

УДК 004:37

Коновал О.А.<sup>1</sup>, Туркот Т.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Криворізького педагогічного інституту ДВНЗ «Криворізький національний університет»

<sup>2</sup>КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти»

## **КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЗАСІБ ПІДТРИМКИ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ**

*У статті показано переваги процесу самостійного навчання з використанням комп'ютерних дидактичних засобів, схарактеризовано дидактичні можливості комп'ютерних навчальних програм щодо моделювання фізичних процесів при вивченні теоретичної фізики. Запропоновано приклади завдань для самостійної роботи студентів з електродинаміки з використанням програми «Компонент».*

**Ключові слова:** електродинаміка, магнітне поле, електричне поле, самостійна робота студентів, моделювання, імітаційне моделювання, комп'ютерна програма, комп'ютерні засоби навчання, теоретична фізика.

Грунтовними дослідженнями М. Богданової [1], М.І. Бонч-Бруєвича [3], Жалдака [3], Г.Ф., Н.В. Морзе [11], Є.С. Полат [12], О.В. Співаковського [14] та ін. [6; 7; 8; 13;] доведена актуальність, доцільність та необхідність використання комп'ютерних технологій як засобів накопичення, збереження, опрацювання, трансформації і презентації інформації, що передбачає отримання особистістю нового знання та розвиває її інтелектуальні можливості. О.О. Комліченко [4], О.В. Малихін [10], Полат Е.С. [12] підкреслюють дидактичні переваги комп'ютерних технологій в організації самостійної роботи студентів (СРС).

Проте проблема дослідження дидактичних можливостей комп'ютерної підтримки самостійної діяльності суб'єктів навчання є різнобічною та об'ємною і потребує розлогіх наукових розвідок методико-практичологічної спрямованості. Саме тому метою нашого дослідження, результати якого ми передбачаємо оглядово висвітлити у пропонованій статті, є виявлення дидактичних можливостей комп'ютерного моделювання як засобу підтримки самостійної роботи студентів при вивченні теоретичної фізики.

Відомо, що деякі аспекти цієї навчальної дисципліни є досить складними для сприйняття за причини високої абстрактності матеріалу. У зв'язку з цим творчою групою викладачів Криворізького педагогічного інституту ДВНЗ «Криворізький національний університет», які працюють над реалізацією проекту «Дидактичні засади самостійної роботи студентів», розроблено, апробовано і упроваджено в навчальний процес комп'ютерні програми, які сприяють підвищенню якості самостійної навчально-пізнавальної діяльності студентів при вивченні теоретичної фізики. Згідно «золотого правила дидактики» для унаочнення її теоретичних положень з метою кращого сприйняття нами, створено й упроваджено на фізико-математичному факультеті комп'ютерні навчальні програми для:

- імітаційного моделювання залежності напруженості електричного та індукції магнітного полів електромагнітного поля (ЕМП) зарядженої частинки, що рухається рівномірно і прямолінійно, від швидкості її руху та кута спостереження;
- імітаційного моделювання розподілу у просторі струмів зміщення зарядженої частинки, що рухається рівномірно;
- моделювання результатів дослідів Біо та Савара;

Програма «Компонент» створена для моделювання відносності електричного й магнітного полів. Розроблений програмний продукт надає змогу моделювати поведінку компонент тензора  $f_{ik}$  електричного та магнітного полів в середовищі, а також компонент тензора поляризації та намагнічування  $m_{ik}$ .

Ми вважаємо, що необхідність використання методу комп'ютерного моделювання під час вивчення теми «Відносність електричного та магнітного полів» зумовлюється такими чинниками:

1. Методика вивчення явища відносності електричного та магнітного полів, як свідчить аналіз навчально-методичної літератури, має бути більш плідною, а тому потребує вдосконалення [5]. Ми зазначаємо, що в проблемі формування уявлень про електромагнітне поле важливим є розкриття наступних питань:

а) обґрунтування формул перетворення компонентів електромагнітного поля та на основі їх формування поняття про відносність поділу електромагнітного поля (ЕМП) на суто магнітне та суто електричне;

б) детальний аналіз електродинамічних прикладів та явищ, у яких виявляються властивості ЕМП (тепло Джоуля-Ленца, процес зарядки та розрядки конденсатора, потік електромагнітної енергії в колі постійного чи квазістаціонарного струму, взаємозв'язок між електричним та магнітним полями, що змінюються в часі та інше) [5].

2. Один із шляхів удосконалення методики вивчення теми «Відносність електричного та магнітного полів» полягає в моделюванні явища відносності електричного та магнітного полів.

3. Ознайомлення студентів з методами наукових досліджень – одна з найважливіших вимог принципів науковості та фундаменталізації при вивченні фізики. Серед багатьох методів наукового пізнання вагоме місце посідає метод моделювання, який використовується не лише у фізиці, а й у багатьох інших галузях науки.

4. Комп'ютерні моделі легко впроваджуються в структуру традиційних форм навчання, надають змогу викладачу моделювати природні явища, створювати абстрактні моделі, які в процесі вивчення курсу фізики описувались словесно або в суто формальному вигляді.

5. Комп'ютерні моделі є ефективним засобом активізації самостійної навчально-пізнавальної діяльності студентів, що відкриває перед викладачем широкі можливості щодо удосконалення навчально-виховного процесу.

На наш погляд, застосування методу моделювання в навчальному процесі – одне з актуальних питань сучасної педагогіки і відповідних методик. І це цілком закономірно, оскільки, сам процес формування знань пов'язаний з перетворенням у свідомості учня чи студента одних моделей на інші, які є похідними від перших, але точнішими, з більшим наближенням до дійсності. Використання моделей з навчальною метою допомагає виокремити й відобразити найважливіші для пізнання зв'язки в явищах, які часто бувають недоступними для безпосереднього спостереження, розкрити механізм перебігу відповідних процесів, ознайомити студентів з експериментальною базою сучасної фізики. Окрім, названих дидактичних можливостей, метод моделювання може бути використаний також для самостійної роботи студентів при вивченні фізики.

