теорията студенти ще могат да спестят време и да го отделят в други задачи.

Резултати от проведения експеримент, статистическа оценка и анализ на ефективността

Наблюденията върху процеса на обучение ни показаха следното:

1. Входящият тест се прави едновременно от всички студенти, в резултат на което се скъсява времето за проверка на готовността на всеки един студент за провеждане на упражнението;
2. Визуализацията на физичното явление чрез интерактивна компютърна анимация подготвя студентите за адекватно провеждане на реалното лабораторно упражнение;
3. За всеки студент стойностите, получени от симулацията на упражнението са различни;
4. Получаване на представа за порядъка на измерваната величина и точността, с която се изчислява;
5. Експериментът показва, че след преминаване на виртуалното упражнение, теоретичните части на протоколите на повечето студенти бяха по-кратки и целенасочени, а изчисленията по-често верни.
6. Недостатък на този начин на провеждане на упражнението се оказва необходимостта от достатъчно компютри, така че всички студенти да работят едновременно.

Вторият експеримент беше свързан с теста за текущата проверка на знанията и уменията на студентите, усвоени по време на лабораторните упражнения. За тази цел беше създадена база от данни, съдържаща около 25-30 тестови въпроси за всяко упражнение. Една част от въпросите засягаха познаването и възпроизвеждането на наученото и бяха оценявани с 1 точка. Друга част от въпросите, проверяващи разбирането на физичните явления и прилагането на получените знания за решаване на физични задачи, бяха оценявани с 2 точки. За неверен отговор се поставяха 0 точки. Всеки

тест съдържах по три въпроса за всяко упражнение. Времето за решаване на теста се определяше като на всеки въпрос от теста се даваха по две минути за отговор. В експеримента участваха същите студенти (32-ма). Текущ контрол беше осъществен два пъти в семестъра: първият тест се проведе по традиционния начин — всеки студент попълва традиционен тест върху изработените през първата половина на семестъра упражнения. Вторият тест беше реализиран електронно, използвайки системата за електронно обучение върху упражненията, изработени през втората половина на семестъра.

За да се провери ефективността на електронното провеждане на текущия контрол бяха приложени статистически методи на обработка на резултатите от двата теста и беше направено сравнение между тях.

Извършеното оценяване на студентите преди начало на експеримента и след неговия край, регистрира нивото на усвояване на учебния материал от студентите към дадения момент. Резултатите са показани в Табл. 1 (имената и идентифициращите данни на студентите, участвали в експеримента, са умишлено скрити).

За да се определи формално ефективността на системата при провеждането на описания експеримент, е необходимо да се направят изчисления, свързани с получените резултати. За целта е подходящо да се използва теорията на математическата статистика, чрез която да се докаже (с определена степен на вероятност) хипотезата, че системата е ефективна. Ясно е, че критерият за ефективност отразява измереното ниво на знания, които са усвоили студентите при своето обучение съответно в отсъствие на системата и след използването ѝ.

При така направените измервания подходящ се явява методът на големите извадки за тестване на хипотезата при две средни стойности, а именно — пробите, направени преди прилагане на системата, и пробите, направени след прилагането ѝ (Табл. 1).

Табл. 1. Проби, направени преди и след прилагане на системата

Група	Студент	Преди	След
ГМР	01.	4.00	3.00
ГМР	02.	2.00	3.36
ГМР	03.	3.75	4.00
ГМР	04.	2.00	3.36
ГМР	05.	3.50	3.25
ГМР	06.	3.25	3.50
ГМР	07.	2.00	3.36

АИУТ	08.	2.00	2.75
АИУТ	09.	3.38	4.56
АИУТ	10.	2.00	3.62
АИУТ	11.	2.00	3.62
АИУТ	12.	4.50	5.88
АИУТ	13.	3.15	3.30
АИУТ	14.	4.28	5.55
АИУТ	15.	3.30	3.30
МиГ	16.	5.00	4.60
МиГ	17.	3.00	3.80
МиГ	18.	2.00	3.00
МиГ	19.	3.30	3.50
МиГ	20.	2.00	3.00
МиГ	21.	3.42	2.70
МиГ	22.	3.75	4.60
МиГ	23.	3.00	3.83
МиГ	24.	4.65	3.50
МиГ	25.	4.20	3.00
МиГ	26.	3.30	3.00
МТ	27.	3.30	4.73
МТ	28.	2.00	3.40
МТ	29.	2.00	4.00
МТ	30.	2.00	4.50
МТ	31.	3.00	4.50
МТ	32.	3.30	4.50

За целта е нужно да се пресметнат следните величини върху пробните данни:

μ_O	среден успех преди прилагане на системата
μ_N	среден успех след прилагане на системата
$H_0 : \mu_O = \mu_N$	нулева хипотеза – средният успех преди прилагане на системата е равен на средния успех след прилагането ѝ
$H_a : \mu_O < \mu_N$	алтернативна хипотеза - средният успех преди прилагане на системата е по-нисък от средния успех след прилагането ѝ

