

УДК 373.5.004.53

Слободяник Ольга Володимирівна
кандидат педагогічних наук,
старший науковий співробітник відділу
технологій відкритого навчального
середовища ІТЗН НАПН України
<https://orcid.org/0000-0003-3504-2684>
oslobodyanyk84@gmail.com

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В НАВЧАННІ ФІЗИКИ

Згідно з навчальною програмою з фізики, розміщеною на сайті Міністерства освіти і науки України, фізика разом з іншими предметами робить свій внесок у *формування ключових компетентностей, зокрема, інформаційно-цифрової*, компонентами якої є вміння учнями визначати можливі джерела шуканої інформації, відбирати, оцінювати, аналізувати, перекодувати знайдену інформацію інші форми її подання; використовувати сучасні пристрої для отримання, опрацювання, збереження, передачі та представлення інформації; використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології і пристрої для вивчення фізичних явищ, для обробки результатів експериментів, моделювання фізичних явищ і процесів; дотримуватися правил безпеки в мережах та мережевого етикету, що на сьогодні є дуже актуальною проблемою. В результаті учні мають оволодіти навичками роботи з інформацією, сучасною цифровою технікою; дотримання авторського права, етично-моральних принципів поведінки з інформацією [7]. Процес інформатизації освіти призвів до того, що використання засобів ІКТ у процесі виконання лабораторних робіт із фізики дає можливість реалізувати комп'ютерний експеримент різного рівня автоматизованості, віртуальний комп'ютерний експеримент, застосовувати стандартні або педагогічно орієнтовані програмні засоби для оброблення, зберігання та презентації результатів експериментального дослідження.

Переваги та недоліки комп'ютерного експерименту в процесі вивчення шкільної фізики широко висвітлюються у спеціальній літературі. Проте, перш ніж надавати перевагу комп'ютерно орієнтованій лабораторній роботі, необхідно обґрунтувати педагогічну доцільність використання засобів ІКТ, зокрема мережних технологій, для формування визначених знань, умінь, навичок і компетенцій. Використання засобів ІКТ надає змоги учню в широких межах модифікувати «екранний» експеримент, презентований на екрані комп'ютера як візуальний образ, доступний для маніпулювання з боку користувача (учня) в процесі навчального дослідження. Як показує досвід, це допомагає суб'єкту навчального дослідження глибше зрозуміти фізичний процес, його перебіг за різних умов, різних значень вихідних параметрів і т. ін. Під комп'ютерною візуалізацією частіше за все розуміють методику переведення абстрактних уявлень про об'єкти в геометричні образи, що надає можливість дослідникові спостерігати результати комп'ютерного моделювання явищ і процесів [3].

Використання технології комп'ютерного імітаційного (віртуального) моделювання розкриває безліч можливостей не лише для вирішення проблеми демонстраційного та лабораторного експерименту з фізики в закладі загальної середньої освіти, а й відкриває нові горизонти для наукової (експериментальної, дослідницької) діяльності старшокласників. Сьогодні науковці розглядають різні форми і види моделювання, серед них: фізичне, математичне, макетне, аналогове, ситуаційне та імітаційне.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблема використання інформаційних технологій у процесі навчання фізики, на сьогоднішній день, вже досліджена багатьма вітчизняними та зарубіжними науковцями. Зокрема, проблемі організації та управління навчальною діяльністю в комп'ютерно орієнтованому середовищі присвячені праці П. С. Атаманчука, В. Ю. Бикова, М. І. Жалдака; аспекти використання ІКТ під час самостійної роботи з фізики вивчали Ю. П. Рева, Ю. О. Жук; праці М.

