

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЗАРЯДЖЕНОЇ ЧАСТИНКИ В МАГНІТНОМУ ПОЛІ В СЕРЕДОВИЩІ ЕЛЕКТРОННИХ ТАБЛИЦЬ

Ю.В. Єчкало

Криворізький державний педагогічний університет

Постановка проблеми. Одним з найважливіших завдань розвитку національної школи в Україні є досягнення якісно нового рівня у вивченні всіх базових предметів, зокрема фізики. Особливу роль у вирішенні цього завдання відіграє застосування сучасних інформаційно-комунікаційних технологій навчання (ІКТ). Впровадження ІКТ дає змогу ефективніше використовувати творчий досвід фахівців, відкриває широкі можливості для реалізації науково-технічних задумів.

Інформаційні технології значно відрізняються між собою, оскільки у їх основу можуть бути покладені різні теоретичні засади. Крім того, комп'ютер в них виконує неоднакові навчальні функції і реалізує їх по-різному. Проте, важливою є проблема ефективного поєднання нових і традиційних технологій навчання. Пошук шляхів вирішення цієї проблеми приводить до необхідності використання комп'ютерного моделювання при вивченні фізики.

Аналіз останніх досліджень. Використання технології комп'ютерного моделювання, залучення ІКТ у викладання фізики є вимогою часу. Одним із перших вітчизняних дослідників, який розглянув психолого-педагогічні аспекти комп'ютерного навчання, є Ю.І. Машбиць. Характеризуючи дидактичні можливості комп'ютерної технології навчання, вчений зазначає, що ніколи ще вчитель не одержував такого потужного засобу навчання, яким є комп'ютер. «Жоден технічний засіб, що використовувався досі, за своїми дидактичними можливостями не може з ним зрівнятися. Ці можливості ще не розкриті до кінця, але й те, що вже відомо, вселяє великі надії» [1, с. 11]. Провідні методисти [2, 3] вважають, що шкільний курс фізики належить до тих навчальних дисцип-

лін, де використання ІКТ дозволяє суттєво активізувати пізнавальну діяльність школярів. При цьому слід мати на увазі, що «використання комп'ютера повинне бути адекватним розв'язуваній навчальній задачі, а не даниною моді» [4, с. 64]. Це означає, що комп'ютер слід використовувати лише у тих ситуаціях, коли без нього або неможливо обійтися взагалі, або вирішення проблеми виявиться неефективним.

На заняттях з фізики навчальних закладах середньої освіти доцільно використовувати комп'ютер, щоб змодельовати ефекти, вивчення яких у реальних умовах неможливе або дуже утруднене внаслідок технічних причин.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Опишемо наш досвід застосування комп'ютерного моделювання при вивченні фізики на прикладі моделі руху зарядженої частинки в магнітному полі, ставлячи за мету одержання всіх можливих траєкторій її руху. В якості середовища моделювання використаємо електронні таблиці.

Основна частина. З підручника фізики учням відомо, що коли заряджена частинка рухається в однорідному магнітному полі, перпендикулярному до площини, в якій відбувається рух, її траєкторією є коло. При цьому частота $\omega = \frac{qB}{m}$ і період $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{qB}$ не залежать від швидкості частинки і радіуса траєкторії.

Змодельуємо траєкторію руху частинки. Візьмемо у якості Δt деяку частину періоду, наприклад, $\Delta t = T / 100$, і послідовно нарощуючи $\varphi = \omega t$, будемо обчислювати координати x та y :

$$x = R (1 - \cos\varphi), \quad (1)$$

$$y = R \sin\varphi. \quad (2)$$

Система рівнянь (1), (2) є математичною моделлю руху заряду в магнітному полі, якщо лінії індукції магнітного поля напрямлені перпендикулярно до початкової швидкості заряду.

Конкретизуємо умову для частинки масою $9 \cdot 10^{-31}$ кг та зарядом $+1,6 \cdot 10^{-}$

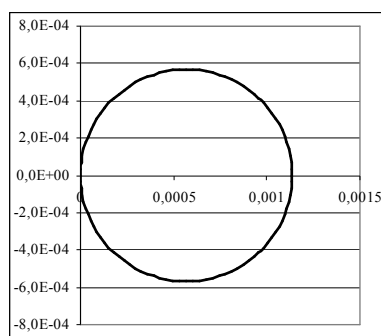
¹⁹ Кл, що влітає в магнітне поле індукцією 0,1 Тл перпендикулярно силовим лініям поля з початковою швидкістю $0,2 \cdot 10^7$ м/с. Заповнимо перший рядок таблиці (стовпці від А до D включно) іменами змінних (t, φ, x, y) та стовпець Е («Дано:») вказаними вище вхідними даними. Решта ключових комірок цієї таблиці має вміст, поданий в таблиці 1.