$n_O = 32$	брой на пробите, направени преди прилагане на системата
$n_N = 32$	брой на пробите, направени след прилагане на системата
$\overline{x_O} = 3.07$	средноаритметична стойност на пробите преди прилагане на системата
$\overline{x_N} = 3.77$	Средноаритметична стойност на пробите след прилагане на системата
$s_O^2 = \frac{1}{n_O - 1} \sum_{i=1}^{n_O} (x_{Oi} - \overline{x_O})^2 = 0.816001$	стандартно отклонение на пробите преди прилагане на системата
$s_N^2 = \frac{1}{n_N - 1} \sum_{i=1}^{n_N} (x_{Ni} - \overline{x_O})^2 = 0.596303$	стандартно отклонение на пробите след прилагане на системата
$SE = \sqrt{\frac{s_O^2}{n_O} + \frac{s_N^2}{n_N}} = 0.21$	стандартна грешка
$z = \frac{(\overline{x_O} - \overline{x_N}) - D_0}{SE} = 3.30$	тест статистика (D_0 е средна разлика на популацията)
$\alpha = 0.001$	вероятност за отхвърляне на H_0 (нулевата хипотеза), ако тя е вярна
$z_{0.001} = 3.09$	критична стойност. Определя се от таблицата на нормалното разпределение. Площ под нормалната (Гаусова) крива, надясно от $z_{0.001}$ (вж. Фиг. 3)

Ако $z > z_{0.001}$ ($z \leq z_{0.001}$), алтернативната хипотеза се приема/отхвърля. Вижда се, че наистина е изпълнено $z > z_{0.001}$, следователно алтернативната хипотеза е вярна с грешка от първи ред $\alpha = 0.001$. От така направените изчисления следва, че при проведенения експеримент системата е показала ефективност с вероятност 99.9%.

Изводи

Освен описаните дотук предимства на системата, използвана в този експеримент, стават ясни и някои допълнителни нейни положителни страни. Тестовите са различни за всеки изпитван студент, което намалява възможността за преписване от друг студент. В частност ИАСЕО оценява студентите бързо и обективно.

Авторите планират в бъдеще да приложат системата при повече интерактивни упражнения за целите на обучението по физика с виртуални компютърно симулирани лабораторни упражнения, подкрепени с ефективността на методите на индивидуалното и адаптивното електронно обучение.

Наблюдава се голям интерес към виртуалните симулации на лабораторни упражнения, но не само от страна на студентите, както беше вече отбелязано в текста, а и от страна на преподавателите по физика. Затова авторите предвиждат в близко бъдеще разработка на по-сложни симулации на физични процеси с помощта на 3D компютърна анимация.

БЕЛЕЖКИ

1. <http://www.scorm.com/>
2. Ivanov, K., S. Zabunov. Individually Adaptive Learning Management System Project. CompSysTech '2004. 5th International Conference on Computer Systems and Technologies, Rousse, Bulgaria.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джерахов, Н., В. Лилков, И. Добрилов, И. Попов. *Ръководство за лабораторни упражнения по физика*. Изд. Национална професионална гимназия по полиграфия и фотография, София, 2000.
2. Джанколи, Д. *Физика. Том 1*. Москва, Мир, 1989.
3. Beiser, A. *Modern Technical Physics*. Reading, Addison-Wesley, 1991.
4. Величкова, К., М. Вацкичева. Проверка и оценка на знанията и уменията на студентите в лабораторния практикум по физика. *Годишник МГУ* 47(4), 99-102 (2004).
5. Brusilovsky, P.E., W. Schwarz, G. Weber. ELM-ART: An Intelligent Tutoring System on World Wide Web. *Proceedings 3 Intern. Conf. Intelligent Tutoring Systems*, 1996, pp. 261-269.
6. Razzaq, L., N.T. Heffeman. Towards Designing a User-Adaptive Web-Based R-Learning System. *Conf. Human Factors in Computing Systems*, Florence, 2008, pp. 3525-3530.
7. Yoo, J., C. Li, C. Pettey. Adaptive Teaching Strategy for Online Learning. *Proceedings 10th Intern. Conf. Intelligent User Interfaces*. San Diego, 2005, pp. 266-268.
8. Berlanga, A.J., F.J. Garcia. Authoring Tools for Adaptive Learning Design in Computer-Based Education. *Proceedings 2005 Latin American Conf. Human-Computer Interaction*. Cuernavaca, 2005, pp. 190-201.

9. Santos, C.T., F.S. Osorio. An Intelligent and Adaptive Virtual Environment and Its Application in Distance Learning. *Proceedings Working Conf. Advanced Visual Interfaces*. Gallipoli, 2004, pp. 362-365.

10. Zheliazkova, I.I. Domain-Independent Language for Courseware Knowledge Description. *Proceedings 2nd National Conf. E-Learning in the Higher Education*. Kiten, 2006, pp. 44-48.

11. Conlan, O., C. Hockemeyer, P. Lefrere, V. Wade, D. Albert. Extending Educational Metadata Schemas to Describe Adaptive Learning Resources. *Proceedings 12th ACM Conf. on Hypertext & Hypermedia*. Aarhus, 2001, pp. 161-162.

TEACHING PHYSICS USING VIRTUAL LABORATORY EXERCISES IN THE ENVIRONMENT OF AN ADAPTIVE E-LEARNING SYSTEM

Abstract. The current work aims at presenting the benefits of the Individually Adaptive Learning Management System (IALMS) during the conducted virtual laboratory exercises in physics. The offered and here presented experiment is in the domain of physics higher education. It was carried out in the Department of Physics at the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski" – Sofia. The basic qualities of the applied system are exhibited. Some of these virtues are the higher efficiency of the e-learning process and the proposed novel adaptive learning model. The results are achieved by individualization of the educational process in an environment of simulated interactive laboratory exercises, complemented with adaptation of the theoretical educational material.

✉ **Mr. Eng. Svetoslav Zabunov,**
PhD student at the Department of Didactics of Physics,
University of Sofia,
5 James Bourchier Blvd., 1164 Sofia, BULGARIA
E-Mail: svetoslav_zabunov@web.de

✉ **Dr. K. Velichkova,**
Department of Physics,
University of Mining and Geology, Sofia, BULGARIA
E-Mail: kalinka@mgm.bg