

Моделювання фундаментальних експериментів, дослід Резерфорда

В.В. Лазарчук*

Рівненський державний гуманітарний університет, Рівне, Україна

*Corresponding author. E-mail: 0503758247v@gmail.com

Paper received 08.11.15; Accepted for publication 23.11.15.

Анотація. В статті розглянуто комп'ютерну модель фундаментального дослідження Е. Резерфорда з порядком роботи з моделлю та навчальним процесом для проведення широкого кола віртуальних, фізичних, модельних експериментів з екранною імітацією процесів. В межах модельних програм пропонується створити окремі візуальні компоненти, що виконують роль віртуальних фізичних об'єктів і можуть динамічно взаємодіяти під час роботи моделі.

Ключові слова. Комп'ютерна модель, фундаментальний експеримент, комп'ютер, атом, α – частинки, магнітне поле

Моделювання з самого початку виникнення фізики як науки виступало в якості важливого і вельми ефективного методу побудови теорії, способу висунення гіпотези, а також своєрідною формою знання, що дозволяє вивчати властивості об'єкта, абстрагуючись від нього самого. Наприклад, в механіці Г. Галілея та І. Ньютона модель виконує головну свою функцію, вона застосовується для опису ідеалізованої абстракції – матеріальної точки. У електродинаміці М. Фарадея і Д.К. Максвелла модель, що імітує безперервне електромагнітне поле, успішно описується за допомогою наочних геометричних образів (магнітних силових ліній). Майстерними винахідниками механічних моделей для пояснення електромагнітних процесів були В. Томсон, Г. Лоренц і багато інших фізики. З розвитком обчислювальної техніки комп'ютерне моделювання стає універсальною методологією дослідження фізичних явищ і закономірностей, що для самої фізики обернулося створенням нової гілки науки – обчислювальної фізики, яка поряд з теоретичною та експериментальною фізикою визначає в даний час сучасну структуру фізичної науки. У зв'язку з цим, змінилися і розширилися функції самої фізики в навчанні та розвитку учнів, вона стала виконувати не тільки освітні функції, пов'язані з вивченням навколишнього світу, а й методологічні – вміння та навички комп'ютерного моделювання [1].

При вивченні фундаментальних фізичних експериментів можуть бути використані різні форми навчальних занять. При цьому важливо, щоб учні не лише знали експериментальний метод, але і оволоділи характерною для нього сукупністю умінь. У кожному конкретному випадку слід звертати увагу учнів на формулювання проблеми або наукового завдання, постановку гіпотези, розгляду фізичного принципу дії експериментальної установки, планування і проведення експерименту, співставлення або порівняння отриманих даних з гіпотезою або висновками з неї (підтвердження або спростування гіпотези), використання виявлених закономірностей.

Аналіз досліджень і публікацій. Деякі напрямки створення навчального середовища засобами використання комп'ютерного моделювання у навчальному процесі висвітлені у роботах таких вчених як Л.Р. Калапуша [2], О.І. Бугайов [1], М.І. Жалдак, М.В. Головкин, Ю.О. Жук, [1], А.А. Федонюк [3] В.П. Муляр., В.С. Коваль [3], С.О. Семеріков, О.Є. Стрижак, М.І. Шут.

Метою статті є обґрунтування можливостей застосування комп'ютерної моделі фундаментального експерименту як педагогічного-програмного забезпечен-

ня на уроці фізики, яке сприятиме створенню навчально-розвиваючого середовища для вивчення дослідів з фізики.

Виклад нового матеріалу. При організації навчального процесу ми спираємося на теорію навчальної діяльності (Л.С. Вигодський, В.В. Давидов, О.М. Леонт'єв, С.Л. Рубінштейн, та ін.), згідно якої засвоєння змісту освіти здійснюється в процесі власної активності учня, яка сприяє розвитку особистості. Основною формою при цьому є організація дослідницької діяльності та обчислювального експерименту учнів із застосуванням комп'ютерних моделей. Розглянемо реалізацію моделі вивчення фундаментального Експерименту на прикладі дослідження Резерфорда з ототожнення α – частинок з двічі іонізованими атомами гелію.

