ФІЗИКА. МАТЕМАТИКА

УДК 372.853

DOI: 10.37026/2520-6427-2020-102-2-117-122

Андрій РИБАЛКО,
кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри хімії та фізики
Національного університету водного господарства
і природокористування, м. Рівне

Олена РИБАЛКО,
учитель-методист, учитель фізики
КЗ «Рівненський обласний науковий ліцей інтернат
ІІ-ІІІ ступенів» Рівненської обласної ради

ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ УЧНІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ФІЗИКИ ТА ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

У статті представлено шляхи реалізації підходу до постановки локально-дослідницьких задач на прикладі завершеного дослідницького завдання з фізики з метою з'ясування оптимального кута кидання малих спортивних снарядів залежно від індивідуальних фізичних даних учня (студента). Наведено приклади виконання означених завдань, а також запропоновано рекомендації щодо їх практичного впровадження.

Ключові слова: *навчальне дослідження, дидактика фізики, міжпредметні зв'язки, малі спортивні снаряди.*

В статье представлены пути реализации подхода к постановке локально-исследовательских задач на примере завершенного исследовательского задания по физике с целью выяснения оптимального угла бросания малых спортивных снарядов в зависимости от индивидуальных физических данных ученика (студента). Приведены возможные варианты исполнения таких задач, а также даны рекомендации по их практическому внедрению.

Ключевые слова: *учебное исследование, дидактика физики, межпредметные связи, малые спортивные снаряды.*

Physics is the science that studies the most essential and fundamental laws of our existence. Therefore, when teaching physics, it is necessary to reflect as broadly as possible the application of physical laws in various fields of human activity. As practice shows, students have a considerable interest in the issues related to the application of physical laws in wildlife, sports, etc.

It is known that such a particular interest of students arises during extracurricular forms of study: electives, sections, competitions, defense of student works, etc. These forms are effective means of organizing a research method of learning, which is realized through the setting of local research objectives.

Educational research has been successfully implemented within individual subjects, but the areas of their implementation within several disciplines, in our opinion, require further study.

Therefore, this article: 1) illustrates the implementation of the above approach to the setting of local research problems based on the example of a completed physics research task to find out the optimal angle of throwing small sports equipment, depending on the individual physical data of the student; 2) suggests possible directions of fulfilling such tasks; 3) gives recommendations for their practical implementation.

Such educational activity certainly promotes the involvement of young people in sports and introduces them to the physical methods of research, that is, creates the precondition for the physical and intellectual development of the subjects of learning.

Areas of search for technologies for the organization of inter-subject studies are poorly developed now and therefore promising.

Key words: *educational research, didactics of physics, cross-domain links, small sporting shells.*

Постановка проблеми. Фізика – це наука, що вивчає найістотніші, найфундаментальніші закономірності нашого буття. Тому у процесі викладання фізики необхідно якомога ширше відображати застосування фізичних законів у різних сферах людської діяльності. Як свідчить практика, значне зацікавлення в учнів (студентів) викликають питання, пов'язані із застосуванням фізичних законів у живій природі, спорті тощо. Зокрема, така зацікавленість у певної категорії учнів (студентів) виникає під час позаурочних форм роботи, як-от: факультативів, гуртків, конкурсів-захистів робіт МАН тощо. Ці форми є надзвичайно ефективним засобом організації дослідницького методу навчання, що реалізується через постановку локальних навчально-дослідницьких задач [5].

Аналіз наукових досліджень і публікацій. Питанням вивчення та впровадження у практику навчання міжпредметних зв'язків займалася значна кількість учених-педагогів (А. Губанова, Є. Леонова, І. Звєрєв, В. Максимова, М. Голобородько, І. Туришев, Б. Гохват, Г. Гранатов, В. Гуревич, В. Монахов, Н. Черкес-Заде, Н. Бурцева, В. Федорова та ін.).

Так, серед напрацювань, що стосуються даної проблематики варто виокремити розвідки таких дослідників, як: Г. Бєлєнький (освітньо-виховні аспекти міжпредметних зв'язків); І. Синчук (шляхи реалізації міжпредметних і внутрішньопредметних зв'язків на уроках теоретичного навчання); Ю. Барабаш, Р. Позінкевич (міжпредметні зв'язки під час вивчення основ наук); А. Королюк (міжпредметні зв'язки у творчому доробку В. О. Сухомлинського); Л. Дольнікова, І. Козловська (система міжпредметних зв'язків знань учнів закладів професійно-технічної освіти) та ін.

