

- сурсов // Открытое и дистанционное образование. – Томск, 2002. – №3 (7). – С.31-33.
3. Дистервег А. Предварительный этап разработки электронных обучающих средств. <http://www.ido.edu.ru/open/technology/t2.htm>
 4. SCORM Content Aggregation Model Version 1.3, Advanced Distributed Learning, January 30, 2004 Available at: <http://www.adlnet.org>.
 5. Демкин В.П., Вымятин В.М. Принципы и технологии создания электронных учебников. – Томск, 2002. – 64 с.
 6. http://edu.uninet.kiev.ua/file.php/2/Mech_book/html/demo/indx.htm.

7. Пакелл Ш., Хогг Б., Суонн К. и др. Macromedia Flash 8 для профессионалов: Пер. с англ. 141162. – Издательство: "Вильямс", 2006.
8. Дронов В.А. Macromedia Flash Professional. Графика и анимация. – Издательство "ВНУ", 2006.

Problems of development and design of electronic learning materials, especially for physics education were reviewed. The basic advantages of e-learning books are laconic text, printed addendum and possibility of hypertext content modification.

Key words: computer, module, hypertext, animation, multimedia, videoinformation, modelling.

Отримано: 1.11.2007

УДК 37.026.9+681.3+37.01:007

І.О. Теплицький, С.О. Семеріков

Криворізький державний педагогічний університет

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АБСОЛЮТНИХ ТА ВІДНОСНИХ РУХІВ ПЛАНЕТ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

Стаття присвячена досвіду впровадження технології комп'ютерного моделювання у факультативному курсі "Основи комп'ютерного моделювання з фізики" для учнів 9-11 класів технічного та фізико-математичного профілю та в курсі "Об'єктно-орієнтоване програмування" для студентів фізико-математичних факультетів педагогічних університетів.

Ключові слова: творчі здібності, інформатика, комп'ютерне моделювання, електронні таблиці, об'єктно-орієнтоване програмування, бібліотека VPython, методична система навчання.

Постановка проблеми. Автори продовжують обговорення змістового наповнення факультативного курсу "Комп'ютерне моделювання з фізики" для учнів 9-11 класів середньої школи. Нагадаємо провідну ідею курсу: в тих випадках, коли експериментування з реальними об'єктами виявляється практично неприйнятним або принципово неможливим, експерименти проводять з математичними моделями цих об'єктів. Якщо при цьому використовують комп'ютер, то говорять про *комп'ютерне моделювання*, а відповідне дослідження називають *обчислювальним експериментом*.

В останні роки автори регулярно публікують у педагогічних виданнях матеріали за цією тематикою ([1; 3; 5-8] та інші). Зокрема, у [7] йшлося про вивчення зі школярами рухів тіл під дією сили всесвітнього тяжіння. Там були отримані такі результати: 1) розраховані й побудовані всі можливі траєкторії рухів тіл у центральних полях (криві другого порядку – коло, еліпс, парабола і гіпербола); 2) для планет засобами обчислювального експерименту доведена відповідність їхніх рухів законам Кеплера; 3) для тіл із сумірними масами був реалізований перехід до системи відліку, пов'язаної зі спільним центром мас; 4) проілюстрована "всесвітність" закону тяжіння.

У [8] було здійснено узагальнення закону всесвітнього тяжіння на випадок довільного показника степеня k для відстані r між тілами, тобто закон був розглянутий у вигляді $F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^k}$ з наступним аналізом можливих значень показника степеня k . На той час матеріал [10] здавався логічним продовженням і завершенням [8]. Проте висновок про завершення виявився передчасним, оскільки незабаром з'ясувалося, що матеріали з [7] і [8] не вичерпують різноманіття тематики досліджень, що їй надає закон всесвітнього тяжіння.

Пам'ятаючи, що при вивченні криволінійних рухів чи не найбільший інтерес становить питання про вигляд відповідної траєкторії, *основною метою дослідження* поставимо задачу побудови траєкторій планет у двох системах відліку: в системі, пов'язаній із Сонцем (геліоцентричній), та в системі, пов'язаній із Землею (геоцентричній), тобто дослідимо питання про вигляд планетних траєкторій з точки зору земного спостерігача.