Не викликає сумніву той факт, що в умовах загальноосвітньої школи даний експеримент сьогодні можна відтворити лише у вигляді комп'ютерної моделі або флеш-презентації. Очевидно, що дана модель повинна відображати етапи проведення фундаментального експерименту поступово робота повинна сприйматися візуально.

При запуску програми у центральній частині інтерфейсного вікна з'являється зображення загального вигляду приладу для дослідження Резерфорда, та опис його складових частин. У правій частині вікна розміщено п'ять функціональних кнопок: "Дослід 1", "Дослід 2", "Дослід 3" – дозволяють вибрати один з етапів змодельованого дослідження; "Інструкція" – дозволяє у центральній частині вікна програми переглянути інструкцію з вказівками по роботі з моделлю; "Вихід" – функціональна кнопка, яка дозволяє у будь-який момент роботи з програмою повернутися до загального (початкового) інтерфейсу.

На рис. 1 показано фрагмент роботи програми в режимі натискання функціональної кнопки "Дослід 1", який моделює вплив величини індукції магнітного поля на кількість α – частинок, які пройшли крізь щілини (величину кута розходження пелюсток електроскопу). Відмітимо, що напрямок прикладання магнітного поля показано символом "⊕" на місці розташування металевих пластин. У центральній частині вікна розміщено рухомий повзунок, який дозволяє моделювати зміну величини індукції магнітного поля, прикладеного до пластин. Її числове (миттєве) значення (у Тл) при конкретному положенні повзунка відображається у нижній частині вікна.

Натискання функціональної кнопки "Дослід 2" дозволяє змодельовати частину дослідження Резерфорда із дослідження впливу величини і напрямку індукції маг-

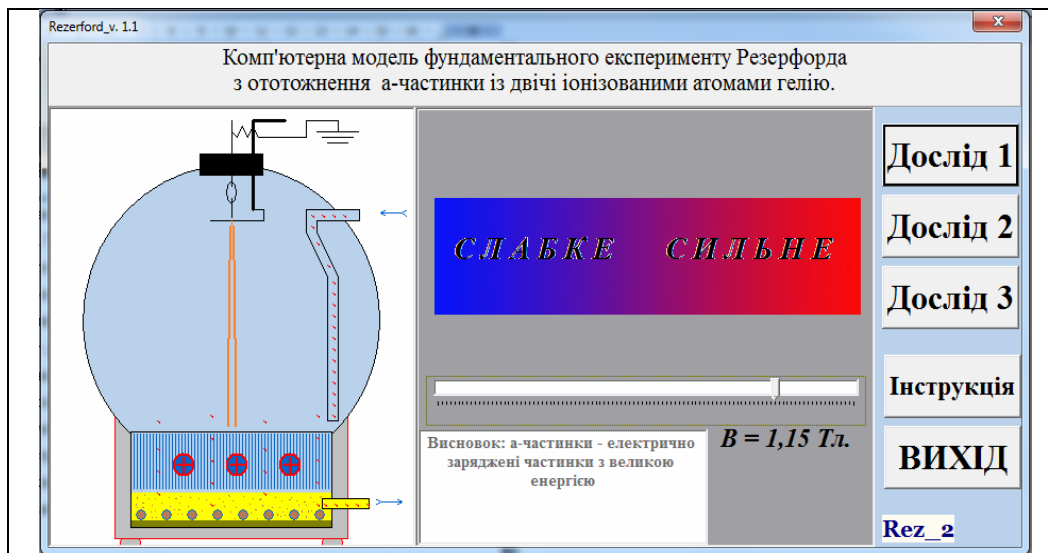


Рис. 1. Фрагмент роботи програми *FundEks Rez_2* в режимі натискання функціональної клавіші "Дослід 1".

