

КОМП'ЮТЕРНА ПІДТРИМКА КУРСУ ФІЗИКИ

Ю.В. Єчкало, І.О. Теплицький

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Сьогодні в Україні у навчальних закладах різного рівня навчається багато здібної молоді, яка має високий рівень знань із фундаментальних дисциплін і успішно оволодіває основами інформатики й обчислювальної техніки. На жаль, в системі неперервної освіти практично не вироблені науково-методичні концепції наступності «школа (гімназія, ліцей) → університет» та «обдарований учень → студент → аспірант → науковець». На цьому тлі дуже важливо не дати загубитися у масовому загалі таким особистостям, розвинути їхні здібності та пізнавальну активність. Все гостріше відчувається потреба у спрямуванні змісту навчання на ознайомлення молоді з методами системних досліджень, на озброєння її знаннями й навичками з комп'ютерного моделювання з метою глибокого вивчення, кількісного та якісного аналізу сутностей у різних галузях знань.

Розглядаючи комп'ютерне моделювання у двох аспектах – як сучасний метод пізнання і як об'єкт вивчення, ми вважаємо, що воно є фактором, здатним сьогодні сприяти розв'язанню цієї проблеми. Так, з одного боку, воно забезпечує змістову основу для розвитку пізнавальних інтересів і творчої активності, а з іншого, – є засобом для здійснення міжпредметної інтеграції й формування на цій основі наукового світогляду.

Як відомо, навчальний матеріал курсу фізики 9 класу характеризується складним математичним апаратом і відсутністю ефектних демонстрацій. Однією із складних тем розділу “Механіка” є “Графічне зображення руху”. На цей час учні ще не мають достатнього досвіду побудови графіків. Діти вперше стикаються з тим фактом, що існують різні види руху, які можна представити у вигляді рівняння або за допомогою графіка.

Завдання на побудову чи аналіз графіків залежності $v = v(t)$, $a = a(t)$, $x = x(t)$, $S = S(t)$ є стандартними. Ми ж пропонуємо дещо нестандартну задачу. Її умова така:

За графіком залежності $F(t)$ побудувати графіки $a = a(t)$,

$$v = v(t), x = x(t), S = S(t).$$

Головною особливістю, що відрізняє цю задачу від переважної більшості задач на графічне зображення руху за шкільним підручником, є те, що під дією змінної сили тіло набуває змінного прискорення.

За таких умов швидкість руху вже не є лінійною функцією часу, а змінюється у більш складний спосіб. Внаслідок цього побудова (точна, а не схематична) графіків функцій $v = v(t)$, $x = x(t)$, $S = S(t)$ стає практично неможливою для школярів.

Отже, дослідимо рух тіла заданої маси $m = \text{const}$ під дією змінної сили F (рис. 1).

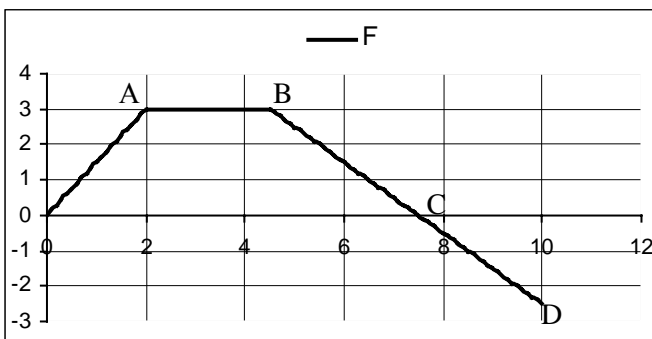


Рис. 1

Метою дослідження будемо вважати побудову графіків $a = a(t)$, $v = v(t)$, $x = x(t)$ і $S = S(t)$.

Прийmemo до уваги наступне:

1. Математичне моделювання передбачає прийняття певних спрощуючих припущень, які слід обґрунтувати. Тому зауважимо: при розв'язуванні цієї задачі, як і взагалі багатьох задач подібного типу, рух будемо вважати поступальним, масу тіла – незмінною.

2. Середовищем для моделювання оберемо електронні таблиці.

Почнемо роботу з побудови заданого умовою графіку $F(t)$. Визначимо на ньому ключові точки: O, A, B, C, D. На кожній з ділянок OA, AB, BC і CD сила змінюється за лінійним законом:

$$F_i = k_i \Delta t,$$

де k_i – кутовий коефіцієнт, який у загальному випадку розраховується так:

$$k_i = \frac{F_i - F_{i-1}}{\Delta t_i}.$$

Зрозуміло, що коефіцієнт k_i на всіх ділянках різний.

