

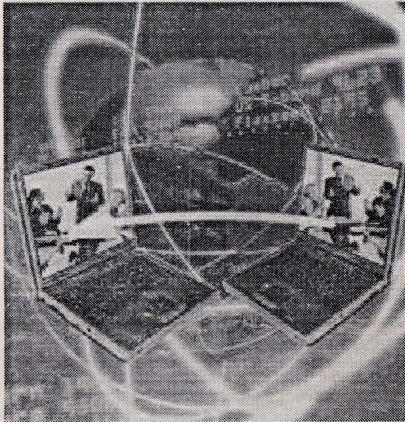
37.01(082)

с91

*Міністерство освіти і науки України  
Криворізький державний педагогічний університет  
Національна металургійна академія України  
Кременчуцький інститут економіки та нових технологій*

### **III Всеукраїнська конференція**

## **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАУЦІ ТА ОСВІТІ**



**Збірка наукових праць  
Том 2**

**Кривий Ріг  
2003**

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДОСЛІДУ РЕЗЕРФОРДА В СЕРЕДОВИЩІ ЕЛЕКТРОННИХ ТАБЛИЦЬ

Ю.В. Єчкало, І.О. Теплицький

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

При вивченні загального курсу фізики провідну роль відіграє демонстраційний і лабораторний експеримент. Процес комп'ютеризації освіти додав до арсеналу дидактичних засобів методики викладання фізики новий потужний інструмент – комп'ютер, з яким сьогодні пов'язують нові оптимістичні надії й сподівання. Але оскільки останнім часом справа доходить до фетишизації комп'ютера, вважаємо за доцільне нагадати, що він стає дійсно ефективним, насамперед, за умови *адекватного* використання.

Як зазначається в [1], “комп'ютер є чудовим засобом для наукових досліджень – моделювання явищ і процесів, виконання різноманітних експериментів. На заняттях із фізики комп'ютери можуть використовуватись для моделювання класичних дослідів”.

До таких належить дослід Е. Резерфорда, з якого, безпосередньо впливає ідея атомного ядра – тіла малих розмірів, в якому сконцентровані майже вся маса та весь позитивний заряд атома. Суть дослідів добре відома:  $\alpha$ -частинки розсіюються тонкою золотою фольгою, причому незначна їх кількість відхиляється на кути, більші  $90^\circ$ .

Поставимо за мету побудову траєкторії частинки, яка з деякою прицільною відстанню  $r$  наближається до ядра атома [2].

### *Теоретичні відомості*

Для того, щоб позитивний заряд атома міг відкинути  $\alpha$ -частинку назад, потенціальна енергія кулонівського відштовхування біля границі цього заряду повинна дорівнювати кінетичній енергії  $\alpha$ -частинки:

$$\frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

Сила Кулона, що в даному випадку є силою відштовхування,

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}. \quad (2)$$

Оскільки маса ядра  $^{197}_{79}\text{Au}$  помітно більша за масу  $\alpha$ -частинки ( $^4_2\text{He}$ ), то після взаємодії швидкість ядра практично не змінюється. Якщо обрати систему відліку, як показано на рис. 1а, б, то

$$F_x = F \frac{x}{r}, \quad F_y = F \frac{y}{r}, \quad r = \sqrt{x^2 + y^2},$$

і рівняння руху в проекціях на вісі координат матимуть вигляд:

$$\begin{cases} m \frac{d^2 x}{dt^2} = m \frac{dv_x}{dt} = F_x, & v_x = \frac{dx}{dt} \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} = m \frac{dv_y}{dt} = F_y, & v_y = \frac{dy}{dt} \end{cases}$$

Для розв'язання цих диференціальних рівнянь напишемо наближенні співвідношення у формі скінчених різниць:

$$\begin{cases} v_{x,n+1} = v_{x,n} + (F_x / m)\Delta t; \\ v_{y,n+1} = v_{y,n} + (F_y / m)\Delta t \\ x_{n+1} = x_n + v_x \Delta t; \\ y_{n+1} = y_n + v_y \Delta t; \\ t_{n+1} = t_n + \Delta t. \end{cases}$$

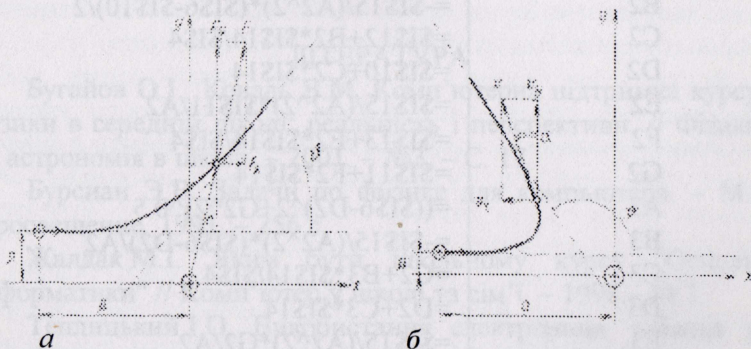


Рис. 1

Отримаємо траєкторію – гіперболу. При великих прицільних відстанях  $p$  траєкторії подібні до зображених на рис. 1а, при малих – на рис. 1б. Значення  $p$ , менші за  $2 \cdot 10^{-15}$  м, брати не слід, оскільки починає проявлятися “неточковість” ядра і виникають відхилення від закону Кулона.