В. Головка, Ю. О. Жука, Ю. В. Заболотні, О. І. Іваницького, О. М. Соколюк, С. П. Стецика присвячені організації навчальної діяльності у комп'ютерно орієнтованому навчальному середовищі; дослідженням використання інформаційних технологій у шкільному навчальному експерименті займалися С. П. Величко, В. О. Извозчиков, Л. М. Наконечна, Ю. М. Оришин, Н. Л. Сосницька, В. І. Сумський та ін.; активізації пізнавальної діяльності та розвитку творчих здібностей за допомогою засобів в процесі навчання фізики присвячені роботи Ю. В. Єчкало, В. Е. Краснопольського, Н. П. Литкіної, А. М. Сільвейстра, І. О. Теплицького; а Н. Баловсяк, Л. Г. Карпова, О. В. Ліскович, О. П. Пінчук, В. Д. Шарко присвятили ряд своїх наукових доробків формуванню предметної компетентності засобами ІКТ.

Мета статті. Виокремити теоретичні аспекти використання імітаційного комп'ютерного моделювання на уроках фізики в закладі загальної середньої освіти, зокрема, для реалізації інформаційно-цифрової компетентності.

Методи дослідження. Дослідження виконане в рамках науково-дослідної роботи «Система комп'ютерного моделювання пізнавальних завдань для формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів» (НДР №0118U003160). Під час дослідження використовувались методи аналізу педагогічної і методичної літератури вітчизняних та зарубіжних науковців, дисертаційних досліджень; узагальнення; теоретичного моделювання; системного аналізу для визначення структурних елементів моделі системи комп'ютерного імітаційного моделювання; вивчення результатів навчально-пізнавальної і практичної діяльності учнів.

Виклад основного матеріалу. В сучасних умовах перебудови освіти, технологія імітаційного моделювання є одним із основних засобів формування професійно-комунікативних умінь в штучно створеному

навчальному середовищі. Таке середовище може бути побудоване на основі інформаційних засобів навчання та використовуватись як під керівництвом вчителя так і за його відсутності. Специфіка цієї технології полягає в імітуванні реально існуючої системи шляхом створення спеціальних аналогів (моделей), в яких відтворюються принципи організації та функціонування цієї системи [4].

Дж. Брунер відзначає, що легко забезпечити інтерес суб'єкта до навчального предмету в тому випадку, коли навчання відбувається в контексті життя та дії, а не тоді, коли навчання носить абстрактний характер [1]. Тому, моделювання стало невід'ємною складовою навчального процесу в закладі загальної середньої освіти. У навчальному процесі з фізики використання методу моделювання дозволяє виділити й відобразити найважливіші для пізнання зв'язки в явищах, які часто бувають недоступними для безпосереднього спостереження, а також осмислити суть багатьох фізичних процесів [5].

Імітаційне моделювання в шкільному курсі фізики слід розглядати як експериментальний метод дослідження реального процесу навчання за типами моделювання з використанням програмного забезпечення. Як зазначає Фадєєва Т., особливістю імітаційного моделювання є не тільки вивчення вихідних параметрів, бази даних дослідження, але і проектування моделей-модулів, процесів, взаємодію складових процесу навчання за допомогою пакетів прикладних програм [11].

Імітаційне моделювання передбачає подання моделі у вигляді алгоритму дій та комп'ютерної програми, яка дозволяє максимально відтворити поведінку об'єкта. При цьому імітуються елементарні явища, що складають процес, зі збереженням їх логічної структури та послідовності у часі, що дозволяє отримати відомості про стан системи у певний момент часу та оцінити характеристики системи. Імітаційні моделі

дозволяють вирішувати більш складні задачі, враховуючи вплив випадкових факторів.

У теорії проектування виділяють певні види моделей, які є часткою проекту: прогностична модель (її спрямовано на оптимальний розподіл ресурсів і конкретизацію цілей); концептуальна модель (її засновано на інформаційній базі даних і програмі дій); інструментальна модель (за її допомогою можна підготувати засоби виконання і навчити підлеглих працювати з педагогічними інструментами); модель моніторингу (її призначення полягає у створенні механізмів зворотного зв'язку і способів коректування можливих відхилень від планованих результатів); рефлексивна модель (її створюють для вироблення рішень у випадку виникнення несподіваних і непередбачених ситуацій) [2].