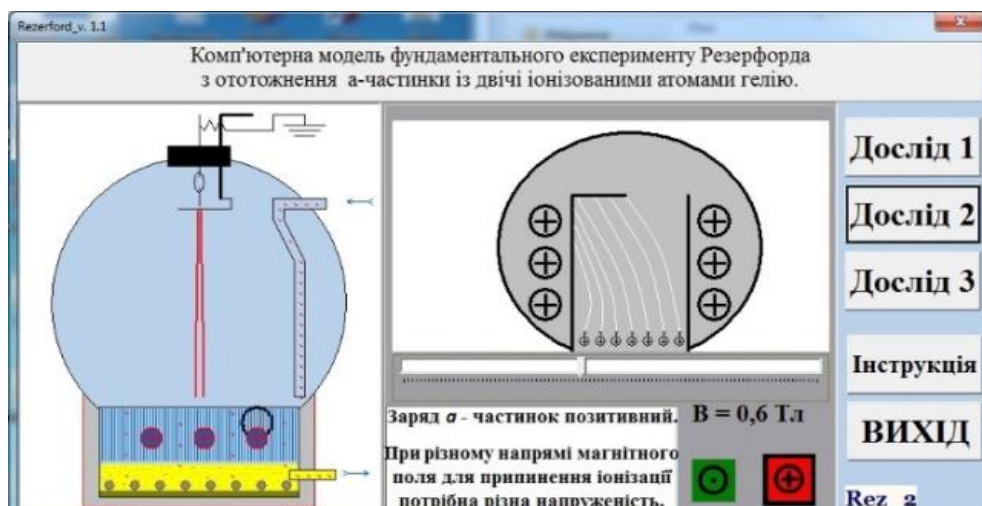


Рис.2. Фрагмент роботи програми *FundEks Rez_2* в режимі натискання функціональної клавіші "Дослід 2" та "⊙" напрямі магнітного поля.

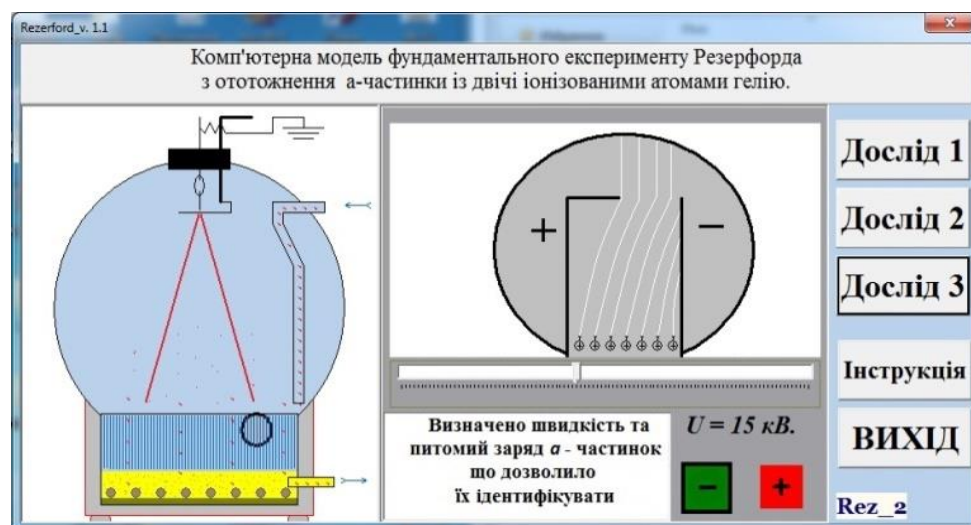


Рис. 3. Фрагмент роботи програми *FundEks Rez_2* в режимі натискання функціональної клавіші "Дослід 3" та "-" напрямі електричного поля.