Метод математичного моделювання, який дозволяє звести дослідження явищ зовнішнього світу до математичних задач, посідає провідне місце серед інших методів дослідження, особливо у зв'язку з бурхливим розвитком обчислювальної техніки. Математичні моделі виявили себе також як важливий засіб стимулювання пізнавальної діяльності студентів.

Одним із можливих напрямів застосування методу математичного моделювання є дослідження відносності електричного і магнітного полів.

Електромагнітне поле, яке передає взаємодію між зарядженими частинками (ЗЧ), адекватно описується тензором електромагнітного поля.

Залежно від системи відліку (СВ), в якій спостерігається чи описується конкретна електромагнітна взаємодія, ЕМП виявляється або як електричне, або як магнітне, або як деяка суперпозиція електричного і магнітного полів («проекції» компонентів тензора ЕМП).

Найбільш повно сукупність уявлень про ЕМП можна сформулювати (звичайно разом з поясненням загальноприйнятих якісних прикладів), розглядаючи обґрунтування формул перетворення компонентів електромагнітного поля (ФПКЕМП), наслідки та застосування їх для аналізу різноманітних електродинамічних задач [5; 9; 15].

Якщо в довільній точці простору  $(x', y', z')$  і в довільний момент часу  $t'$  інерційної системи відліку (ІСВ)  $K'$  відомі напруженість електричного поля  $\vec{E}'$  та магнітна індукція  $\vec{B}'$  електромагнітного поля, то значення полів  $\vec{E}$  та  $\vec{B}$  в тій самій просторово-часовій точці СВ  $K$ , відносно якої СВ  $K'$  рухається вздовж вісі  $OX$  із швидкістю  $\vec{V} = const$ , визначаються формулами перетворення компонентів електромагнітного поля [9; 15]:

$$E_x = E'_x, \quad E_y = \Gamma(E'_y + V B'_z), \quad E_z = \Gamma(E'_z - V B'_y) \quad (1)$$

$$B_x = B'_x, \quad B_y = \Gamma\left(B'_y - \frac{V}{c^2} E'_z\right), \quad B_z = \Gamma\left(B'_z + \frac{V}{c^2} E'_y\right) \quad (2)$$

де  $\Gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$ ,  $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$  - швидкість світла у вакуумі.

Дидактично важливою є можливість моделювати поведінку не тільки векторів  $\vec{E}$  та  $\vec{B}$ , а й векторів намагнічування і поляризації  $(\vec{I}, \vec{P})$ , а також векторів напруженості магнітного поля  $\vec{H}$  та індукції електричного поля  $\vec{D}$ .

Так, при переході від СВ  $K'$  до СВ  $K$  вектори намагнічування і поляризації  $(\vec{I}, \vec{P})$  перетворюються за формулами:

$$P_x = P'_x, \quad P_y = \Gamma\left(P'_y - \frac{V}{c^2} I'_z\right), \quad P_z = \Gamma\left(P'_z + \frac{V}{c^2} I'_y\right) \quad (3)$$

$$I_x = I'_x, \quad I_y = \Gamma(I'_y + V E'_z), \quad I_z = \Gamma(I'_z - V E'_y) \quad (4)$$

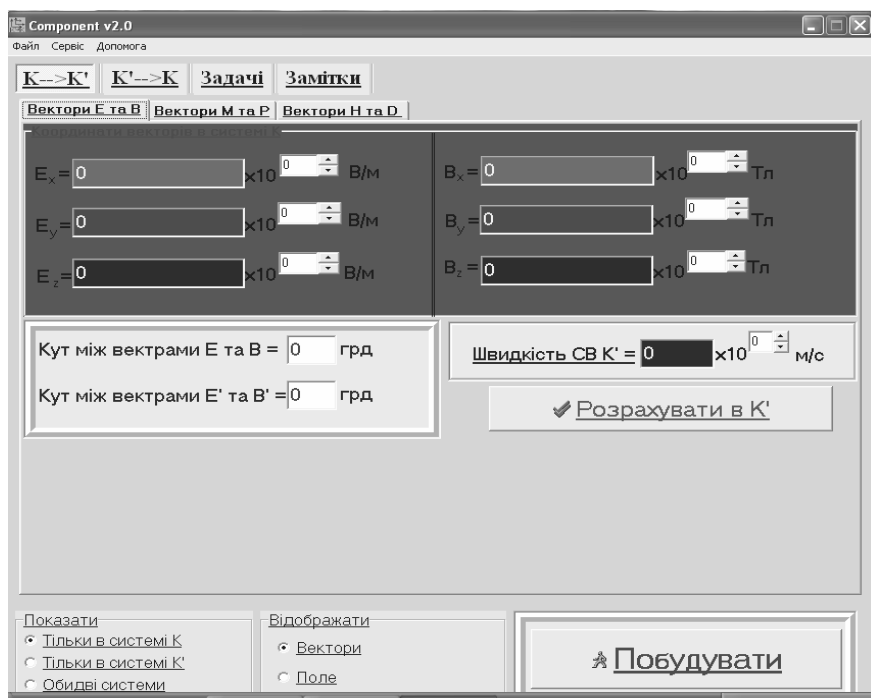
а вектори напруженості магнітного поля  $\vec{H}$  та індукції електричного поля  $\vec{D}$  перетворюються згідно з формулами:

$$H_x = H'_x, \quad H_y = \Gamma\left(H'_y - \frac{V}{c^2} I'_z\right), \quad H_z = \Gamma\left(H'_z + \frac{V}{c^2} I'_y\right) \quad (5)$$

$$D_x = D'_x, \quad D_y = \Gamma\left(D'_y - \frac{V}{c^2} I'_z\right), \quad D_z = \Gamma\left(D'_z + \frac{V}{c^2} I'_y\right) \quad (6)$$

Для більш наочної демонстрації основних наслідків ФПКЕМП (виявів явища відносності електричного і магнітного полів) було розроблено, як уже зазначалося, програмний продукт «Компонент». Ця програма складається з 3-х модулів: «Компонент  $K \rightarrow K'$ » (за допомогою якого можна прослідкувати за поведінкою векторів поля  $\vec{E}, \vec{B}, \vec{I}, \vec{H}$  при переході від СВ  $K$  до СВ  $K'$ ), «Компонент  $K' \rightarrow K$ » (за допомогою якого можна прослідкувати за поведінкою названих вище векторів поля при переході із СВ  $K'$  до СВ  $K$ ) та модуля «ЗАДАЧІ» (за допомогою якого можна розв'язати деякі задачі з окресленої теми).