Саме у такий спосіб Е. Резерфорд у 1911 р. уперше оцінив розміри ядра:  $\sim 10^{-15}$  м.

#### Алгоритм роботи з моделлю

Початкові умови: при  $t = 0$ ,  $x = -a$ ;  $y = p$ ;  $v_{y0} = 0$ . Швидкість  $v_{x0}$  знайдемо за формулою  $T_0 = mv_{x0}^2/2$ , де  $T_0$  – початкова кінетична енергія  $\alpha$ -частинки. Вона визначається з (1).

Позначимо  $f = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0}$  (для скорочення запису формул).

Відстань  $a$  слід узяти набагато більшою за  $p$  (частинка летить здалеку), наприклад,  $a = 10^{-14}$  м. При швидкостях порядку  $10^7$  м/с і відстанях порядку  $10^{-15}$  м проміжки часу будуть  $\sim 10^{-22}$  с. Тому візьмемо для початку  $\Delta t = 5 \cdot 10^{-23}$  с.

Згідно [4] спочатку заповнюємо рядок 1 (стовпці від А до G включно) іменами змінних:  $r$ ,  $F_x v_x$ ,  $x$ ,  $F_y$ ,  $v_y$ ,  $y$ . Далі слід заповнити стовпець Н (“Дано:”) вхідними даними у такій послідовності:  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $m$ ,  $T_0$ ,  $a$ ,  $p$ ,  $\epsilon_0$ ,  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $v_{x0}$ ,  $v_{y0}$ ,  $\Delta t$ ,  $f$ , а стовпець І – їхніми числовими значеннями.

Решта комірок заповнюється формулами згідно таблиці:

| Комірка | Формула                        |
|---------|--------------------------------|
| A2      | $=((\$6-\$10)^2+\$11^2)^{0.5}$ |
| B2      | $=-\$15/(A2^2)*(\$6-\$10)/2$   |
| C2      | $=\$12+B2*\$14/\$4$            |
| D2      | $=\$10+C2*\$14$                |
| E2      | $=\$15/(A2^2)*\$11/A2$         |
| F2      | $=\$13+E2*\$14/\$4$            |
| G2      | $=\$11+F2*\$14$                |
| A3      | $=((\$6-D2)^2+G2^2)^{0.5}$     |
| B3      | $=-\$15/(A2^2)*(\$6-D2)/A2$    |
| C3      | $=C2+B3*\$14/\$4$              |
| D3      | $=D2+C3*\$14$                  |
| E3      | $=\$15/(A2^2)*G2/A2$           |
| F3      | $=F2+E3*\$14/\$4$              |
| G3      | $=G2+F3*\$14$                  |

*Примітка:* формули 3-го рядка (від A3 по G3) копіюються у наступні до 101-го включно.

Траєкторії руху частинок – графіки залежності  $y = y(x)$  – показані на рис. 2.

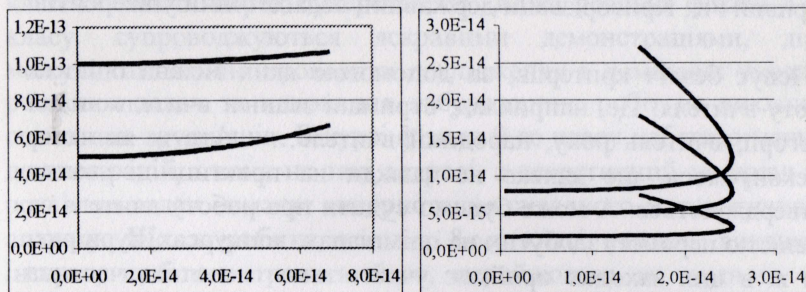


Рис. 2

Побудова траєкторії руху  $\alpha$ -частинки – тільки один із можливих способів використання запропонованої моделі в навчальному процесі. Вона може застосовуватись також для розрахунку кута відхилення  $\alpha$ -частинки і з'ясування його залежності від прицільної відстані.

Визнаючи за комп'ютером роль провідного сучасного дидактичного засобу, "слід зауважити, що одним із найвагоміших аргументів на користь використання засобів НІТ у навчальному процесі чи проти нього має бути такий: НІТ, як і будь-які інші нововведення, слід використовувати тільки тоді, коли таке використання дає незаперечний педагогічний ефект" [3].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бугайов О.І., Коваль В.М. Комп'ютерна підтримка курсу фізики в середній школі: реальність і перспективи. // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – №3. – С. 17
2. Бурсиан Э.В. Задачи по физике для компьютера. – М.: Просвещение, 1991. – 256 с.
3. Жалдак М.І. Яким бути шкільному курсу "Основи інформатики" // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 1998. – № 1.
4. Теплицький І.О. Використання електронних таблиць у комп'ютерному моделюванні // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 1999. – № 2. – С. 27–32.