нітного поля на кут розходження пелюсток електроскопу при половинному закриванні кожної з верхніх

щілин між пластинами (рис. 2). Дві нові функціональні клавіші "⊙" та "⊕" дозволяють змінювати напрям при-

кладання магнітного поля. У центральній частині вікна програми при цьому відображається збільшена область верхньої частини металевих щілин, а також траєкторія руху α – частинок, при різних значеннях індукції

Аналогічно натискання клавіші "Дослід 3" дозволяє змодельовати частину досліду Резерфорда з дослідження впливу величини і напрямку електричного поля на кут розходження пелюсток електроскопу при половинному закриванні кожної з верхніх щілин між пластинами. Дві функціональні клавіші "-" та "+" дозволяють змінювати напрям дії електричного поля.

Методичні особливості вивчення даного фундаментального експерименту можуть різнитися в залежності від конкретної навчальної ситуації. В одному випадку доцільно вивчення ФундЕксу провести у лекційному варіанті за "один підхід", в другому – частинами у межах виділених блоків, можливий варіант розгляду матеріалу груповим способом у рамках методу проєктів, та ін.

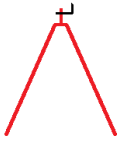
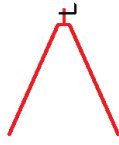
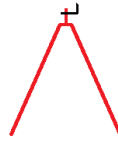
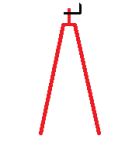
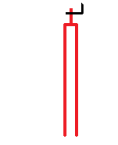
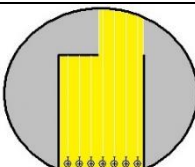
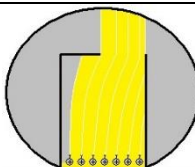
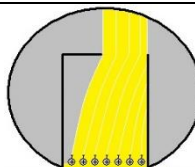
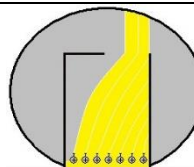
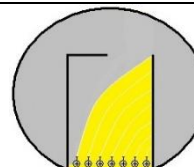
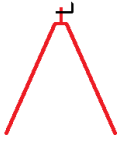
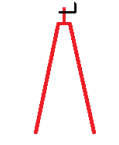
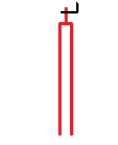
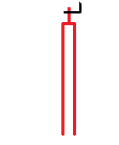
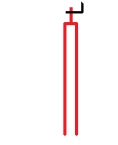
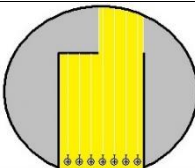
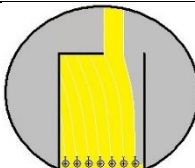
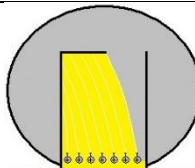
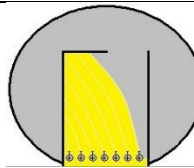
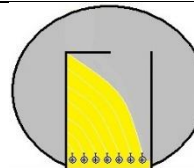
Описаний експеримент, заснований на властивості магнітних і електричних полів відхиляти α -частинки, дозволив ідентифікувати їх з атомами гелію (зрозуміло, що для доказу даного факту отримані дані спостережень довелося доповнити деякими розрахунками). Зупинимось коротко на з'ясуванні суті проведених Резерфордом дослідів.

Дослід 1. Прикладаючи магнітне поле, напрямлене перпендикулярно до площини металічних пластин, Резерфорд помітив, що із збільшенням індукції магнітного поля кут розходження пелюсток електроскопу зменшувався. Висновки з даного експерименту засвідчували про те, що α – частинки – електрично заряджені частинки. Резерфорд визначив, що для повного припинення іонізації (повного опадання пелюсток електроскопу) потрібне магнітне поле сильної індукції ($B = 1,15 Tл.$). Даний факт засвідчував про те, що α -частинки – частинки з великою енергією.