Використання комп'ютерних імітаційних моделей в навчальному процесі максимально наближує суб'єкта навчання до реальних умов, тому учні беручи активну участь у такій навчальній діяльності мають можливість власноруч керувати перебігом експерименту, генерувати ідеї, гіпотези та перевіряти їх правильність, навчаються розв'язувати реальні проблеми, проявляти себе як особистість, беруть на себе відповідальність. Практика доводить, що використання технології імітаційного моделювання явищ та процесів у навчанні суттєво підвищує мотивацію, а отже, й ефективність навчання.

З іншого боку, переваги комп'ютерного моделювання в процесі вивчення природничо - математичних наук дуже великі. До них можна віднести: 1. Використання комп'ютерних моделей значно дешевше в порівнянні з натурними експериментами на реальному обладнанні; 2. Можливість продовжувати спостерігати експеримент в критичних ситуаціях; 3. Можливість відтворення комп'ютерного модельного експерименту безліч разів. 4. Комп'ютерну модель можна зупинити та відтворити в будь-який момент на відміну від натурального експерименту.

Вище зазначені переваги дають можливість проводити експеримент багаторазово та отримати більше даних для статистичної обробки його результатів. Це дає можливість застосовувати послідовні або евристичні методи, що при реальному експерименті не завжди можливо. Робота з імітаційною комп'ютерною моделлю дає можливість перервати експеримент на певний час, а потім продовжити його без зміни параметрів. Найбільш ефективним є використання комп'ютерної моделі під час демонстрацій при поясненні нового матеріалу та розв'язуванні фізичних задач. Використання моделей у навчальному процесі з фізики дозволяє виділяти і відображати найважливіші для пізнання зв'язки в явищах, які часто бувають недоступні для безпосереднього спостереження, осмислити суть деяких фізичних явищ. Моделювання дає вчителю можливість глибше розкрити на уроці зміст фізичних понять, ознайомити учнів із сучасною експериментальною базою фізики, розкрити важливе значення методів дослідження фізичних явищ і процесів, озброїти учнів системою фізичних знань у тісному зв'язку з методами наукових досліджень [6]. Проте, не варто забувати, що експеримент у вигляді імітаційного моделювання має задовольняти певні вимоги: максимальна наближеність до реальних фізичних приладів та до реальної поведінки в часі і просторі, віртуальний експеримент візуально не повинен суттєво відрізнятися від реального; одержані результати внаслідок проведення віртуального експерименту повинні повністю співпадати з результатами реального дослідження; має бути дотримана послідовність проходження процесів спостережуваного явища та враховані всі перехідні процеси як і в проведенні експерименту на реальній установці, у віртуальній роботі учні мають стикатися з перехідними процесами, необхідністю тимчасової витримки перед зняттям показів; у моделях має бути врахована похибка в результаті, саме тому результати, отримані різними учнями, відмінні один від одного, як і в проведенні роботи на реальних установках [8].

Найбільшою популярністю серед вчителів фізики користуються вільно поширюваний програмний засіб *PhET* (*Physics Education Technology*) – ресурс, розроблений Університетом Колорадо, на якому представлені віртуальні лабораторії, що демонструють різні процеси й явища в галузі фізики, хімії, біології, геології та *VirtuLab* – найбільший збірник віртуальних дослідів на сучасному російському сегменті Інтернету з різних навчальних дисциплін. Використання учнями симуляцій для виконання віртуального експерименту дає можливість не тільки отримати певний обсяг знань з фізики, а й сформувати достатній рівень інформаційно-цифрової компетентності, необхідної для подальшої навчальної та професійної діяльності. Використання Інтернет-ресурсів, зокрема симуляцій – ще одна можливість для учнів досягти бажаного рівня знань. Phet-симуляції доцільно використовувати для здійснення домашнього експерименту, що є складовою частиною системи фізичного експерименту. Зазначимо, що такий експеримент виконується самостійно, без допомоги вчителя чи товаришів. Проте самостійність в навчальному процесі завжди відносна. При запровадженні в навчальний процес домашнього експерименту роль вчителя полягає в організації роботи учнів, а останні, самостійно працюючи над розв'язанням поставленого завдання, і добираючи необхідні прилади, проводячи досліди та обробляючи результати експерименту, набувають необхідних знань, умінь та навичок застосовувати набуті знання на практиці [9].