Проаналізуємо основні особливості використання програмного продукту «Компонент». Після запуску програми перед користувачем з'явиться вікно програми (Мал. 1).

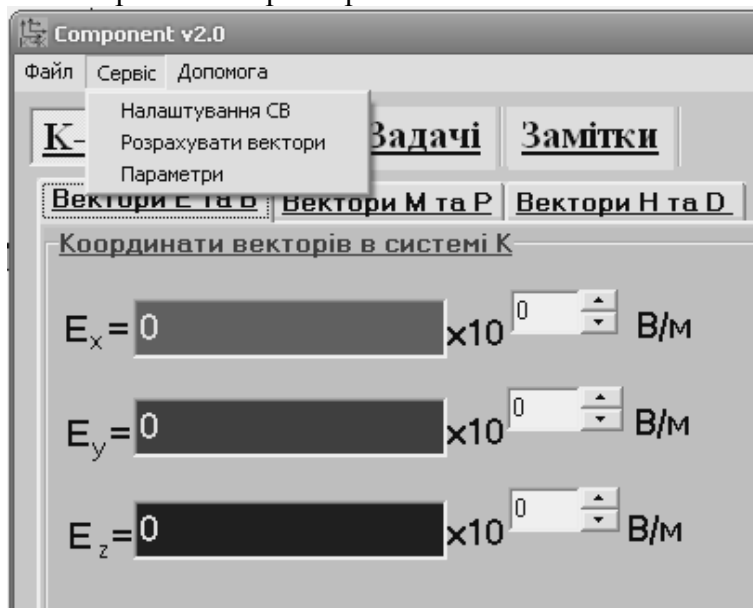


Мал. 1. Головне вікно програми

Розглянемо основні елементи цього вікна. Як бачимо, головне меню програми представлено такими елементами, як-от: Файл, Сервіс, Допомога. У закладці «Файл» можна очистити головне вікно або ж закрити програму.

«Налаштування СВ». Указане меню застосовується для налагодження системи координат, а також для визначення меж значень відповідних векторів (наприклад,  $E_x^{max} = E_y^{max} = E_z^{max}$  та  $B_x^{max} = B_y^{max} = B_z^{max}$ ). У ньому можна задати як кольори осей системи координат, так і кольори векторів.

Закладка «Сервіс» передбачає декілька важливих пунктів (Мал. 2): 1. «Налаштування СВ». 2. «Розрахувати вектори». 3. «Параметри».



Мал. 2. Елементи закладки «Сервіс»

У вікні «Розрахувати вектори» можна в автоматичному режимі підрахувати вектори електричного і магнітного полів при переході від СВ  $K$  до СВ  $K'$  або навпаки (Мал. 3).

Мал. 3. Розрахунок компонентів векторів

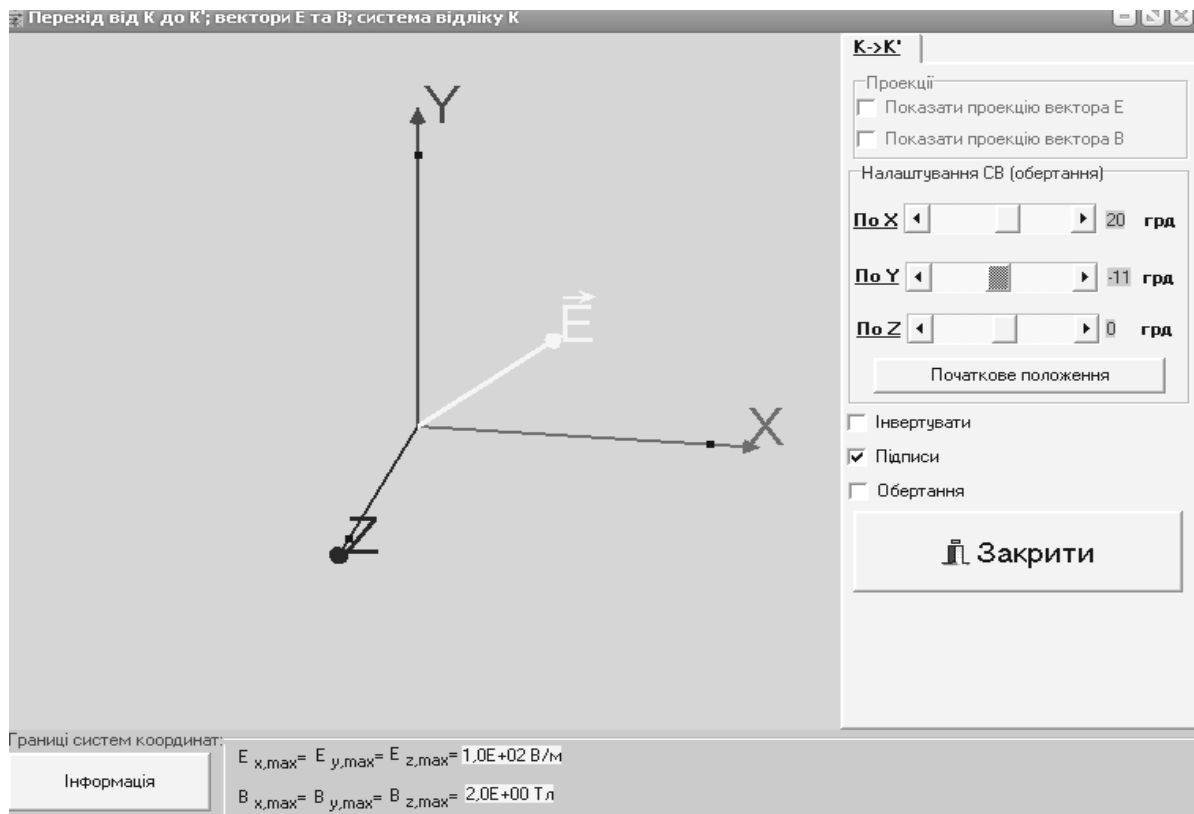
«Параметри» – вікно, яке слугує для вибору клієнтської області програми залежно від розподільчої здатності окремо взятого монітора (розміри екрану).

