

3. Коменский Я.А. Великая дидактика. Избранные педагогические сочинения / Я.А. Коменский. – М. : Педагогика, 1989. – 416 с.
4. Занков Л.З. Дидактика и жизнь / Л.З. Занков. – М. : Просвещение, 1968. – 176 с.
5. Иванов Ю.А. Воспитание творческой личности: дидактический аспект : монография / Ю.А. Иванов. – Брест : Изд-во Брестск. ун-та, 2000. – 64 с.
6. Беликов Б.С. Решение задач по физике. Общие методы : учеб. пособие для вузов / Б.С. Беликов. – М. : Высшая школа, 1986. – 256 с.
7. Луцевич А.А. Решение задач по механике и молекулярной физике : кн. для учителя / А.А. Луцевич, Р.Н. Козел, А.В. Равков. – Минск : Народная асвета, 1989. – 175 с.

**В. З. Нікорич<sup>1</sup>, С. В. Кузнецова<sup>1</sup>, О. В. Кулікова<sup>1</sup>,  
А. А. Губанова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Молдавський державний університет

<sup>2</sup>Кам'янець-Подільський національний університет  
імені Івана Огієнка

### ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕРЕСУ УЧНІВ ДО ФІЗИКИ ЧЕРЕЗ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

Розглядаються шляхи підвищення знань учнів з фізики через рішення задач. У гімназійних класах пропонується використання методів наочності та сучасних інтерактивних

технологій, в старших класах – при вирішенні задач бажано базуватися на сформованих раніше компетенціях в комплексі. Пропонується рішення задачі на «Тіло, кинуте з певної висотою  $h_0$  вертикально вгору з початковою швидкістю  $v_0$ » в рамках використання поняття «вектор» і рівняння руху.

**Ключові слова:** рішення задач, наочність, навчальні інтерактивні засоби, компетенції, вільне падіння.

**V. Nikorich<sup>1</sup>, S. V. Kuznetsova<sup>1</sup>, O. V. Kulikova<sup>1</sup>,  
A. A. Gubanova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>State University of Moldova,

<sup>2</sup>Kamianets-Podilsky Ivan Ohienko National University

### INCREASING OF STUDENT'S INTEREST IN PHYSICS BY MEANS OF SOLVING THE PROBLEMS

In this article ways to improve learner's knowledge of physics through problem solving considered. In gymnasium are invited to use visualization techniques and advanced interactive technologies, in high school classes the learning is based on previously formed complex competencies. Is proposed solution of the problem on «the body thrown from a tower height  $h_0$  straight up with initial velocity  $v_0$  at the use of the term "vector" and the equation of motion.

**Key words:** problem solving, visualization, interactive learning tools, competence, free fall.

Отримано: 21.09.2016

УДК 372.853

**А. В. Рибалко<sup>1</sup>, О. С. Рибалко<sup>2</sup>, О. Д. Кочергіна<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Національний університет водного господарства та природокористування

<sup>2</sup>КЗ школа-інтернат «Рівненський обласний ліцей» Рівненської обласної ради  
e-mail: ryb@ukr.net

### НАВЧАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ТІЛ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ TRACKER

У статті запропоновано модель навчального дослідження взаємодії тіл із використанням комп'ютерної програми Tracker. Наведено зразок установки для перевірки співвідношення між масами та прискореннями тіл при їх взаємодії, законів збереження імпульсу та механічної енергії. Метою публікації є висвітлення теоретичних засад та практичних рекомендацій до впровадження програми Tracker як дидактичного засобу організації навчальних досліджень взаємодії тіл. Важливість навчальних експериментальних досліджень у навчанні фізики зумовлює практичну та наукову значущість статті. Запропонований підхід до візуалізації залежності механічних величин від часу при русі і взаємодії тіл є оригінальним дидактичним засобом обробки результатів навчального експерименту. Апробація запропонованої методики дозволяє авторам надати практичні рекомендації щодо її впровадження у навчання фізики як у старшій так і у вищій школі.