Дидактичні засади впровадження навчального дослідження у практику викладання шкільного курсу фізики розроблялися В. Тищуком (лабораторні роботи дослідницького характеру, самостійні дослідження учнів), Ю. Жуком (розв'язування дослідницьких задач за допомогою нових інформаційних технологій), Ю. Галатюком (організація дослідницької роботи учнів), І. Сальник (графічний метод дослідження природних явищ), М. Шутом, В. П. Сергієнком (науково-дослідницька робота учнів та студентів ЗВО), О. Мерзликіним (навчальні дослідження у курсі фізики профільної школи) та іншими вченими.

Тенденція до впровадження дослідницького методу навчання чітко простежується і в методиці викладання математики, про що свідчать дисертаційні дослідження Л. Кареліна (задачі на дослідження в шкільному курсі геометрії), Н. Волкової (розвиток творчого мислення учнів завдяки їх дослідницькій діяльності при вивченні геометрії), І. Горчакової (формування евристичної діяльності учнів за допомогою системи математичних задач).

Згідно з дидактичними наробками [4–7] до характерних особливостей навчального дослідження варто віднести такі: 1) його реалізація потребує поєднання дослідницького методу навчання з іншими, особливо з частково-пошуковим; 2) змістовою стороною навчально-дослідницької діяльності є задачі проблемного характеру; 3) методи навчального дослідження містять елементи методів наукових досліджень: спостереження, експеримент, ідеалізація та моделювання, уявний експеримент, аналогії, метод гіпотез тощо; 4) організація навчального дослідження спрямована на забезпечення самостійної роботи студентів (учнів), її самоорганізації та самооцінки результату; 5) реалізація навчально-дослідницької діяльності здійснюється через спеціально розроблену систему навчально-дослідницьких задач.

Окреслені вище особливості навчального дослідження успішно впроваджуються у рамках окремих навчальних дисциплін, однак напрями впровадження таких досліджень, зміст яких стосується кількох навчальних предметів, на нашу думку, потребують подальшого вивчення, що й спонукало нас до написання даної статті.

Мета статті – проілюструвати реалізацію підходу до постановки локально-дослідницьких задач на прикладі завершеного дослідницького завдання з фізики для з'ясування оптимального кута кидання малих спортивних снарядів залежно від індивідуальних фізичних даних учня (студента).

Виклад основного матеріалу. Зазвичай, запитуючи в учнів або вчителів фізкультури, під яким кутом до горизонту слід кидати спортивний м'яч або гранату, щоб вони залетіли якомога далі, найчастіше можна почути у відповідь: «Звичайно, що під кутом 45°, це навіть у підручнику з фізики написано». Дійсно, у розділі навчального курсу фізики, присвяченому руху тіла, кинутого під кутом до горизонту, чітко доводиться, що максимальна дальність польоту цього тіла за певної початкової швидкості відповідає куту кидання 45°. Однак при цьому вказуються на такі істотні застереження, як: 1) нехтування опором повітря; 2) здійснення кидка з поверхні землі.

Щодо першого застереження, то, як відомо, воно є істотним у випадку досить значної швидкості руху тіла: рух кулі з вогнепальної зброї, бойового снаряду, ракети тощо. Зрозуміло, що швидкість руху кинутих людиною спортивних снарядів є значно меншою. Тому при розрахунку траєкторії польотів цих снарядів першим застереженням можна знехтувати. А от нехтування другим застереження, на наш погляд, є неприпустимим. Дійсно, кидок спортивного снаряду школярем здійснюється на повний зріст, а якщо додати ще й довжину руки, то початкова висота кидка ніяк не може відповідати поверхні землі.

Аналіз методичних порад щодо кидання малих спортивних снарядів на заняттях із фізичної культури [11; 12] свідчить, що конкретні рекомендації щодо оптимального кута кидання, залежно від індивідуальних особливостей школяра, на жаль, відсутні. Так, в одних рекомендаціях [11] зазначено, що снаряд слід кидати під кутом 42–44°, а в інших [9] узагалі рекомендовано кидати м'яч під кутом 45°. Відсутність у таких рекомендаціях урахування індивідуальних фізіологічних властивостей школярів зумовило **актуальність** подібних навчальних досліджень.