Домашній експеримент є одним із видів домашньої самостійної навчальної роботи, тому організація його виконання вимагає врахування загальних дидактичних вимог, що ставляться до домашніх завдань. Необхідність використання домашньої роботи учнів зумовлена тим, що вивчення програмного матеріалу не можна обмежити роботою в класі. Для повноцінного засвоєння матеріалу учні повинні опрацювати його у різних ситуаціях і поєднаннях і за можливості не один, а кілька разів, розглядати

його під новим кутом зору. Реалізувати цей етап вивчення фізики допоможуть Phet-симуляції.

Сайт VirtuLab представляє собою збірку інтерактивних робіт з природничих наук – фізики, хімії, біології, астрономії: <http://www.virtulab.net/>. За допомогою анімаційних flash-роликів можна проводити досліди онлайн, змінювати параметри і відразу бачити їх результати. Для зручності використання у даному ресурсі всі лабораторні роботи розділені на групи за напрямками - фізика, хімія, біологія і екологія потім відповідно до тем та класів. Перед виконанням кожної роботи пропонується вивчити теоретичний матеріал а потім пройти тестування.

Спектр пропонованих робіт дуже широкий, учні мають можливість частину робіт виконувати в 3D-режимі. Віртуальна лабораторія доступна в онлайн-режимі і не потребує завантаження та установки на комп'ютер, крім того, безкоштовна. Для коректної роботи тільки потрібно встановити необхідні плагіни. Всі досліди інтерактивні, їх можна проводити, як на уроці в комп'ютерному класі, так і вдома - для самостійних досліджень учнів.

Висновки та перспективи подальших розробок. Крім того, варто зазначити, що вище згадані ресурси можна використовувати не лише для демонстрацій явищ, процесів, виконання лабораторних робіт, а й для самостійної діяльності творчого характеру. Проте, не варто забувати, що жоден комп'ютерний експеримент не може витіснити реальний. Отже, зазначимо, що особливістю використання комп'ютерних імітаційних моделей на уроках природничо-математичних дисциплін є те, що їх можна вільно змінювати, цим самим даючи учням проявити свою креативність, а знання, уміння, навички, здобуті в процесі роботи з імітаційними моделями, сприяють становленню учня як особистості.

Список використаних джерел:

1. Брунер Дж. Психология познания. За пределами непосредственной информации / Дж. Брунер; пер. с англ. Бабицкого К. И. – М.: Прогресс, 1977. – 412 с., С. 18
2. Дахин А. Н. Педагогическое моделирование: сущность, эффективность и ... неопределенность / А. Н. Дахин // Педагогика. – 2003. – № 4. – С. 21-31.
3. Жук Ю.О. Використання Інтернет технологій для дослідження природних явищ у шкільному курсі фізики [Посібник] / [Авт. кол.: О.М. Соколюк, Н.П. Дементієвська, О.В. Слободяник, П.К. Соколов; За редакцією Ю.О. Жука]; Ін-т інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України. – К.: Атіка, 2014. – 172 с.
4. Игровое моделирование: теория и практика / под ред. И. С. Ладенко. – Новосибирск: Наука, 1987. – 231 с. – С. 43
5. Калапуша Л.Р. та ін.. Комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів / Л.Р.Калапуша, В.П. Муляр, А.А. Федонюк – Луцьк: РВВ «Вежа», 2007. – 190 с.
6. Кузьменко О. Проблеми використання комп'ютерного моделювання у процесі вивчення фізики в середній школі / О. Кузьменко // Психолого-педагогічні проблеми сільської школи. – 2012. – №40. – С. 48–54.
7. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів з фізики.7–9 класи. Програма затверджена Наказом Міністерства освіти і науки України від 07.06.2017 № 804. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-5-9-klas>
8. Нижегородов В. В., Бычкова Д. Д. Моделирующий виртуальный эксперимент : материалы 77-й международной научно-технической конференции ААИ [«Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров»] - Москва, 27–28 марта 2012 г. / М-во об. и науки РФ, М-во пром. и торг. РФ, // Мос.гос. тех. ун-т «МАМИ», 2012. – 367 с.
9. Слободяник О.В. Виконання домашніх експериментальних завдань з використанням Phet-симуляцій / О.В. Слободяник // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна / [редкол.: П.С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський нац.ун-тет імені Івана Огієнка, 2014. – Вип.20: Управління якістю підготовки майбутнього вчителя фізико-технологічного профілю. – С. 165-168
10. Слободяник О.В. Реалізація методу проектів засобами соціальних мереж/ О.В. Слободяник // Інформаційні технології і засоби навчання. [Електронний ресурс].-Том 56 №6. ПТЗН НАПН України. – 2016. – С. 30-39. Режим доступу: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/issue/view/83/showToc>
11. Фадеева Т. Імітаційне моделювання природничо-математичної підготовки майбутніх вихователів дошкільних навчальних закладів /Т.Фадеева// Наукові записки. Серія: педагогічні науки. – Вип.121(1) 2013– 316с. –С. 207-211.