**Ключові слова:** навчання, фізика, експеримент, програма Tracker, взаємодія тіл, дидактичні рекомендації.

**Постановка проблеми.** Навчальний експеримент виконує важливі дидактичні функції в процесі навчання фізики. Він може стати одночасно джерелом знань, методом навчання та видом наочності. Тому питання, пов'язані із технічним вдосконаленням навчальних експериментів, завжди є **актуальними** у дидактиці фізики.

Але, як показує практика, демонстраційний або навчальний експеримент, спрямований на формування передумов засвоєння, наприклад, законів механіки, виражених у математичній формі, пов'язаний з досить суттєвими труднощами. Незважаючи на позірну простоту механічних явищ, пряме вимірювання фізичних величин, що характеризують механічний стан тіла (швидкість, прискорення, імпульс, кінетична енергія тощо), є досить складним. Особливо ця задача ускладнюється у випадку необхідності дослідити характер зміни вищевказаних величин з часом.

Сучасні інформаційні технології створюють широкий спектр можливостей для усунення вищевказаних проблем. Зокрема, потужним засобом організації навчального дослідження механічних явищ є їх відеозапис, проте методика його впровадження у процес навчального дослідження, на нашу думку, мало розроблена.

Тому у цій статті висвітлено деякі результати методичних досліджень у застосування комп'ютерної програми Tracker як навчального засобу вивчення законів збереження у механіці при викладанні фізики у старшій та вищій школі.

**Аналіз останніх досліджень.** Для візуалізації перебігу явища взаємодії макротіл донедавна застосовувались такі засоби, як відеозапис та стробоскопічна фотографія [2]. Проте розвиток комп'ютерної техніки дозволив поєднати ці

засоби в одне ціле. Зокрема в мережі Інтернет з'явилася програма Tracker, яка була розроблена викладачем університету San Francisco State University (США) Дугласом Брауном як засіб опрацювання відеозаписів механічних явищ [3, 4, 5]. Оскільки ця програма є доступною в мережі Інтернет, то це зумовлює згоду автора до її вільного застосування.

**Метою** цієї статті є висвітлення теоретичних засад та практичних рекомендацій до впровадження програми Tracker як дидактичного засобу організації навчальних досліджень взаємодії тіл.

**Виклад основного матеріалу.** Коротко принцип дії програми Tracker розглянуто у статті [6]. Зауважимо лише, що ця програма дозволяє за відеозаписом механічного руху і взаємодії тіл визначати зміну з часом координат, швидкостей, радіусів-векторів, прискорень, кутових швидкостей, кутів повороту, фіксованих точок тіла, а також за вказаною масою – імпульсів та проекцій імпульсів тіл тощо. Оскільки при цьому програмі точно задаються лише координати точки у певний момент часу відеоряду, то зрозуміло, що її миттєві швидкість та імпульс визначаються із значно більшою точністю, ніж, наприклад, прискорення [6].

**Установка для демонстрації та дослідження взаємодії тіл.** Ідея цієї установки не є абсолютно новою. Різні її модифікації можна зустріти як у методичних розробках так і в Інтернет ресурсах. Один із її варіантів виглядає так.

Дві кулі, жорстко закріплені на легких довгих стрижнях, що можуть вільно обертатися навколо підвісів як зображено на *рис. 1*. Кулі мають екваторіальні борозни, в які можна намотати нитку **Н**. Між кулями розміщується стис-

нута гвинтова пружина **П** (рис. 1). Якщо нитку перепалити, то кулі зі стрижнями внаслідок взаємодії почнуть рухатися, відхиляючись від положення рівноваги (див. рис. 1).