Дослід 2. Прикривши кожну з щілин між металевими пластинами наполовину, Резерфорд спостерігав наступне явище: при одному напрямку магнітного поля при зміні індукції від $0 Tл.$ до $0,6 Tл.$ кут розходження листків електроскопу не змінювався, а при збільшенні індукції від $0,6 Tл.$ до $1,15 Tл.$ листки опадають; при протилежному напрямку магнітного поля при зміні індукції від $0 Tл.$ до $0,6 Tл.$ листки електроскопу опадають повністю, подальше збільшення індукції до жодних змін не призводить.

Причину спостережуваного явища легко зрозуміти, розглянувши фрагменти комп'ютерної моделі *FundEks Rez_2*, зображені у таблиці 1. Як видно з фрагментів програми, даний дослід дозволив Резерфорду встановити, що заряд α – частинок позитивний.

Таблиця 1. Фрагменти комп'ютерної моделі *FundEks Rez_2*

	$B = 0 Tл.$	$B = 0,3 Tл.$	$B = 0,6 Tл.$	$B = 0,9 Tл.$	$B = 1,1 Tл.$	
⊗	 $\angle \lambda = \max$	 $\angle \lambda = \max$	 $\angle \lambda = \max$	 $\angle \lambda = \frac{1}{2} \max$	 $\angle \lambda = 0$	-
⊙						
⊕	 $\angle \lambda = \max$	 $\angle \lambda = \frac{1}{2} \max$	 $\angle \lambda = 0$	 $\angle \lambda = 0$	 $\angle \lambda = 0$	+
	 $U=0 kВ.$	 $U=7,5 kВ.$	 $U= 15 kВ.$	 $U=22,5 kВ.$	 $U=30 kВ.$	↗

Дослід 3. Аналогічні операції Резерфорд провів з'єднавши пластини по черзі з протилежними полюсами потужної електричної батареї та закриваючи кожну з щілин між пластинами наполовину. Результати спостережень були аналогічні попереднім: при

прямому підключенні батареї при зміні напруги від $0 kВ.$ до $15 kВ.$ кут розходження листків електроскопу не змінювався, а при збільшенні напруги від $15 kВ.$ до $30 kВ.$ листки опадають; при зворотному підключенні батареї при зміні напруги від $0 kВ.$ до $15 kВ.$ листки

електроскопу опадають повністю, подальше збільшення напруги до жодних змін не призводить. Причину спостережуваного явища видно з таблиці 1. Отримавши експериментальні дані досліджень та знаючи геометричні розміри складових частин електроскопу Резерфорд зумів отримати наступні числові дані:

Для магнітного поля (рис.2.13) $q \cdot B \cdot \vartheta_0 = m \cdot a$:

$$d = \frac{a \cdot t^2}{2}, \quad 2 \cdot d = a \cdot t^2, \quad t = \frac{h}{g_0}, \quad 2 \cdot d = a \cdot \frac{h^2}{g_0^2},$$

$$2 \cdot d \cdot g_0^2 = a \cdot h^2, \quad a = \frac{2 \cdot d \cdot g_0^2}{h^2}. \quad q \cdot B \cdot g_0 = m \cdot \frac{2 \cdot d \cdot g_0}{h^2},$$

$$q \cdot B \cdot g_0 \cdot h^2 = 2 \cdot d \cdot m \cdot g_0^2$$

$$\frac{q}{m} = \frac{2 \cdot d \cdot g_0}{B \cdot h^2} \quad (1.1)$$

Для електричного поля: $\frac{U}{d} \cdot q = m \cdot a$, $d = \frac{a \cdot t^2}{2}$,

$$2 \cdot d = a \cdot t^2, \quad t = \frac{h}{g_0}, \quad 2 \cdot g_0^2 \cdot d = a \cdot h^2. \quad a = \frac{2 \cdot g_0^2 \cdot d}{h^2},$$

$$\frac{U}{d} \cdot q = m \cdot \frac{2 \cdot g_0^2 \cdot d}{h^2}, \quad U \cdot q \cdot h^2 = 2 \cdot g_0^2 \cdot d^2 \cdot m,$$