REFERENCES

1. Bruner Dzh. (1977) *Psykholohyia poznanyia. Za predelamy neposredstvennoi ynformatsyy* [The psychology of cognition. Beyond the immediate information] Moskva
2. Dakhyn A. N. (2003) *Pedahohycheskoe modelyrovanye: sushchnost, effektyvnost y ... neopredelennost* [Pedagogical modeling: essence, efficiency and ... uncertainty]

3. Zhuk Yu.O. (2014) Vykorystannia Internet tekhnolohii dlia doslidzhennia pryrodnykh yavlyshch u shkilnomu kursi fizyky [Use of Internet technologies for the study of natural phenomena in the school physics course] Kyiv
4. Ladenko Y. S. (1987) Yhrovoe modelyrovanye: teoriya y praktyka [Game simulation: theory and practice] Novosybyrsk
5. Kalapusha L.R. (2007) Kompiuterne modeliuвання fizychnykh yavlyshch i protsesiv [Computer simulation of physical phenomena and processes] Lutsk
6. Kuzmenko O. (2012) Problemy vykorystannia kompiuternoho modeliuвання u protsesi vyvchennia fizyky v serednii shkoli [Problems of computer modeling in the process of studying physics in high school] Uman
7. Navchalna prohrama dlia zahalnoosvitnykh navchalnykh zakladiv z fizyky.7–9 klasy (2017) [Educational program for general educational institutions in physics.7-9 classes] Elektronnyi resurs. Kyiv
8. Nyzhehorodov V. V., Vyshkova D. D. (2012) Modelyruuiushchyi vyrtualnyi eksperyment [Modeling Virtual Experiment] Moskva
9. Slobodianyuk O.V. (2014) Vykonnannia domashnykh eksperymentalnykh zavdan z vykorystanniam Phet-symuliatsii [Implementation of home-based experimental tasks using Phet-simulations] Kamianets-Podilskyi
10. Slobodianyuk O.V. (2016) Realizatsiia metodu proektiv zasobamy sotsialnykh merezh [Implementation of the method of projects by means of social networks] Kyiv
11. Fadieieva T. (2013) Imitatsiine modeliuвання pryrodnycho-matematychnoi pidhotovky maibutnykh vykhovateliv doshkilnykh navchalnykh zakladiv [Imitation modeling of natural and mathematical training of future educators of pre-school educational institutions] Kirovohrad

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Слободяник Ольга Володимирівна – кандидат педагогічних наук, старший науковий співробітник відділу технологій відкритого навчального середовища Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України

Наукові інтереси: комп'ютерне моделювання пізнавальних завдань для формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Slobodianyuk Olga - candidate of pedagogical sciences, senior researcher of the Department of Open Educational Environment Technologies of the Institute of Information Technologies and Training of the National Academy of Sciences of Ukraine

Scientific interests: computer modeling of cognitive tasks for the formation of competences of students from natural and mathematical subjects

СЛОБОДЯНИК Ольга Володимирівна ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В НАВЧАННІ ФІЗИКИ

Анотація. В статті виокремлено основні теоретичні аспекти використання імітаційного комп'ютерного моделювання на уроках фізики в закладі загальної середньої освіти, зокрема, для реалізації інформаційно-цифрової компетентності.