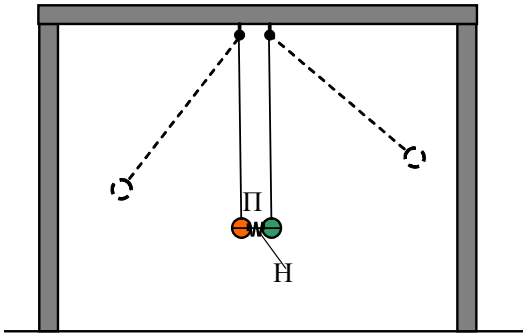


Рис. 1. Схема установки для дослідження взаємодії тіл

Застосовуючи програму Tracker, запропоновану установку можна досить ефективно використати для демонстрації та дослідження: інертності тіл, порівняння їх мас через відношення прискорень; закону збереження імпульсу; закону збереження механічної енергії тощо.

Для дослідження інертних властивостей тіл при їх взаємодії необхідно зафіксувати не менше 5-ти їх положень (див. рис. 2) і порівняти значення проекції прискорень вздовж горизонтальної осі. Таке порівняння є коректним, оскільки незначні дуги кіл траєкторій кульок наближено можна вважати прямими. У цьому випадку достатньо перевірити співвідношення між масами та значеннями прискорень тіл:

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{a_B}{a_A} \quad (1)$$

При перевірці законів збереження імпульсу та механічної енергії важливо пам'ятати, що в ідеальному випадку маса пружини повинна бути значно меншою ніж маси куль і мати незначну довжину (в положенні рівноваги тіл пружина не повинна на них діяти). Тоді дослідження передбачає покадрову фіксацію положень куль від початку їх руху до максимальної висоти підйому. За допомогою відповідних функцій меню програми можна отримати значення координат, проекцій швидкостей та імпульсів та перевірити справедливості рівнянь виду:

$$m_A v_{Ax} + m_B v_{Bx} = 0, \quad E_n = \frac{m_A v_{Ax}^2}{2} + \frac{m_B v_{Bx}^2}{2}, \quad (2)$$

де  $v_x$  – проекції швидкостей відповідних тіл зразу після закінчення дії пружини,  $E_n$  – потенціальна енергія деформованої пружини, яка перетворюється у кінетичну енергію куль.

Зазначимо, що на початку руху проекції швидкостей куль на горизонтальну вісь практично дорівнюють модулям самих швидкостей (рис. 2). Тому їх значення можна визначити із закону збереження енергії, застосованого до кожної кулі після взаємодії  $\frac{mv^2}{2} = mgh \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$ ,  $h$  – максимальна висота підйому кулі, яку легко визначити за її координатами вздовж вертикальної осі. Звідки рівняння (2) набудуть зручнішого для вимірювань вигляду:

$$-m_A \sqrt{2gh_A} + m_B \sqrt{2gh_B} = 0, \quad E_n = m_A gh_A + m_B gh_B. \quad (3)$$

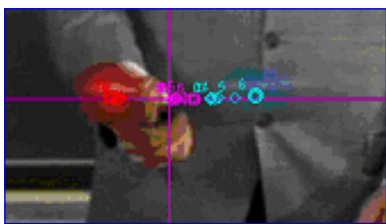


Рис. 2. Фрагмент відеокадру із виділеними за допомогою програми Tracker положень центрів мас куль і пружини у різні моменти часу

Оскільки вказана програма, окрім проекцій швидкостей тіл, може зразу визначити й проекції їх імпульсів у вказаний момент часу, то зручно використати зв'язок між кінетичною енергією та імпульсом тіла. Звідки формули (2) набувають виду:

$$p_{Ax} + p_{Bx} = 0, \quad E_n = \frac{p_{Ax}^2}{2m_A} + \frac{p_{Bx}^2}{2m_B}. \quad (4)$$

Проте, на практиці дотриматися вищевказаних ідеальних умов стосовно характеристик пружини досить складно. В реальних умовах запропонованої установки маса пружини може виявитися сумірною з масою взаємодіючих куль. Тоді її масу слід враховувати і рівняння (4) набувають наступного вигляду:

$$p_{Ax} + p_{Bx} + p_{nx} = 0, \quad E_n = \frac{p_{Ax}^2}{2m_A} + \frac{p_{Bx}^2}{2m_B} + \frac{p_{nx}^2}{2m_n}, \quad (5)$$

де  $p_{nx}$  та  $\frac{p_{nx}^2}{2m_n}$  – проекція імпульсу та кінетична енергія пружини відповідно.