Таблиця 1

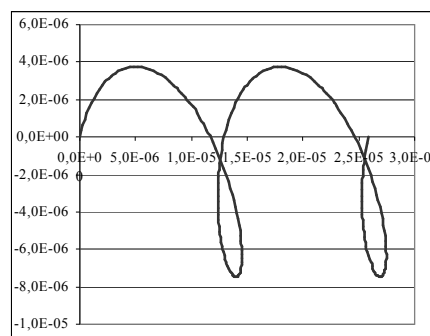
комірка	формули/числа	примітка
F7	=F\$3*F\$4/F\$2	
F8	=F\$2*F\$5/(F\$3*F\$4)	
F9	=2*ПИ()/F\$7	
F10	=F\$9/100	
A2	0	
B2	0	
C2	=F\$8*(1-COS (B2))	копіювати в C3 і C4
D2	=F\$8*SIN (B2)	копіювати в D3 і D4
A3	=A2+F\$10	копіювати в A4
B3	=B2+F\$7*F\$10	копіювати в B4

Примітка: всі формули 4-го рядка (від А4 по D4) копіюються у наступні до 102-го включно.

На рисунку 1, а показана колова траєкторія частинки – графік залежності $y = y(x)$.



a



б

Рис. 1

Відомо, що траєкторія руху зарядженої частинки у випадку, коли її швидкість утворює з напрямком однорідного магнітного поля довільний кут α , являє собою гвинтову лінію, вісь якої співпадає з напрямом \vec{B} . Напрямок, у якому закручується траєкторія, залежить від знаку заряду частинки.

Побудуємо траєкторію. За найменший проміжок часу, який відділяє один крок обчислень від іншого, візьмемо $1/100$ періоду (тобто $\Delta t = T / 100$). Для зображення тривимірної спіралі на двовимірному пласкому екрані скористаємося наступним прийомом. Введемо координати, в яких частинка, що має координати x, y , буде зображуватись не в точках x, y , а зміститься вправо по x і вниз – по y в залежності від координати z . Отримаємо нові значення координат:

$$x_1 = x + \frac{z}{\sqrt{2}}, \quad (3)$$

$$y_1 = y - \frac{z}{2\sqrt{2}}. \quad (4)$$

Система рівнянь (3), (4) є математичною моделлю руху зарядженої частинки в магнітному полі, якщо її швидкість утворює з напрямом силових ліній поля кут α .

Візьмемо частинку з тією самою масою та зарядом, що і в попередньому випадку, яка влітає в однорідне магнітне поле індукцією $B=1$ Тл з початковою швидкістю $v = 10^6$ м/с під кутом $\alpha = 1,2$ рад до силових ліній. Такі значення основних параметрів забезпечують гарну наочність діаграми. Ввівши додаткові стовпці E, F та G (для розрахунку координат z, x_1 та y_1 відповідно) і заповнивши комірки стовпця I («Дано:») вихідними даними, заповнимо інші комірки відповідно до таблиці 2. Траєкторія частинки – графік залежності $y_1=y_1(x_1)$ – показана на рис. 1, б.

Таблиця 2

комірка	формули/числа	примітка
I7	$=I3*I4/I2$	
I8	1.2	
I9	$=I5*\text{COS}(I8)$	
I10	$=I5*\text{SIN}(I8)$	
I11	$=I2*I10/(I3*I4)$	
I12	$=2*\text{PI}()/I7$	
I13	$=I12/100$	
A2	0	
B2	0	
C2	0	

комірка	формули/числа	примітка
D2	=SI\$11*SIN(B2)	копіювати в D3, D4
E2	=SI\$11*(1-COS(B2))	копіювати в E3, E4
F2	=C2+E2/2^0.5	копіювати в F3, F4
G2	=D2-E2/(2*(2^0.5))	копіювати в G3, G4
A3	=A2+SI\$13	копіювати в A4
B3	=B2+SI\$7*SI\$13	копіювати в B4
C3	=C2+SI\$9*SI\$13	копіювати в C4

Примітка: всі формули 4-го рядка (від A4 по G4) копіюються у наступні до 102-го включно.