За другим законом Ньютона $a = \frac{F}{m}$. Інакше кажучи, прискорення a пропорційне силі F . Тобто, коли F збільшується (зменшується) на певному проміжку часу, то відповідно змінюється й прискорення a . Коли сила $F = \text{const}$, прискорення a також є сталою величиною. Тоді на кожній ділянці графіка отримаємо:

$$a_i = \frac{F_i}{m}.$$

Наступним кроком буде побудова графіку $\mathbf{v} = \mathbf{v}(t)$ – залежності швидкості від часу. Під час обчислення швидкості наприкінці будь-якого інтервалу часу Δt будемо використовувати значення прискорення із попереднього інтервалу:

$$\mathbf{v}_i = \mathbf{v}_0 + a_{i-1} \mathbf{t}.$$

Нову координату тіла наприкінці i -го проміжку часу знаходимо за рівнянням:

$$x_i = x_{i-1} + \mathbf{v}_0 t_i + \frac{a_i t^2}{2}.$$

Перш, ніж виконувати побудову, згадаємо, що пройдений шлях – це довжина відрізка траєкторії (лінії, вздовж якої рухається тіло). Координата тіла може бути як додатною, так і від'ємною, як збільшуватись, так і зменшуватись, але шлях, за означенням, є суто додатною величиною, яка може лише зростати. Взнявши до уваги формулу для нової координати наприкінці i -го проміжку Δt , знайдемо S наприкінці цього проміжку:

$$S_i = S_{i-1} + V_0 t_i + \frac{|a_i| t^2}{2}.$$

Якщо зіставити згадані вище формули для координати і шляху, побачимо, що, поки $a_i \geq 0$, їхні графіки будуть співпадати, а надалі являтимуть собою дзеркальні відображення один одного.

Таким чином, суть алгоритму досить проста. Послідовність побудов можна визначити наступною схемою: *сила* \rightarrow *прискорення* \rightarrow *швидкість* \rightarrow *координата* \rightarrow *шлях*.

Після всіх наведених міркувань записуємо остаточний алгоритм для роботи з моделлю:

1. Підготувати таблицю (Таблиця 1) для введення даних та виведення результатів.

2. Увести вхідні дані й початкові умови для моменту часу $t = 0$, тобто заповнити стовпець G (“Дано:”) іменами змінних, а стовпець H – їхніми числовими значеннями: m – маса тіла, v_0 – його початкова швидкість, x_0 – початкова координата, S_0 – початкове значення шляху, Δt – інтервал часу, k_1, k_2 – кутові коефіцієнти.

Таблиця 1

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	t	F	a	v	x	S	Дано:	
2							$m =$	
3							$v(0) =$	
4							$x(0) =$	
5							$\Delta t =$	
6							$k_1 =$	
7							$k_2 =$	
8							$S(0) =$	
...		

3. Заповнити другий рядок (для моменту часу $t = 0$):

$$F = 0; \quad a_0 = \frac{F}{m}; \quad v = v_0; \quad x = x_0; \quad S = S_0.$$

Відповідні комірки матимуть вміст, наведений в таблиці 2.

Таблиця 2

Комірка	Формули / Числа
A2	0
B2	0
C2	=B2/\$H\$2
D2	=\$H\$3
E2	=\$H\$4
F2	=\$H\$8

4. Заповнити третій рядок (для кінця першого проміжку Δt , тобто для моменту часу $t = t_{i-1} + \Delta t$, де $i=1$):

$$t_1 = t_0 + \Delta t;$$

$$F_i = F_{i-1} + k_1 \Delta t;$$

$$a_i = \frac{F_i}{m};$$

$$v_i = v_{i-1} + a_{i-1} \Delta t;$$

$$x_i = x_{i-1} + v_{i-1} \Delta t + \frac{a_{i-1} \Delta t^2}{2};$$

$$S_i = S_{i-1} + v_{i-1} \Delta t + \frac{|a_{i-1}| \Delta t^2}{2}.$$

Вміст комірок для цього рядка наведений у таблиці 3.

Таблиця 3

Комірка	Формули / Числа
A3	=A2+\$H\$5
B3	=B2+\$H\$6*\$H\$5
C3	=B3/\$H\$2
D3	=\$H\$3+C3*A3
E3	=E2+\$H\$3*A3+C3*A3^2/2
F3	=E3

5. Повторювати п.4 20 разів (поки $t_i \leq 2$ с).

6. На наступному відрізку заданого умовою графіка $F(t)$ (поки $2 \leq t_i \leq 4,5$) значення сили не змінюється з часом. Тому зафіксуємо попереднє значення сили (те, яке міститься у комірці B22) в комірках від B23 по B47 включно. Формули в інших комірках 23-го рядка залишимо без змін.

7. Далі на тіло знову починає діяти змінна сила, тому поки $4,5 \leq t_i \leq 10$, тобто, починаючи з комірки B48, формула для розрахунку сили матиме такий вигляд $F_i = F_{i-1} + k_2 \Delta t$ (формули в інших комірках 48-го рядка при цьому не змінюються).

8. Як було зауважено вище, поки $a \geq 0$, графіки координати й шляху співпадають. Але з моменту, коли $a < 0$, тобто до 78-го рядка, потрібно ввести формулу $S_i = S_{i-1} + v_{i-1} \Delta t + \frac{|a_{i-1}| \Delta t^2}{2}$, інтерпретовану відповідним чином для використання в електронних таблицях.