Така постановка проблеми дослідження не виходить за межі шкільних курсів фізики й математики. Зокрема з підручника геометрії О.В.Погорелова для 9 класу учням відомі правила переходу від однієї системи координат до іншої (на прикладі паралельного перенесення).

Основна частина

I. Геліоцентрична система відліку

Як і на початку [7], розглянемо випадок руху планети навколо Сонця на основі наступних очевидних (1-3) припущень:

Припущення 1. Маса планети набагато менша за масу центрального тіла – Сонця: $m_{пл} \ll m_{С}$. Як і раніше, це дозволить вважати Сонце нерухомим.

Припущення 2. Відстань між планетою та Сонцем значно перевищує їхні розміри, тобто вважатимемо ці тіла матеріальними точками. Це забезпечить застосовність закону всесвітнього тяжіння.

Припущення 3. Знехтуємо опором середовища, адже реально планети рухаються у вакуумі.

Припущення 4. Будемо також нехтувати впливом інших тіл Сонячної системи на дану планету. У такому разі на неї діятиме тільки одна сила всесвітнього тяжіння з боку Сонця.

Побудуємо в одній координатній площині траєкторії руху Землі і Марсу навколо Сонця. Відповідні дані про планети будемо брати з [4, с.120-133].

Зуваження. У відповідності до припущень 1-4 ми розглядатимемо не систему з трьох взаємодіючих тіл, а дві незалежні системи з двох тіл кожна.

Нагадаємо, що рух планети відбувається у площині, в якій лежать вектор v швидкості планети і центр Сонця. В цій самій площині знаходиться і вектор F сили тяжіння. Опис такого руху здійснимо в прямокутній системі координат з початком у центральному тілі (рис. 1).

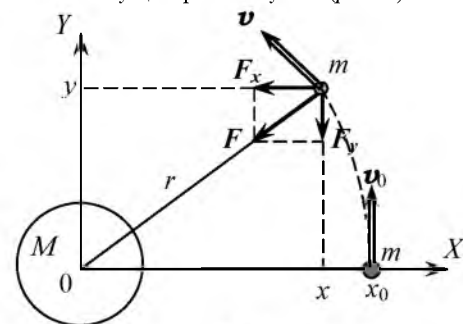


Рис. 1

Тут F_x і F_y – складові вектора F сили тяжіння; M , m – відповідно маси Сонця й планети; v – вектор орбітальної швидкості планети. Положення планети визначається двома координатами x , y . Початковим координатам планети

надаємо значень $x = x_0, y = 0$; початкову швидкість планети визначає вектор v_0 .

Відстань r між тілами будемо визначати за теоремою

Піфагора: $r = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Для розміщення даних про Землю та Марс на одному листі електронних таблиць змінимо структуру таблиці, наведеної у [8] (кількість стовпців зростає в два рази внаслідок розгляду двох планет):

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	a_{1x}	a_{1y}	a_{2x}	a_{2y}	v_{1x}	v_{1y}	v_{2x}	v_{2y}	x_1	y_1	x_2	y_2	Дано:	(C1)
2													$G = 6,672E-11$	
3													$\Delta t = 172800$	
4													$M = 1,990E+30$	
5													$m_1 = 5,976E+24$	
6													$m_2 = 6,429E+23$	
7													$r_1 = 1,496E+11$	
8													$r_2 = 2,279E+11$	
9													$v_{1x}(0) = 0$	
10													$v_{1y}(0) = 2,98E+04$	
11													$v_{2x}(0) = 0$	
12													$v_{2y}(0) = 2,41E+04$	
13													$x_1(0) = 1,496E+11$	
14													$y_1(0) = 0$	
15													$x_2(0) = 2,279E+11$	
16													$y_2(0) = 0$	

Параметри з індексом 1 відповідають Землі, з індексом 2 – Марсу.

Вибір в якості початкових швидкостей відповідно розрахованих (комірки N10, N12) перших космічних швидкостей забезпечує колові траєкторії руху планет, що є спрощенням їх реального руху (особливо це стосується Марсу).