$$\frac{q}{m} = \frac{2 \cdot g_0^2 \cdot d^2}{U \cdot h^2} \quad (1.2)$$

Оскільки ліві частини рівностей (2.1) і (2.2) рівні, то рівні і їх праві частини:

$$\frac{2 \cdot d \cdot g_0}{B \cdot h^2} = \frac{2 \cdot g_0^2 \cdot d^2}{U \cdot h^2} \quad (1.3)$$

$$\frac{1}{B} = \frac{d \cdot g_0}{U} \quad (1.4)$$

$$g_0 = \frac{U}{B \cdot d} \quad (1.5)$$

Підставивши числові дані та провівши обрахунки отримаємо:

$$g_0 = \frac{U}{B \cdot d} = \frac{28840 \text{ В}}{1,15 \text{ Тл} \cdot 10^{-3} \text{ м}} = 25078 \cdot 10^3 \frac{\text{М}}{\text{с}} \approx \approx 2,5 \cdot 10^7 \frac{\text{М}}{\text{с}} = 2,5 \cdot 10^9 \frac{\text{сМ}}{\text{с}} \quad (1.6)$$

Таким чином Резерфорд отримав значення швидкості α – частинок, яка чисельно співпадала з отриманим ним же у 1903 р. значенням. Підставивши значення швидкості у формули (1.1) або (1.2) Резерфорд отримав значення питомого заряду α – частинок, що вказувало на те, що α – частинки – це потік іонізованих ядер гелію.

$$\frac{q}{m} = \frac{2 \cdot d \cdot g_0}{B \cdot h^2} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 2,5 \cdot 10^7 \frac{\text{М}}{\text{с}}}{1,1 \text{ Тл} \cdot (0,03 \text{ м})^2} = 50505050 \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}. \quad (1.7)$$

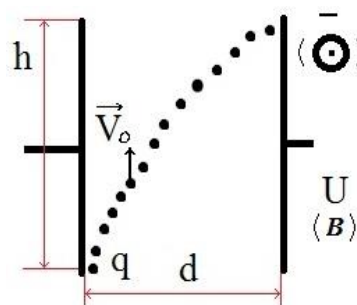


Рис. 2.13.

Сьогодні розглянутий фундаментальний експеримент носить більш історичне значення. Вже давно для визначення маси різних атомів і ядерних частинок використовують більш складні і точніші методи з використанням спеціального обладнання. Так радянський фізик Д.І. Блохінцев наводить кілька прикладів, які ілюструють точність сучасних вимірювань мас, виконаних через кілька десятиліть після смерті Резерфорда [4, С.61]. Поглинутий численними дослідженнями, Резерфорд менше за все думав про свій престиж. Однак по мірі знайомства вчених різних країн з його роботами, популярність Резерфорда росла. Молодого фізика вибрали членом канадського Королівського товариства, Американського фізичного товариства і Британської асоціації сприяння прогресу науки.

Справою цілого життя Резерфорда була робота, інтенсивна та виснажлива, яка залишала лише кілька коротких годин для відпочинку та сну. Рідкі поїздки в Європу та США (на сесії Американського фізичного товариства, які проводилися в Колумбійському університеті у Нью-Йорку) були короточасними і завжди використовувались у інтересах справи. Тим не менше вивчення радіоактивності ставило все нові і нові наукові проблеми.

Висновки: гелій був відкритий в спектрі сонячного проміння, потім в мінералах і ще пізніше Резерфордом у радіоактивному розпаді торію, урану і радю. Після його дослідів увага багатьох вчених була прикована до гелію. Розглянутий вище фундаментальний експеримент дозволив Резерфорду разом з Гейгером і Марсденом приступити до задуманої ними нової серії експериментів. Результати яких зробили справжній переворот у науці, який став самою драматичною сторінкою у фізиці нашого часу; Резерфорд відкрив атомне ядро і тим самим заснував нову винятково важливу науку – ядерну фізику. Крім того кожний проведений експеримент підвищував авторитет Резерфорда, як науковця. І сьогодні захоплює уміння Резерфорда виховувати талановиту молодь і керувати великою науковою школою. Відмітимо лише, що 12 з учнів Резерфорда стали лауреатами Нобелівської премії з фізики і хімії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жук О.О. Фізичний експеримент на екрані комп'ютера // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. – Чернігів: ЧДПУ, 2000 – №3. – С. 217-220.
2. Калапуша Л.Р., Муляр В.П. Дидактичні можливості комп'ютерного моделювання у вивченні фізики // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. – Чернігів: ЧДПУ, 2000. – №3. – С. 235-240.
3. Костюкевич Д.Я., Савченко В.Ф. Становлення та перспективи розвитку шкільного фізичного експерименту в Україні // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. – Чернігів: ЧДПУ, 2000. – №3. – С. 235-240.