При застосуванні запропонованої навчально-дослідної установки варто застосовувати високочастотну зйомку і максимально можливу освітленість кадрів. У випадку сумірності мас куль і пружини рекомендовано чітко помітити центри мас пружини та куль для полегшення фіксації їх положення у відеокадрах.

Результати експериментальної перевірки ефективності цієї установки із залученням Tracker зображено в таблиці 1. Маси куль відповідно дорівнюють  $m_A = 0,55 \text{ кг}$ ,  $m_B = 0,10 \text{ кг}$ . Як видно з табл. 1, проекції прискорень куль при розштовхуванні їх пружиною у виділений момент часу 0,333 с дорівнюють  $a_{Ax} = -19,766 \text{ см/с}^2$ ,  $a_{Bx} = 106,209 \text{ см/с}^2$ . Звідки відносна похибка справедливості рівняння (1) становить:

$$\varepsilon = \left| 1 - \frac{m_A/m_B}{|a_{Bx}/a_{Ax}|} \right| \cdot 100\% = \left| 1 - \frac{0,55/0,1}{106,209/19,766} \right| \cdot 100\% = 2,4\%,$$

що дозволяє стверджувати його істинність.

Таблиця 1.

Результати залежності прискорень куль від часу при їх взаємодії

Table mass A			Table mass B		
t	x	a <sub>x</sub>	t	x	a <sub>x</sub>
0	-5,078		0	4,667	
0,083	-5,353		0,083	4,804	
0,167	-5,49	5,661	0,167	4,804	16,943
0,25	-5,627	-5,647	0,25	5,353	72,065
0,333	-5,765	-19,766	0,333	5,627	106,209
0,417	-6,039	-16,943	0,417	7,516	83,177
0,5	-6,588	2,824	0,5	9,839	
0,583	-7	-19,766	0,583	11,918	
0,667	-7,275	-11,296			
0,75	-8,373	22,59			
0,833	-8,647	2,824			
0,917	-8,784	-19,767			
1	-9,882				
1,083	-10,157				

Як зазначалося вище, відшукати ідеальну пружину для запропонованої установки складно. У цьому експерименті маса пружини становить  $m_n = 0,019 \text{ кг}$ , тобто є сумірною масам куль і її треба враховувати (рівняння (5)). Як видно з таблиць 2, що описують результати експерименту, проекції імпульсів куль та пружини в момент часу 0,417 с відповідно дорівнюють:

$$p_{Ax} = -2,718 \text{ кг} \cdot \text{см/с}, \quad p_{Bx} = 2,527 \text{ кг} \cdot \text{см/с},$$

$$p_{nx} = 0,233 \text{ кг} \cdot \text{см/с}.$$

Звідки відносна похибка справедливості першого рівняння (5) становить:

$$\varepsilon = \left| 1 - \frac{2,718}{2,527 + 0,233} \right| \cdot 100\% = 1,5\%.$$

Перевірити істинність другого рівняння (5) нескладно, знаючи жорсткість пружини та застосовуючи формулу її потенціальної енергії  $E_n = \frac{kx^2}{2}$ .