Ключові комірки цієї таблиці мають такий зміст:

Комірка	Формули / числа	Примітки
N9	=0	відповідно до рис. 1
N10	=(N2*N4/N7)^0,5	перша космічна швидкість для Землі
N11	=0	відповідно до рис. 1
N12	=(N2*N4/N8)^0,5	перша космічна швидкість для Марсу
N13	=N7	
N14	=0	
N15	=N8	
N16	=0	
A2	=(\$N2*\$N4*\$I2/((I2)^2+(J2)^2)^1,5	копіювати в A3, A4
B2	=(\$N2*\$N4*\$J2/((I2)^2+(J2)^2)^1,5	копіювати в B3, B4
C2	=(\$N2*\$N4*\$K2/((K2)^2+(L2)^2)^1,5	копіювати в C3, C4
D2	=(\$N2*\$N4*\$L2/((K2)^2+(L2)^2)^1,5	копіювати в D3, D4
E2	=N9	
F2	=N10	
G2	=0	
H2	=N12	
I2	=N13	
J2	=N14	
K2	=N8	
L2	=0	
E3	=E2+A2*\$N3*0,5	
F3	=F2+B2*\$N3*0,5	
G3	=G2+C2*\$N3*0,5	
H3	=H2+D2*\$N3*0,5	
I3	=I2+E3*\$N3	копіювати в I4
J3	=J2+F3*\$N3	копіювати в J4
K3	=K2+G3*\$N3	копіювати в K4
L3	=L2+H3*\$N3	копіювати в L4
E4	=E3+A3*\$N3	
F4	=F3+B3*\$N3	
G4	=G3+C3*\$N3	
H4	=H3+D3*\$N3	

Порядок роботи

1. Заповнити комірки N2-N8.
2. Заповнити комірки згідно наведеної вище таблиці.
3. Всі формули 4-го рядка (від A4 по L4) копіювати у наступні 365 рядків.

4. За даними стовпців H, I та J, K будемо графіки $y_1 = y_1(x_1), y_2 = y_2(x_2)$ – траєкторії рухів (орбіти) Землі та Марсу відповідно (рис. 2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	a_{1x}	a_{1y}	a_{2x}	a_{2y}	v_{1x}	v_{1y}	v_{2x}	v_{2y}	x_1	y_1	x_2	y_2	Дано:	(C1)
2	-5,9e-3	0,00	-2,6e-3	0,00	0,00	3,0e4	0,00	2,4e4	1,5e11	0,0e0	2,3e11	0,0e0	$G = 6,672E-11$	
3	-5,9e-3	-2,0e-4	-2,6e-3	-4,7e-5	-5,1e2	3,0e4	-2,2e2	2,4e4	1,5e11	5,2e9	2,3e11	4,2e9	$\Delta t = 172800$	
4	-5,9e-3	-4,1e-4	-2,6e-3	-9,4e-5	-1,5e3	3,0e4	-6,6e2	2,4e4	1,5e11	1,0e10	2,3e11	8,3e9	$M = 1,990E30$	
5	-5,9e-3	-6,1e-4	-2,6e-3	-1,4e-4	-2,6e3	3,0e4	-1,1e3	2,4e4	1,5e11	1,5e10	2,3e11	1,3e10	$m_1 = 5,976E24$	
6	-5,9e-3	-8,1e-4	-2,6e-3	-1,9e-4	-3,6e3	3,0e4	-1,6e3	2,4e4	1,5e11	2,1e10	2,3e11	1,7e10	$m_2 = 6,429E23$	
7	-5,8e-3	-1,0e-3	-2,6e-3	-2,3e-4	-4,6e3	2,9e4	-2,0e3	2,4e4	1,5e11	2,6e10	2,3e11	2,1e10	$r_1 = 1,496E11$	
8	-5,8e-3	-1,2e-3	-2,5e-3	-2,8e-4	-5,6e3	2,9e4	-2,4e3	2,4e4	1,5e11	3,1e10	2,3e11	2,5e10	$r_2 = 2,279E11$	
9	-5,8e-3	-1,4e-3	-2,5e-3	-3,3e-4	-6,6e3	2,9e4	-2,9e3	2,4e4	1,5e11	3,6e10	2,3e11	2,9e10	$v_{1x}(0) = 0$	
10	-5,7e-3	-1,6e-3	-2,5e-3	-3,7e-4	-7,6e3	2,9e4	-3,3e3	2,4e4	1,4e11	4,1e10	2,3e11	3,3e10	$v_{1y}(0) = 2,98E4$	
11	-5,7e-3	-1,8e-3	-2,5e-3	-4,2e-4	-8,6e3	2,9e4	-3,7e3	2,4e4	1,4e11	4,6e10	2,3e11	3,7e10	$v_{2x}(0) = 0$	
12	-5,6e-3	-2,0e-3	-2,5e-3	-4,7e-4	-9,6e3	2,8e4	-4,2e3	2,4e4	1,4e11	5,1e10	2,2e11	4,2e10	$v_{2y}(0) = 2,41E4$	
13	-5,5e-3	-2,2e-3	-2,5e-3	-5,1e-4	-1,1e4	2,8e4	-4,6e3	2,4e4	1,4e11	5,5e10	2,2e11	4,6e10	$x_1(0) = 1,496E11$	
14	-5,4e-3	-2,4e-3	-2,5e-3	-5,6e-4	-1,2e4	2,8e4	-5,0e3	2,4e4	1,4e11	6,0e10	2,2e11	5,0e10	$y_1(0) = 0$	
15	-5,4e-3	-2,6e-3	-2,5e-3	-6,0e-4	-1,2e4	2,7e4	-5,5e3	2,4e4	1,4e11	6,5e10	2,2e11	5,4e10	$x_2(0) = 2,279E11$	
16	-5,3e-3	-2,8e-3	-2,5e-3	-6,5e-4	-1,3e4	2,7e4	-5,9e3	2,3e4	1,3e11	6,9e10	2,2e11	5,8e10	$y_2(0) = 0$	