Ознайомившись з елементами меню, перейдемо до розгляду питань, що пов'язані з роботою програми.

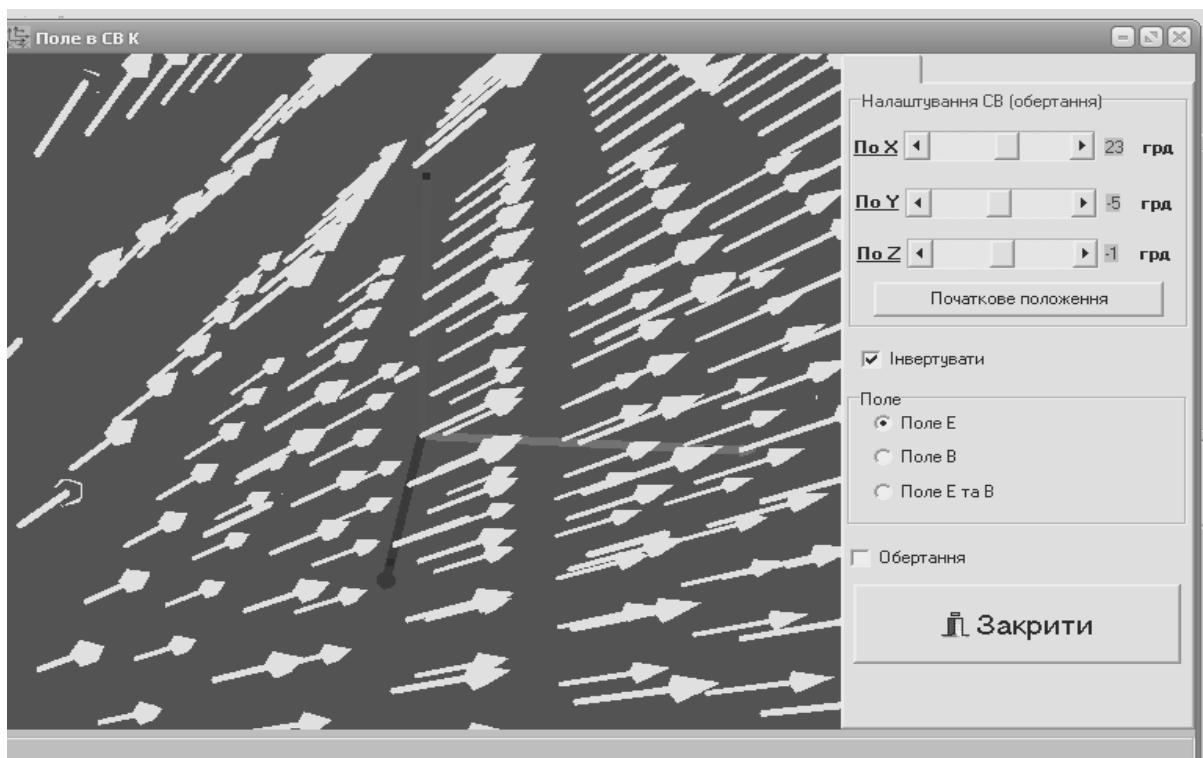
Для прикладу розглянемо роботу з модулем переходу від СВ  $K$  до СВ  $K'$  (аналогічно використовується і модуль переходу від СВ  $K'$  до СВ  $K$ ) (Мал. 4.).

Мал. 4. Область вводу компонентів поля

Після введення відповідних компонентів поля (як показано на Мал. 4), користувач може вибрати два різних види показу результатів: поодиноким вектором (Мал. 5) та полем (Мал. 6).