Жорсткість пружини, що використовувалася в цьому експерименті, становила 2,2 Н/м, а її стиск – 6 см. Тому потенціальна енергія деформації цієї пружини дорівнювала  $E_n = \frac{2,3 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}}{2} = 4,14 \cdot 10^{-3} \text{ (Дж)}$ . Згідно результатів відображених у таблиці 2, значення кінетичних енергій куль та пружини відповідно становлять:

$$E_{kA} = \frac{2,718^2 \cdot 10^{-4}}{1,1} = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ (Дж)},$$

$$E_{kB} = \frac{2,527^2 \cdot 10^{-4}}{0,2} = 3,19 \cdot 10^{-3} \text{ (Дж)},$$

$$E_{kn} = \frac{2,33^2 \cdot 10^{-6}}{3,8 \cdot 10^{-2}} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ (Дж)}.$$

Таблиця 2.

**Результати залежності проекцій імпульсів куль і пружини від часу при їх взаємодії**

Table mass A						Table mass B					
t	x	y	p <sub>x</sub>	p <sub>y</sub>	V <sub>k</sub>	t	x	y	p <sub>x</sub>	p <sub>y</sub>	V <sub>k</sub>
0,083	-5,353	0,275				0	4,667	0			
0,167	-5,49	0	-0,906	-1,647		0,083	4,804	0,137	0,082	0,824	
0,25	-5,627	-0,137	-0,906	-1,647		0,167	4,804	0	0,329	3,294	
0,333	-5,765	0	-1,359	-2,471		0,25	5,353	0	0,494	4,942	
0,417	-6,039	0,412	-2,718	-4,941		0,333	5,627	0,137	1,298	12,98	
0,5	-6,588	0,275	-3,171	-5,765		0,417	7,516	0,168	2,527	25,272	
0,583	-7	0,275	-2,265	-4,118		0,5	9,839	0,412	2,641	26,413	
0,667	7,275	0,412	4,529	8,236		0,583	11,918	0,901			
0,75	-8,373	0,412	-4,53	-8,236							
0,833	-8,647	0,412	-1,359	-2,471							
0,917	-8,784	0,275	-4,076	-7,412							
1	-9,882	0,412	-4,53	-8,236							
1,083	-10,157	0,686									

Table mass C					
t	x	y	p <sub>x</sub>	p <sub>y</sub>	V <sub>k</sub>
0	1,038	0,045			
0,083	0,412	-0,137	-0,024		
0,167	0,824	0	0		
0,25	0,412	0	0		
0,333	0,824	0,137	0,155		
0,417	1,769	0,168	0,233		
0,5	2,87	0,045	0,252		
0,583	3,99	0	0,114		
0,667	3,843	0,137	0,203		
0,75	5,785	-0,824	0,344		
0,833	6,863	-0,412	0,219		
0,917	7,686	-1,098			
2,75	12,627	-21			
2,917	14,549	-21			

Звідки сумарна кінетична енергія тіл після взаємодії дорівнює:

$$E_{kA} + E_{kB} + E_{kn} = 4,00 \cdot 10^{-3} \text{ (Дж)}.$$

Отже, відносна похибка справедливості другого рівняння (5) становить  $\varepsilon = \left| 1 - \frac{4,14}{4,00} \right| \cdot 100\% = 3,5\%$ , що є досить прийнятним для навчальних досліджень.

Із отриманих результатів слідує **висновок** про те, що програма Tracker є досить ефективним дидактичним засобом організації навчального дослідження взаємодії тіл.

За своєю суттю програма Tracker є наочним засобом розв'язування основної задачі механіки – визначення положення тіла у будь-який момент часу. Проте, для успішного її впровадження слід дотримуватись певних технічних **рекомендацій**.