Два попередні випадки ілюстрували поведінку частинки в однорідному магнітному полі. Побудуємо тепер траєкторію руху частинки, що влітає в *неоднорідне* магнітне поле під кутом α до напрямку ліній магнітної індукції. Ввівши додатковий стовпець для B (яка в цьому випадку є змінною величиною) та діючи аналогічно попереднім випадкам, можна отримати досить цікавий ефект – «виштовхування» зарядженої частинки з області більш сильного поля. Вміст ключових комірок відповідної електронної таблиці (виключаючи стовпець «Дано:») подано в таблиці 3. Траєкторію руху частинки приведено на рисунку 2.

Таблиця 3

комірка	формули/числа	примітка
L7	=\$L\$4*COS(\$L\$6)	
L8	=\$L\$4*SIN(\$L\$6)	
L9	=2*ПИ()/SC\$2	
L10	=\$L\$9/100	
A2	0	
B2	1	
C2	=\$L\$3*B2/\$L\$2	копіювати в C3, C4
D2	=\$L\$2*\$L\$8/(\$L\$3*B2)	копіювати в D3, D4
E2	0	
F2	0	
G2	=D2*SIN(E2)	копіювати в G3, G4
H2	=D2*(1-COS(E2))	копіювати в H3, H4
I2	=F2+H2/2^0.5	копіювати в I3, I4
J2	=G2-H2/(2*(2^0.5))	копіювати в J3, J4
A3	=A2+\$L\$10	копіювати в A4
B3	=B2+0.005	копіювати в B4

комірка	формули/числа	примітка
E3	=E2+C3*\$L\$10	копіювати в E4
F3	=F2+\$L\$7*\$L\$10	копіювати в F4

Примітка. Всі формули 4-го рядка (від A4 по F4) копіюються у наступні до 202-го включно.

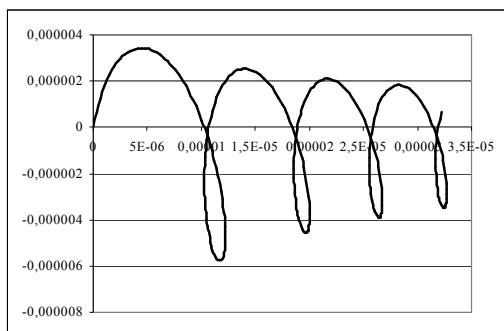


Рис. 2

Висновки. Комп'ютерне моделювання з фізики сприяє актуалізації та поглибленню міжпредметних зв'язків, забезпечує єдиний методологічний підхід до розв'язування широкого кола задач, формує культуру ведення дослідницької діяльності і створює реальну основу для удосконалення методики навчання фізики в навчальних закладах середньої освіти шляхом розширення і поглиблення виучуваної предметної галузі за рахунок надання учням можливості моделювання процесів і явищ. У якості середовища для моделювання виправданим є використання електронних таблиць [5].

ЛІТЕРАТУРА

1. Машбиц Е.И. Психолого-педагогические проблемы компьютеризации обучения (Педагогическая наука – реформе школы). – М.: Педагогика, 1988. – 192 с.
2. Сільвейстр А.М. Комп'ютер як засіб активізації пізнавальної діяльності учнів // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – № 3. – С. 10–12.
3. Бугайов О.І., Коваль В.С. Комп'ютерна підтримка курсу фізики в середній школі: реальність і перспективи // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – №3. – С. 16–19.
4. Теплицький І.О. Комп'ютерне моделювання в школі як засіб розвитку творчого мислення учнів // Рідна школа. – 2000. – № 9. – С. 63–66.
5. Соловйов В.М., Семеріков С.О., Теплицький І.О. Інструментальне забезпечення курсу комп'ютерного моделювання // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2000. - № 2. – С. 28–32.

Одним из важнейших заданий развития национальной школы в Украине является достижение качественно нового уровня в изучении всех базовых предметов, в частности физики. Особенную роль в выполнении этого задания играет применение в процессе обучения компьютерного моделирования, что создает основу для совершенствования методики преподавания физики.