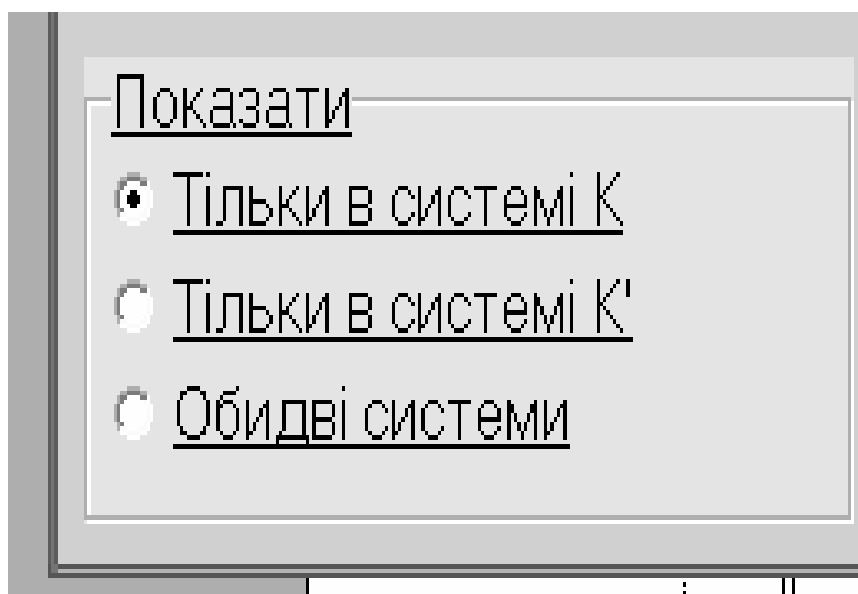


Мал. 5. Результат побудови вектора



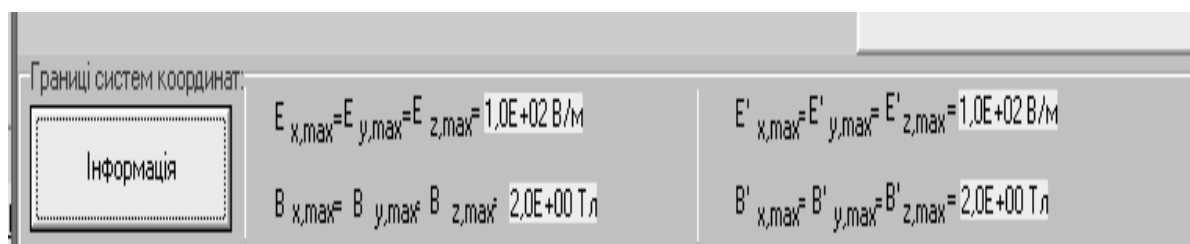
Мал. 6. Результат побудови поля

Для кожного випадку можна вибрати СВ, в якій буде виконано побудову (Мал. 7).



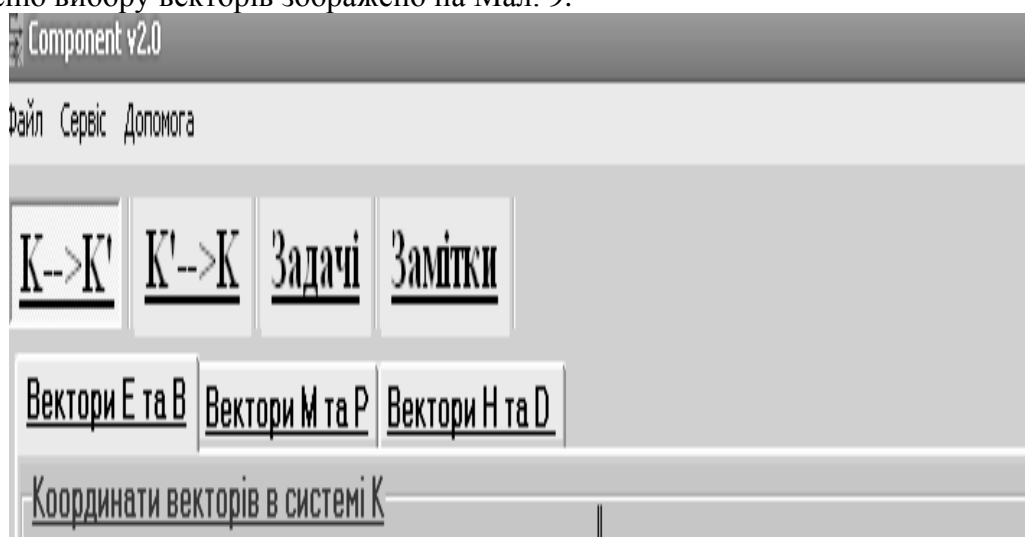
Мал. 7. Вибір системи відліку для отримання результатів обчислення

Під час побудови векторів у нижній частині вікна (Мал. 8) показано граничні значення проєкцій компонентів електромагнітного поля для конкретного випадку.



Мал. 8. Граничні значення проєкцій векторів поля

Умови роботи з векторами  $\vec{M}$  і  $\vec{P}$ ,  $\vec{H}$  та  $\vec{D}$  такі ж, як і для описаних вище векторів  $\vec{E}$  та  $\vec{B}$ . Меню вибору векторів зображено на Мал. 9.



Мал. 9. Закладки для вибору різних векторів

Тепер детальніше зупинимося на висвітленні дидактичних особливостей модуля розв'язання задач (модуль розв'язання задач поданий на малюнку 10).

За допомогою цього модуля можна демонструвати деякі наслідки формул перетворення компонент електромагнітного поля.

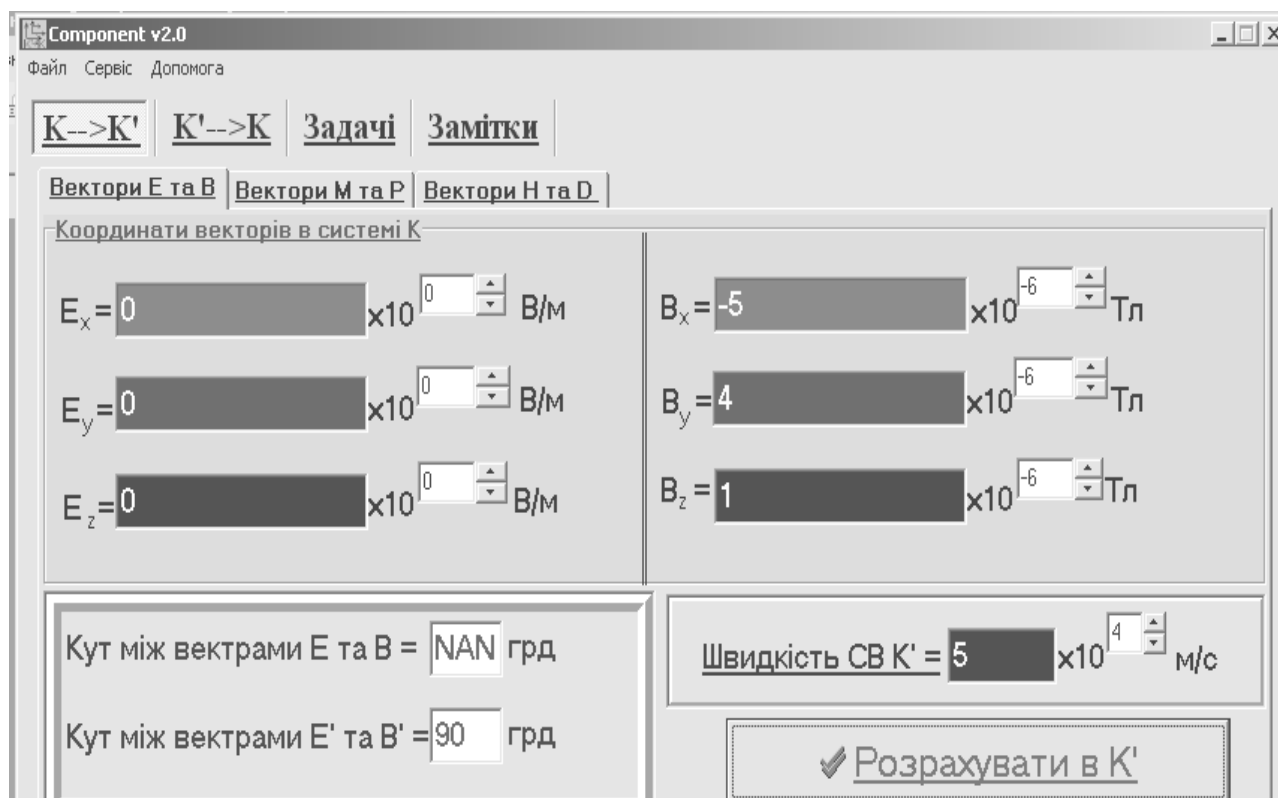
Зокрема:

- знаходження величини та напрямку швидкості, з якою повинна рухатися СВ  $K'$  відносно СВ  $K$ , щоб у СВ  $K$  напруженість електричного поля  $\vec{E} = 0$ ;
- знаходження величини та напрямку швидкості, з якою повинна рухатися СВ  $K'$  відносно СВ  $K$ , щоб в СВ  $K'$  індукція магнітного поля  $\vec{B} = 0$ .

Як приклад розглянемо завдання з електродинаміки, виконання якого потребує використання програми «Компонент».

Довести, що якщо в деякій системі відліку є тільки електричне або тільки магнітне поле, то в будь-якій іншій системі відліку спостерігається і електричне і магнітне поля, причому вектори  $\vec{B}$  і  $\vec{E}$  перпендикулярні між собою.

На допомогу студентам у самостійному виконанні завдання пропонуємо такі рекомендації. У головному вікні програми вводимо будь-які значення компонентів проекції вектора, наприклад, як показано на Мал. 10, у відповідні поля, та вказуємо швидкість руху системи відліку  $K'$ .



Мал. 10. Компоненти вектора  $\vec{B}$

Після натискання кнопки «Розрахувати в  $K'$ », бачимо, що дійсно в СВ  $K'$  буде існувати як вектор  $\vec{E}'$ , так і вектор  $\vec{B}'$ , причому кут між ними буде дорівнювати  $90^\circ$  (Мал. 11., Мал. 12.). Щоб побачити графічний розв'язок задачі потрібно натиснути кнопку «Побудувати», попередньо вибравши відповідну систему координат (наприклад, як показано на Мал. 11). Результат побудови зображений на рис 12.



Координати векторів в системі K'

$E'_x = 0,00000000000000 \times 10^{+00}$ В/м	$B'_x = -5,00000000000000 \times 10^{-06}$ Тл
$E'_y = -5,00000000000000 \times 10^{-02}$ В/м	$B'_y = 4,00000000000000 \times 10^{-06}$ Тл
$E'_z = 2,00000000000000 \times 10^{-01}$ В/м	$B'_z = 1,00000000000000 \times 10^{-06}$ Тл

Показати

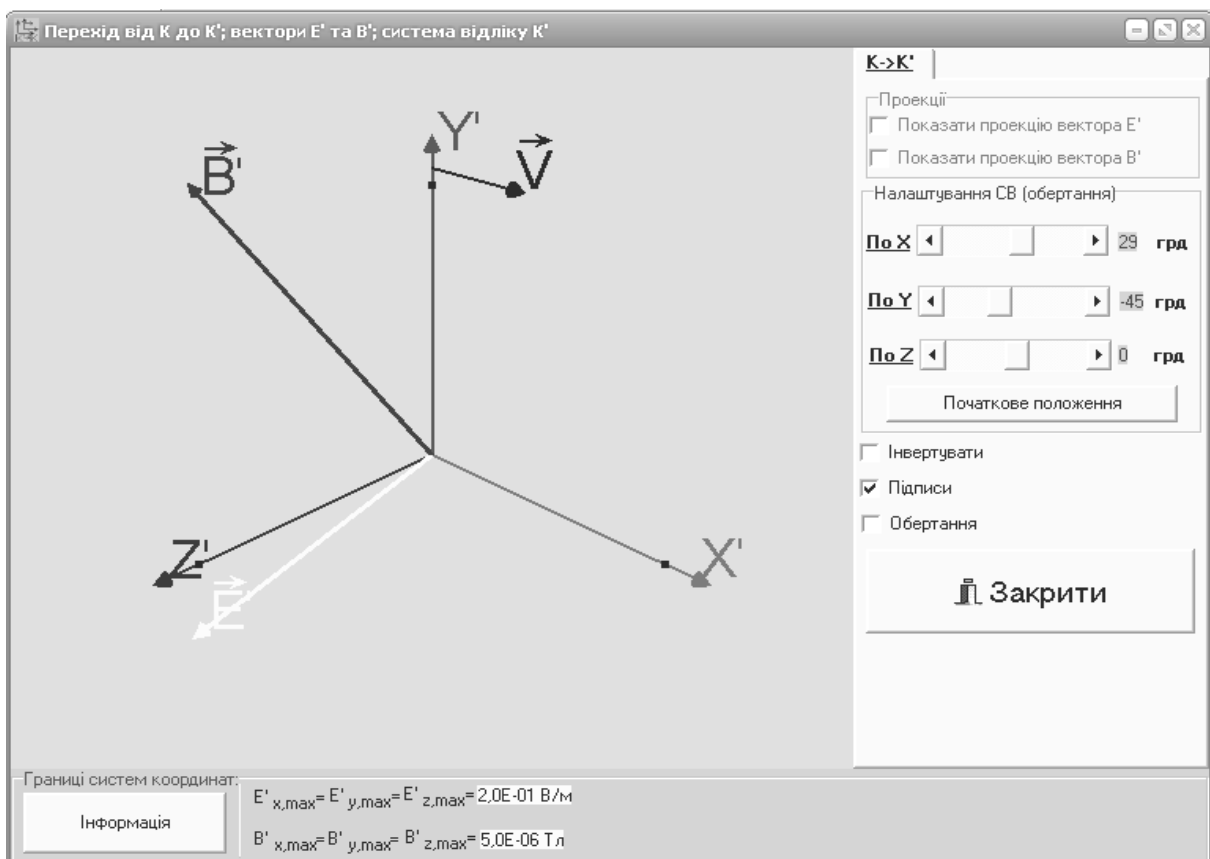
- Тільки в системі K
- Тільки в системі K'
- Обидві системи