Насамперед, зазначимо, що при застосуванні цієї програми важливе значення має якість відеозапису. Ми рекомендуємо під час цього запису дотримуватися наступних порад:

- за можливість знімати експеримент в режимі сповільненої зйомки. Це дозволить зневолувати недоліки програми, пов'язані із розмитістю кадрів відеозапису;
- колір рухомих тіл і фону відеокadrів повинні контрастувати між собою. Зображення світлого тіла на темному фоні виглядає дещо чіткіше, ніж темного тіла на світлому фоні;
- не забувати поміщати в кадр лінійку для калібрування;
- розміщувати камеру так, щоб площина руху тіл була перпендикулярною до головної оптичної осі об'єктива камери. Інакше виникне спотворення між співвідношенням реальних відстаней до їх зображення;
- забезпечити максимально можливу освітленість експерименту, оскільки це призводить до зменшення діафрагми об'єктива відеокамери, а значить зменшує «розмитість» кадрів відеоряду.

**Перспективними напрямками** застосування вказаної програми, на нашу думку, є організація навчальних дослід-

жень для перевірки закону збереження моменту імпульсу, закономірностей коливальних та обертових рухів тощо.

Розглянута методика організації навчальних досліджень пройшла успішну апробацію у Рівненському міському природничо-математичному ліцеї «Елітар», КЗ школі-інтернат «Рівненський обласний ліцей» Рівненської обласної ради, на кафедрі фізики та хімії НУВГП.

**Список використаних джерел:**

1. Дж. Оррир. Популярная физика / Дж. Оррир. – М. : Мир, 1969. – 556 с.
2. Практикум по физике в средней школе. Дидакт. материал / под ред. А.А. Покровского. – М. : Просвещение, 1987. – 192 с.
3. <https://www.youtube.com/watch>.
4. <https://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>
5. <https://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/archives/Tracker-4.87-windows-installer.exe>
6. Рибалко А.В. Застосування комп'ютерної програми Tracker як дидактичного засобу перевірки закону збереження імпульсу / Рибалко А.В., Рибалко О.С., Лебедь О.О. // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки. – Чернігів, 2015. – Випуск 27. – С.181-185.

**А. В. Рыбалко<sup>1</sup>, Е. С. Рыбалко<sup>2</sup>, О. Д. Кочергина<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Национальный университет водного хозяйства и природопользования

<sup>2</sup>КЗ школа-интернат «Ривненський обласний ліцей» Ривненського обласного совета

**УЧЕБНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕЛ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ TRACKER**

В статье предложена модель учебного исследования взаимодействия тел с использованием компьютерной программы Tracker. Приведен образец установки для проверки соотношения между массами и ускорениями тел при их взаимодействии, законов сохранения импульса и механической энергии. Целью публикации является освещение теоретических основ и практических рекомендаций по внедрению программы Tracker как дидактического средства организации учебных исследований взаимодействия тел. Предложенный подход к визуализации зависимости механических величин от времени при движении и взаимодействии тел является оригинальным дидактическим средством обработки результатов учебного эксперимента. Апробация предлагаемой методики позволяет авторам дать рекомендации по ее внедрению в обучение физики как в старшей так и в высшей школе.

**Ключевые слова:** обучение, физика, эксперимент, программа Tracker, взаимодействие тел, дидактические рекомендации.

**A. V. Rybalko<sup>1</sup>, O. S. Rybalko<sup>2</sup>, O. D. Kochergina<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>National University of Water and Environmental Engineering

<sup>2</sup>Communal institution boarding school «Rivne Regional Lyceum» of Rivne Regional Council

**EDUCATIONAL RESEARCH OF BODIES INTERACTION USING COMPUTER PROGRAM «TRACKER»**

In this article proposed a model of educational research of the interaction of bodies with using computer program Tracker. Showed an example of installation for checking the laws of bodies interaction. The aim of the publication is to highlight the theoretical principles and practical guidelines for implement the program Tracker as a didactic tool of educational research of body interactions. The importance of educational researches and experiments in physics teaching makes practical and scientific significance of the article. Visualization of mechanical values depending on the time of the motion and interaction of bodies is an original tool for processing the results of educational experiment.

**Key words:** teaching, physics, experiment, program Tracker, the interaction of bodies, didactic recommendations.

Отримано: 18.05.2016