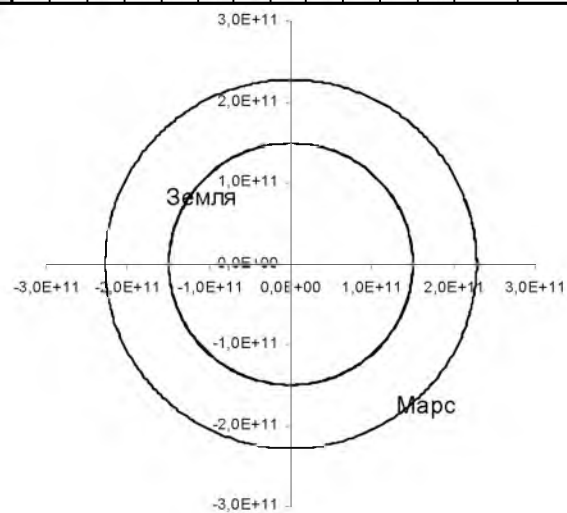


Рис. 2

II. Геоцентрична система відліку

Відповідний перехід виконаємо паралельним перенесенням початку координат у центр Землі, отримавши таким чином вигляд траєкторії руху Марсу з позиції земного спостерігача (рис. 3). Для цього внесемо наступні зміни до таблиці: перед стовпцем "Дано" вставимо три нові стовпці, які позначимо $\Delta x = x_2 - x_1$, $\Delta y = y_2 - y_1$ – відносні координати Марсу в системі відліку "Земля" та $r12$ – відстань між планетами.

Комірка	Формули / числа	Примітки
M2	=K2-I2	копіювати в M3-M366
N2	=L2-J2	копіювати в N3-N366
O2	=(M2^2+N2)^0,5	копіювати в O3-O366