Визначено переваги та недоліки комп'ютерного експерименту, зокрема імітаційних моделей в процесі вивчення шкільної фізики. Зазначено, що використання комп'ютерних імітаційних моделей в навчальному процесі максимально наближує суб'єкта навчання до реальних умов, тому учні беручи активну участь у такій навчальній діяльності, мають можливість власноруч керувати перебігом експерименту, генерувати ідеї, гіпотези та перевіряти їх правильність, навчаються розв'язувати реальні проблеми, проявляти себе як особистість. Доведено, що використання технології імітаційного моделювання явищ та процесів у навчанні суттєво підвищує мотивацію, а отже, й ефективність навчання.

Ключові слова: моделювання, проектування, модель, імітаційне моделювання, якість навчання, фізика, інформаційно-комунікаційні технології.

СЛОБОДЯНИК Ольга Владимировна ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКИ

Аннотация. В статье выделены основные теоретические аспекты использования имитационного компьютерного моделирования на уроках физики в учреждении общего среднего образования, в частности, для реализации информационно-цифровой компетентности. Определены преимущества и недостатки компьютерного эксперимента, в частности имитационных моделей в процессе изучения школьной физики. Отмечено, что использование компьютерных имитационных моделей в учебном процессе максимально приближает субъекта обучения к реальным условиям, поэтому учащиеся активно участвуя в такой учебной деятельности, имеют возможность самостоятельно управлять ходом эксперимента, генерировать идеи, гипотезы и проверять их правильность, учатся решать реальные проблемы, проявлять себя как личность. Доказано, что использование технологии имитационного моделирования явлений и процессов в обучении существенно повышает мотивацию, а следовательно, и эффективность обучения.

Ключевые слова: моделирование, проектирование, модель, имитационное моделирование, качество обучения, физика, информационно-коммуникационные технологии.

Slobodianyuk O. V. THEORETICAL ASPECTS OF SIMULATION IN LEARNING PHYSICS

Abstract. The article outlines the main theoretical aspects of the use of simulation computer simulation in physics classes in the institution of general secondary education, in particular, for the implementation of information and digital competence. The advantages and disadvantages of a computer experiment, in particular simulation models in the process of studying school physics, are determined. It is noted that the use of computer simulation models in the learning process approximates the subject of the study to real conditions, so students are actively participating in such training activities, have the opportunity to manage the course of the experiment, generate ideas, hypotheses and verify their correctness, learning to solve real problems, to express themselves as a person. It is proved that the use of technology simulation of phenomena and processes in training significantly increases motivation, and thus learning efficiency. The use of models in the learning process in physics allows you to highlight and display the most important for communication knowledge in

phenomena that are often inaccessible to direct observation, to comprehend the essence of some physical phenomena. Modeling gives the teacher the opportunity to deeply disclose the contents of physical concepts in the lesson, acquaint students with the modern experimental physics base, reveal the importance of methods of studying physical phenomena and processes, equip the students with a system of physical knowledge in close connection with the methods of scientific research. It is noted that the peculiarity of using computer simulation models at the lessons of natural and mathematical disciplines is that they can be freely modified, thereby allowing students to demonstrate their creativity, while the knowledge, skills, skills gained during the process of working with simulation models, facilitate formation student as a person. It is noted that simulation models can be used not only for demonstration of phenomena, processes, laboratory works, but also for independent activity of a creative nature. The use of simulations by pupils to perform a virtual experiment enables not only to acquire a certain amount of knowledge in physics, but also to form a sufficient level of information and digital competence necessary for further training and professional activity. Using Internet resources, including simulations, is another opportunity for students to achieve the desired level of knowledge. The article analyzes the Phet resource developed by the University of Colorado, which presents virtual laboratories that demonstrate various processes and phenomena in the fields of physics, chemistry, biology, geology and VirtuLab, the largest collection of virtual experiments.

Keywords: *modeling, designing, model, simulation modeling, quality of training, physics, information and communication technologies.*