Відображати

- Вектори
- Поле

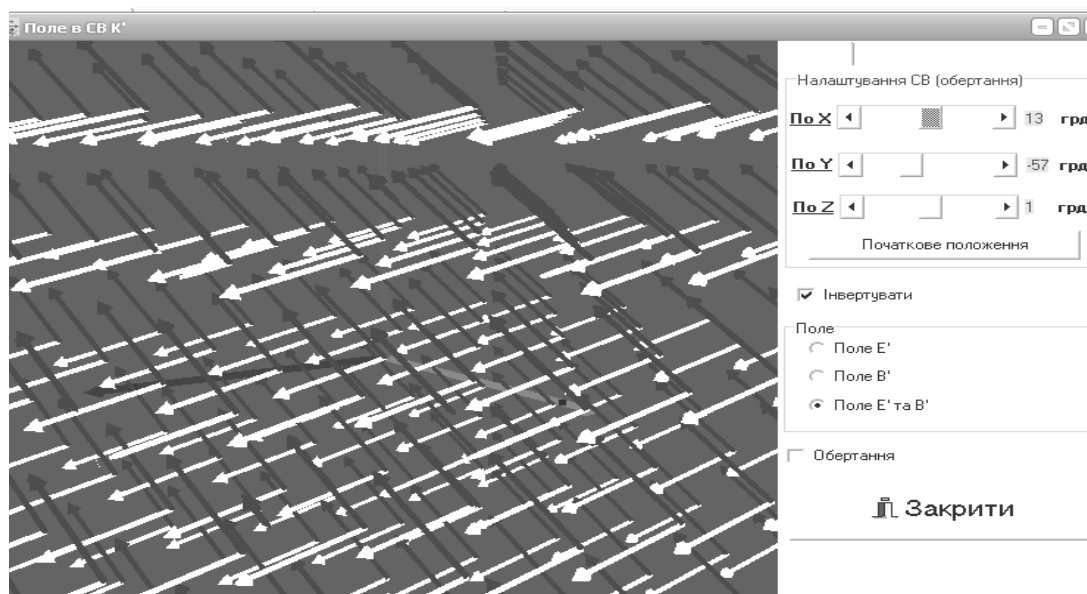
**Побудувати**

Мал. 11. Результат аналітичного розрахунку



Мал. 12. Результат побудови векторів поля.

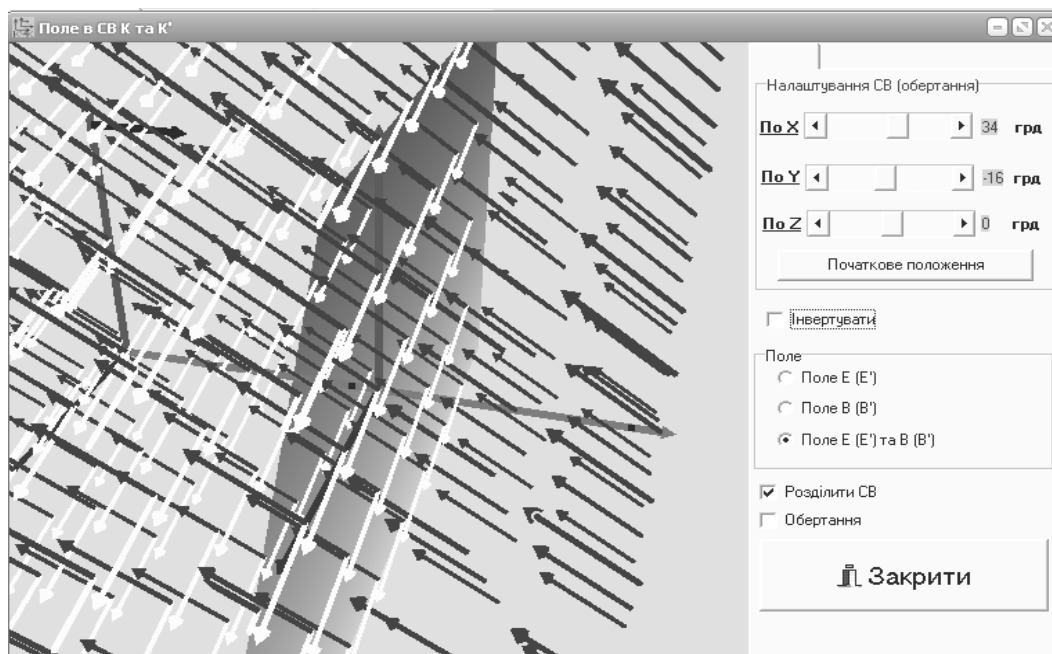
Якщо ж вибрати відображення результату у вигляді поля, то можна буде побачити картинку, яка зображена на Мал. 13.