Для досягнення кращої наочності можна запропонувати такі вхідні дані: $m = 2$ кг, $v(0) = 0$, $x(0) = 0$, $\Delta t = 0.01$ с.

Виконавши прості розрахунки за графіком сили, отримаємо: $k_1 = 1,5$ Н/с, $k_2 = -1$ Н/с.

Зауваження 1. Перед виконанням дослідження доцільно за-

пропонувати учням ряд запитань:

1. У який момент часу швидкість тіла була максимальною?
2. Як обчислити величину пройденого шляху?
3. Який вигляд має графік $S = S(t)$ – залежності пройденого шляху від часу?

Перевірити правильність своїх відповідей учні зможуть, заповнюючи таблицю і виводячи на екран відповідні графіки (рис. 4, 5).

Таблиця 4

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	t	F	a	v	x	S	<i>Дано:</i>	
2	0	0	0	0	0	0,0000	$m, \text{кг} = 2$	
3	0,1	0,15	0,075	0,0075	0,0004	0,0004	$v(0), \text{м/с} = 0$	
4	0,2	0,3	0,15	0,03	0,0034	0,0034	$x(0), \text{м} = 0$	
5	0,3	0,45	0,225	0,0675	0,0140	0,0135	$\Delta t, \text{с} = 0,1$	
6	0,4	0,6	0,3	0,12	0,01375	0,0375	$k_1, \text{Н/с} = 1,5$	
7	0,5	0,75	0,375	0,1875	0,08438	0,0844	$k_2, \text{Н/с} = -1$	
8	0,6	0,9	0,45	0,27	0,16538	0,1654	$S(0), \text{м} = 0$	
...		

Бажаю запропонувати учням прокоментувати кожен з одержаних графіків і відповісти на питання:

1. Як із часом відбувалася зміна швидкості тіла?
2. Чи можна стверджувати, що якісь із графіків 1–3 є траєкторіями руху тіла?

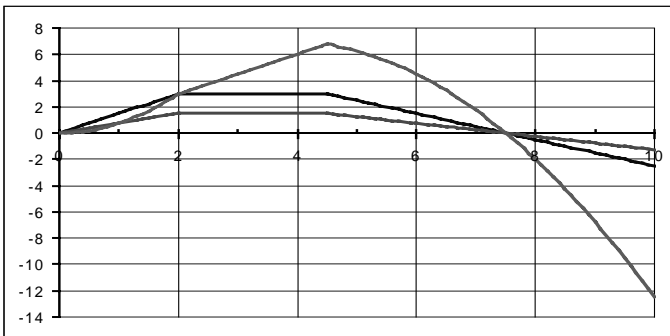


Рис. 4.

1 – $F = F(t)$; 2 – $a = a(t)$; 3 – $v = v(t)$.

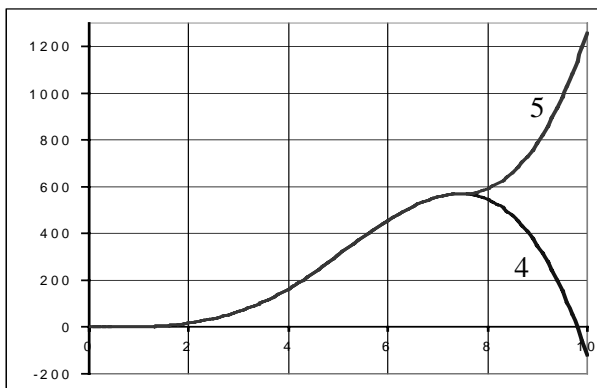


Рис. 5.

$$4 - x = x(t); \quad 5 - S = S(t).$$

Зауваження 2. Побудову решти графіків $x = x(t)$ і $S = S(t)$ доцільно здійснити або за допомогою додаткової вісі на тому самому рисунку, або на окремому рисунку, як це показано на рис. 5. Справа в тому, що значення змінних F , a , v і x , S виявляються несумірними. Якщо не вжити запропонованих заходів, то внаслідок автоматичного масштабування графіки рис. 4 втратять свою виразність у порівнянні з графіками рис. 5.

Досвід практичного навчання за запропованою методикою показує, що робота з математичними моделями фізичних явищ сприяє глибокому розумінню їх учнями. Вчитель, у свою чергу, одержує ефективний засіб підвищення якості навчального процесу.

Література:

1. Бугайов О., Коваль В. Комп'ютерна підтримка курсу фізики в середній школі: реальність і перспективи // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – №3. – С. 16–19.
2. Жук Ю.О. Викладення фізики і нові інформаційні технології навчання // Фізика та астрономія в школі. – 1997. – №1. – С. 13–18.
3. Теплицький І.О. Використання електронних таблиць у комп'ютерному моделюванні // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 1999. – № 2. – с. 27–32.