4. Блохинцев Д.И. Рождение мирного атома. – М.: Атомиздат, 1977. – 325 с.
5. Фундаментальные опыты по физике в средних ПТУ / С.Л. Вольштейн, Н.И. Иванова, С.В. Позойский, В.В. Усанов. – Мн.: Выш. Школа, 1982. – 176 с.
6. Позойский С.В., Галузо И.В. О роли фундаментальных экспериментов в формировании методологического компонента знаний учащихся общеобразовательных учреждений // Физика. Проблемы обучения. – 2004. №3. – С. 3-6.
7. Костюкевич Д.Я. Фундаментальные опыты по физике в школьном демонстрационном эксперименте: Дисс. ... канд. пед. наук. – Киев, 1973. – 173 с.
8. Лазарчук В.В. Структурно-функціональна модель вивчення фундаментальних експериментів. Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Випуск 99. / Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка; гол.ред. Носко М.О. Чернігів: ЧНПУ, 2012. – С.357-362.

REFERENCES

1. Juk, O.O. The physical experiment on the computer screen // Bulletin Chernihiv State Pedagogical University named after Taras Shevchenko. – Chernigov: ChDPU, 2000 – №3. – P. 217-220.
2. Kalapusha, L.R., Mulyar, V.P. Didactic possibilities of computer simulation to study physics // Bulletin Chernihiv State Pedagogical University named after Taras Shevchenko. – Chernigov: ChDPU, 2000 – №3. – P. 64-66.
3. Kostyukevich, D.Y., Savchenko, V.F. Formation and prospects of development of school physical experiment in Ukraine // Herald Chernihiv State Pedagogical University named after Taras Shevchenko. – Chernigov: ChDPU, 2000. – №3. – P. 235-240.
4. Blokhintsev, D.I. Birth peaceful atom. – М.: Atomizdat, 1977. – 325 p.
5. Fundamental Experiments in physics at secondary vocational / S.L. Volshteyn, N.I. Ivanova, S.V. Pozoysky V.V. Usanov. – Мн.: Vysh. School, 1982. – 176 p.
6. Pozoysky, S.V., Galuzo, I.V. On role of fundamental experiment in formation of methodological component of knowledge in secondary school // Physics. Problems education. – 2004. №3. – P.3-6.
7. Kostyukevich, D.Y. Fundamentalnye Experiments in physics in ruler demonstratsyonnom eksperymente: Diss. ... Candidate. ped. Science. – Kiev, 1973. – 173 p.
8. Lazarchuk, V.V. Structural and functional model study of fundamental experiments. Bulletin Chernihiv National Pedagogical University named after Taras Shevchenko. Issue 99 / Chernihiv National Pedagogical University named after Taras Shevchenko, ed. Nosko M.O., Chernigov: ChNPU, 2012. – P. 357-362.

Modeling fundamental experiments, Rutherford research

V.V. Lazarchuk

Abstract. In the article the fundamental computer model of Rutherford experiment with the order of the model and the learning process for a wide range of virtual, physical model experiments with simulated on-screen processes. Within the program model proposed to create a separate visual components that serve as virtual and physical objects can dynamically interact while working model.

Keywords: Computer model, the fundamental experiment, computer, atom, α -particles, magnetic field