Мал. 13. Результати побудови структури електромагнітного поля в СВ  $K'$

На Мал. 13 видно, що в системі  $K'$  існує як електрична складова ЕМП так і магнітна складова ЕМП. Також чітко видно, що кут між ними дорівнює  $90^\circ$ .

Якщо задати одночасно показ картин поля у системі відліку  $K'$  та  $K$ , то можна буде спостерігати картинку, що зображена на Мал. 14. Тут червоно-зелена площина є умовною поділкою систем відліку: у цьому випадку зліва зображена система відліку  $K'$ , а справа – система відліку  $K$ .



Мал. 14. Результати побудови (у вигляді поля)

**Резюмуючи** підкреслимо, що досвід діяльності кафедри фізики та методики її навчання Криворізького педагогічного інституту ДВНЗ «КНУ» засвідчує необхідність використання комп'ютерного моделювання, як засобу підвищення якості самостійної роботи

студентів, формування у них стійкого інтересу до дослідницької діяльності при вивченні фізики.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Богданова І. М. Технології в освіті : теоретико-методологічний аспект : [Монографія] / Інна Михайлівна Богданова. – Одеса : «ТЕС», 1999.-146 с.
2. Бонч-Бруєвич Г. Ф. Методика застосування технології SMART Board в навчальному процесі : [навчальний посібник] / Г. Ф. Бонч-Бруєвич, В. О. Абрамов, Т. І. Носенко. – К. : КМП ім. Б. Д. Грінченка. – 2007. – 102 с.
3. Жалдак М. И. Система подготовки учителя к использованию информационных технологий в учебном процессе : автореф. дисс. на соискание учен. степ. докт. пед. наук : 13.00.02 «Теория та методика обучения информатике» / М. И. Жалдак. – М., 1989. – 48 с.
4. Комліченко О. О. Використання електронних підручників як одна з форм організації самостійної роботи студентів / О. О. Комліченко // Наука і методика : [зб. наук.-метод. праць]. – К. : Аграрна освіта, 2006. – Вип. 7 – С. 75-80.
5. Коновал О. А. Теоретичні та методичні основи вивчення електродинаміки на засадах теорії відносності : [монографія] / Олександр Андрійович Коновал. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2009. – 346 с.
6. Конструювання і змістове наповнення електронних підручників навчально-пізнавальним і операційно-діяльним матеріалом / В. П. Волинський, О. С. Красовський, О. С. Черноус, Т. В. Якушина // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2011. – №2. – С. 41-43.
7. Кухаренко В. П. Використання вебінару у навчальному процесі / В. П. Кухаренко // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2011. – № 2 – С. 12-16.
8. Лавров Є. А. Створення електронного курсу з адаптацією до стилів навчання / Є. А. Лавров, Н. Л. Барченко // Наука і методика, 2009. – №17. – С.41-45.
9. Ландау Л. Д. Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : Наука, 1973. – 504 с.
10. Малихін О. В. Організація самостійної навчальної діяльності студентів вищих педагогічних навчальних закладів: теоретико-методологічний аспект : [монографія] / Олександр Володимирович Малихін. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2009. – 307 с.
11. Морзе Н. В. Моделі ефективного використання інформаційно- комунікаційних та дистанційних технологій у вищому навчальному закладі [Електронний ресурс] / Н.В. Морзе // Інформаційні технології і засоби навчання – 2008. – Випуск 2(6). – Режим доступу : <http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/ITZN/em6/emg.html>
12. Полат Е. С. Дистанционное обучение: проблемы и перспективы / Е. С. Полат // Открытая школа. – 2009. – № 1. – С. 39-43.
13. Ситник І. Інтерактивна дошка SMATR Board святкує свій 20-річний ювілей / Ігор Ситник // Інформатика та інформаційні технології в навчальних закладах. – 2011. – №4-5. – С. 111-113.
14. Співаковський О.В. Теоретико-методичні основи навчання вищої математики майбутніх учителів математики з використанням інформаційних технологій : автореф. на здобуття наук. ступеня дис. доктора пед.наук. : 13.00.02 «Теорія та методика навчання математики» / О. В. Співаковський. – К., 2004. – 48с.
15. Угаров В.А. Специальная теория относительности / В. А. Угаров. – М. : Наука, 1977. – 384 с.

Стаття надійшла до редакції 20.08.13

**Konov O.A.<sup>1</sup>, Turkot T.I.<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup> Krivoy Rog Pedagogical Institute SHEI "Krivoy Rog National University"**

**<sup>2</sup> KHEI "Kherson Academy of Continuing Education"**

### COMPUTER SIMULATION AS A SUPPORT OF INDEPENDENT WORK OF STUDENTS IN STUDING THEORETICAL PHYSICS

The article reveals advantages of the process of self-study with use of computer didactic means, distinguishes didactic facilities of computer educational programs as to modeling of physical processes on the example of tasks in electrodynamics for self study of students with applying of the program «Component». It is offered examples of tasks for self study in electrodynamics for students with applying of the program «Component».

**Key words:** electrodynamics, magnetic field, electric field, self study of students, modeling, simulation models, computer program, computer means, Theoretical Physics .

Коновал А.А.<sup>1</sup>, Туркот Т.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Криворожский педагогический институт ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

<sup>2</sup>КВУЗ «Херсонская академия непрерывного образования»

### **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СРЕДСТВО ПОДДЕРЖКИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ**

В статье показаны преимущества процесса самостоятельного обучения с использованием компьютерных дидактических средств, охарактеризованы дидактические возможности компьютерных учебных программ относительно моделирования физических процессов при изучении теоретической физики. Предложены примеры заданий для самостоятельной работы студентов по электродинамике с использованием программы «Компонент».

**Ключевые слова:** электродинамика, магнитное поле, электрическое поле, самостоятельная работа студентов, моделирование, имитационное моделирование, компьютерная программа, компьютерные средства обучения, теоретическая физика.