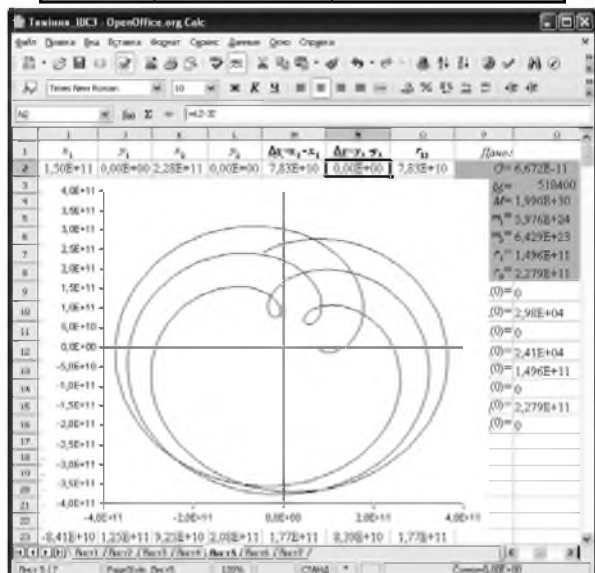


Рис. 3

Рис. 3 відображає видиму з Землі траєкторію руху Марсу на небесній сфері. Слід звернути увагу школярів на той факт, що поява петлеподібних траєкторій є суто кінематичним, а не динамічним ефектом, обумовленим переходом до іншої системи відліку. Самі такі петлеподібні рухи планет спостерігали ще прадавні астрономи Шумеру, Єгипту, Китаю, Давньої Греції.

Систематизацію таких рухів дав Клавдій Птоломеї (100-165 рр. н.е.), який створив теорію видимого руху Сонця, Місяця і планет [2, с.55-56]. На основі каталогу Гішпарха, власних спостережень та фізики Аристотеля він розробив найбільш докладну й популярну геоцентричну систему світу, яка визначала космологічні уявлення вчених протягом наступних 1500 років. Праця Птоломея "Велика математична побудова астрономії" (в арабському перекладі "Альмагест") у тринадцяти книгах стала науковою астрономічною енциклопедією давнини та Середньовіччя.

За теорією Птоломея Земля нерухома та знаходиться в центрі світу, а всі решта планети разом із Сонцем і Місяцем рівномірно обертаються навколо Землі по коловим орбітам. Для пояснення руху планет Птоломеї застосував систему гармонійних епіциклів та деферентів (рис. 4): складний петлеподібний рух описувався сумою кількох гармонійних рухів за формулою

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin(\omega_n t + \delta_n),$$

де n – кількість епіциклів, необхідних для задовільного опису руху планети, ω_n – колова частота, t – час, A_n – амплітуда, δ_n – початкова фаза.

Епіциклічна система Птоломея була простою, універсальною, економічною і, незважаючи на свою принципову хибність, дозволяла прогнозувати астрономічні явища з будь-якою необхідною точністю. З її допомогою можна

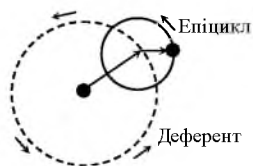


Рис. 4

розв'язувати деякі задачі й сучасної астрометрії, небесної механіки й космонавтики.

Одним із творців нової астрономії і нового наукового світогляду став Микола Коперник (1473-1543). У своїй праці "Про обертання небесних сфер" він виклав геліоцентричну теорію, яка висунула найважливіший принцип будови Всесвіту – його рухомість, планетарність Землі усувала давні уявлення про унікальність її як центра обертання Всесвіту. Учням буде цікаво дізнатись, що розрахунки руху планет "за теорією М.Коперника" давали меншу точність у передбаченні положень планет, ніж розрахунки "за теорією Птоломея". Справа в тому, що в теорії М.Коперника планети мали рухатись рівномірно по ідеально круглим орбітам. Насправді ж, як пізніше встановив Й.Кеплер, орбіти планет мають форму еліпса, а швидкості їхнього руху періодично змінюються [2, с.67].

Сам Птоломеї з честю справжнього вченого визнавав виключно прикладний характер своєї системи і відмовлявся розглядати її як космологічну за браком переконливих доказів на користь гео- чи геліоцентричної теорій світу.

Повертаючись до результатів моделювання, зазначимо, що за даними зі стовпця $r12$ можна визначити відстань між планетами під час протистоянь. І хоч якісна картина відносного руху Марсу є цілком задовільною, та через введені до моделі спрощення (рівномірний рух планет по коловим орбітам) кількісні результати відрізняються від відомих із спостережень. Зокрема, відстань між Землею та Марсом під час великого протистояння має бути ~55 млн. км, тоді як за таблицею отримуємо суттєво менше значення.

Для подолання цього недоліку скористаємося описаним у [1] комплексом VPnBody, призначеним для моделювання з високою точністю сонячноподібних систем. Перенос початку координат до центру Землі потребував модифікації комплексу: до характеристик об'єкту був введений параметр DIFF, яким може володіти лише один об'єкт у системі; при обчисленні траєкторій руху цей об'єкт вважається нерухомим, а решта – такими, що рухаються навколо нього.

На рис. 5 показано результати моделювання у VPnBody руху Марсу з точки зору земного спостерігача. Розрахунок показує, що за 6 років відбулося три протистояння, і останнє з них виявилось великим – обчислена мінімальна відстань склала 56 млн. 135 тис. км.

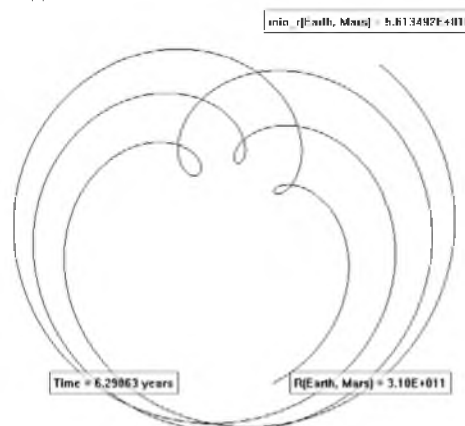


Рис. 5

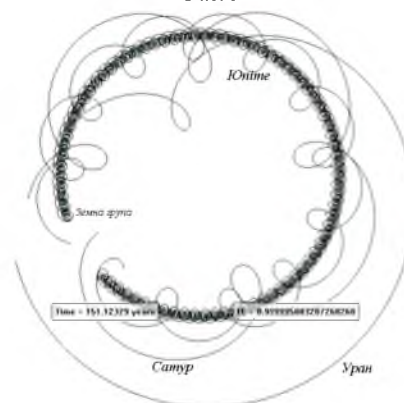


Рис. 6

На рис. 6 показано рух планет Сонячної системи з точки зору спостерігача на Нептуні. Результати моделювання показують, що внутрішні планети Сонячної системи виконують повний оберт навколо Нептуна за 163 земних роки.

Висновки

1. Постановка проблеми дослідження не є традиційною і виходить за межі шкільного курсу фізики й астрономії. Проте сам процес її розв'язання й отримані результати мають не лише пізнавальне, а й велике світоглядне значення: вони дають можливість школярам безпосередньо попрацювати з геоцентричною моделлю (за Птоломеєм) і зрозуміти ідею переходу від геліоцентричної до геоцентричної моделі світу для побудови траєкторій відносного руху тіл.

2. Доречною тут стане пропозиція вчителя підготувати декільком учням короткі повідомлення з історії становлення наукового світогляду в природознавстві (Птоломеє, Копернік, Кеплер, Ньютон).

3. Крім того, в результаті виконаної роботи з'являється цілком обґрунтована нагода поставити на обговорення питання про те, чому відкриття М.Коперніка вважається науковим подвигом.

Список використаних джерел:

1. *Об'єктно-орієнтоване моделювання у підготовці майбутніх учителів фізики* / О.П.Лінік, Н.В.Моїсеєнко, В.М.Євтеєв, І.О.Теплицький, С.О.Семеріков // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету: Серія педагогічна. Випуск 12: Проблеми дидактики фізики та шкільного підручника фізики в світлі сучасної освітньої парадигми. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2006. – С.127-130.
2. *Румянцев А.Ю., Серветник Т.А.* Астрономия: Учебно-методическое пособие для преподавателей астрономии, студентов педагогических вузов и учителей средних учебных заведений / Под ред. А.В.Усовой. – Магнитогорск: МаГУ, 2003. – 309 с.

3. *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.
4. *Струве О., Ліндс Б., Пилланс Э.* Элементарная астрономия. – М.: Наука, 1964. – 468 с.
5. *Теплицький І.О.* Елементи комп'ютерного моделювання: Навч. посібник. – Кривий Ріг: КДПУ, 2005. – 208 с.
6. *Теплицький І.О., Семеріков С.О.* Факультативний курс "Основи комп'ютерного моделювання" // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського держ. пед. ун-ту: Серія педагогічна. Вип. 8: Дидактики дисциплін фізико-математичної та технологічної освітніх галузей. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський держ. пед. ун-т, інформаційно-видавничий відділ, 2002. – С.210-217.
7. *Теплицький І.О., Семеріков С.О.* Комп'ютерне моделювання руху тіл під дією сили всесвітнього тяжіння // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського держ. пед. ун-ту: Серія педагогічна. Вип. 10: Дидактики дисциплін фізико-матем. та технологічної освітніх галузей. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський держ. універ., інформ.-видавн. відділ, 2004. – С.166-172.
8. *Теплицький І.О., Семеріков С.О.* Комп'ютерне моделювання рухів тіл в центральному полі зі змінним потенціалом // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського держ. універ.: Серія педагогічна. Випуск 12: Проблеми дидактики фізики та шкільного підручника фізики в світлі сучасної освітньої парадигми. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2006. – С.313-316.

The article is devoted to methodic teaching of computer modelling in course "Elements of computer modelling in physics" for pupils of 9-11 forms with profound studying of technical, physical and mathematical disciplines and in course "Object-oriented technology of programming" at physical-mathematical departments of the pedagogical schools institutions.

Key words: creative capacities, information science, computer simulation, spreadsheets, object-oriented technology of programming, class library VPython, methodical system of training.

Отримано: 7.11.2007

УДК 53 (07)

С.І. Терещук

Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини

ВИВЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КВАНТОВОЇ МЕХАНІКИ У ПРОФІЛЬНИХ КЛАСАХ З ПОГЛИБЛЕНИМ ВИВЧЕННЯМ ФІЗИКИ

В статті здійснено аналіз відомостей про теорію суперструн з метою їх відбору та залучення до вивчення в профільних класах з поглибленим вивченням фізики.

Ключові слова: профільні класи, квантова механіка, теорія суперструн.

Вивчення елементів квантової механіки у профільних класах з поглибленим вивченням фізики, створює передумови розвитку в учнів наукового світогляду, сучасних наукових уявлень про оточуючий світ, його пізнаваність людиною. Зрозуміло, що простого накопичення наукових фактів у свідомості школярів для досягнення цих цілей недостатньо. Проявом творчого рівня мислення учнів є вміння останніх порівнювати і аналізувати отриману інформацію, надавати сумніву судження, вміння аргументувати власну думку тощо. Саме за таких умов проявляється "взаємодія" суб'єктивних переконань ("донаукових понять" за А.В.Усовою) та об'єктивно-істинного знання і як результат – корекція певної спрямованості у пізнанні навколишнього світу [1]. Спрямованість у бік наукової картини світу дозволить не лише піднести розвиток інтелектуальних здібностей старшокласників, а й спонукати їх до свідомого, осмисленого застосування отриманих знань для розв'язування навчальних фізичних задач, а в майбутньому – задач і завдань, з якими вони стикатимуться у своїй професійній діяльності.

Досягти цього можна, розв'язуючи дану проблему у двох аспектах – процесуальному і змістовому. У змістовому аспекті – шляхом відбору навчального матеріалу для класів з поглибленим вивченням фізики таким чином, щоб і

за змістом, і структурно він відтворював (звичайно, лише частково) пошуковий характер діяльності вчених-фізиків. Процесуально – застосування таких методик або технологій, які б дозволили найбільш оптимально використати відібраний матеріал для формування в учнів навичок високого (творчого) рівня мислення.

В даній статті буде розглянуто саме змістова частина даної проблеми. Відразу відзначимо, що система фізичного знання як зміст освіти не тотожна системі наукового знання. Як справедливо відзначає О.І.Ляшенко, кожна з них вирішує різні завдання – пізнавальні з одного боку і суто дослідницькі – з іншого [4]. В теорії змісту навчання існує поняття особистісного знання, яке є складовою системи наукового пізнання і водночас має суб'єктивну та об'єктивну складові. Результатом навчання фізиці має бути процес перетворення об'єктивних наукових знань в особистісні знання учнів [3, 4, 5].

Саме в такому контексті розглянемо зміст навчального матеріалу з основ квантової фізики, який може бути успішно засвоєний учнями в умовах профільного навчання.

Проблема трансформації наукового знання у систему навчального охоплює великий спектр питань від логіко-методологічних до психолого-педагогічних питань теорії змісту навчання. У межах даної статті проаналізуємо зміст