Постановка навчально-дослідницького завдання

Задача 1. *Під яким кутом до горизонту **α** потрібно з місця кинути тіло з висоти **h** над поверхнею землі, щоб дальність польоту по горизонталі була максимальною (див. рис. 1)?*

Можливий хід розв'язування. Напишемо рівняння руху тіла вздовж координатних осей *OX* та *OY:*

$$x = \upsilon_0 \cos\alpha \cdot t, \quad y = h + \upsilon_0 \sin\alpha \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 \qquad (1)$$

Виразивши із першого рівняння параметр ***t*** і підставивши його в друге рівняння, одержимо:

$$y = h + x\mathrm{tg}\alpha - \frac{gx^2}{2\upsilon_0^2\cos^2\alpha}. \qquad (2)$$

Перепишемо останній вираз з урахуванням тригонометричної тотожності $\frac{1}{\cos^2\alpha} = 1 + tg^2\alpha$ таким чином:

$$y = h + xtg\alpha - \frac{gx^2}{2\upsilon_0^2}(tg^2\alpha + 1)\,. \qquad (3)$$

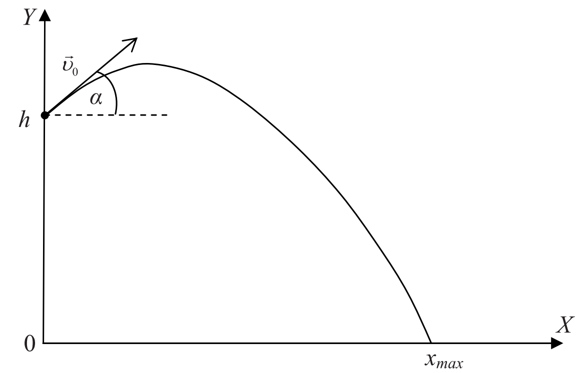


Рис. 1. Траєкторія руху тіла, кинутого з висоти h

У момент падіння координата $y = 0$. Звідки отримується квадратне рівняння відносно x та $tg\alpha$. Для розв'язування поставленої задачі формально слід виразити x через $tg\alpha$ і дослідити цю функцію на максимум (тобто взяти похідну та прирівняти її до нуля). Проте вираз залежності x від $tg\alpha$ містить квадратні корені та є досить громіздким. Тому, щоб не брати похідну такої складної функції, можна запропонувати учням розглянути квадратне рівняння відносно $tg\alpha$, що безпосередньо випливає із (3) при $y = 0$:

$$\frac{gx^2}{2\upsilon_0^2}tg^2\alpha - xtg\alpha - h + \frac{gx^2}{2\upsilon_0^2} = 0. \quad (4)$$

Дискримінант цього рівняння дорівнює:

$$D = x^2 - 4\frac{gx^2}{2\upsilon_0^2}\left(\frac{gx^2}{2\upsilon_0^2} - h\right) = \frac{x^2(\upsilon_0^2 + 2gh)}{\upsilon_0^2} - \frac{g^2x^4}{\upsilon_0^4}. \quad (5)$$

Оскільки, за наявності дійсних коренів квадратного рівняння $D \geq 0$, то згідно з (5) одержимо нерівність, вважаючи усі величини додатними:

$$x \leq \frac{\upsilon_0\sqrt{\upsilon_0^2 + 2gh}}{g}. \quad (6)$$

Із нерівності (6) випливає, що за певних початкових значень швидкості кидання υ_0 та висоти h, максимальна дальність польоту становить:

$$x_{\max} = \frac{\upsilon_0\sqrt{\upsilon_0^2 + 2gh}}{g}. \quad (7)$$

Підстановка значення $x_{\max}$ із (7) у рівняння (4) дає такий результат:

$$\frac{\upsilon_0^2 + 2gh}{2g}\cdot tg^2\alpha - \frac{\upsilon_0\sqrt{\upsilon_0^2 + 2gh}}{g}tg\alpha - h + \frac{\upsilon_0^2 + 2gh}{2g} = 0. \quad (8)$$

Оскільки максимальну дальність польоту $x_{\max}$ забезпечує умова $D = 0$ із (5), то згідно з (8) тангенс кута кидання α_{max}, за якого тіло залетить на максимальну відстань по горизонталі, дорівнює:

$$tg\alpha_{\max} = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a} = \frac{\dfrac{\upsilon_0\sqrt{\upsilon_0^2 + 2gh}}{g}}{2\cdot\dfrac{\upsilon_0^2 + 2gh}{2g}} = \frac{\upsilon_0}{\sqrt{\upsilon_0^2 + 2gh}}. \quad (9)$$

Отже, для надання практичних рекомендацій у виконанні фізичної вправи «кидання малого спортивного снаряда з місця» необхідно знати середню швидкість, яку надає людина снаряду, а також висоту кидка від поверхні землі. Цю інформацію для конкретної людини можна отримати за допомогою програми Tracker, використовуючи відеозаписи її кидків.

Зрозуміло, що із розбігу спортивний снаряд можна кинути значно далі, ніж із місця. Методика розбігу таких кидків докладно описана у джерелах [1–3], однак тут жодним чином не враховано напрям початкової швидкості снаряда відносно спортсмена.

Відповідно до формули додавання швидкостей *(див. рис. 2)* напрям векторів швидкостей снаряда та їх значення відносно спортсмена та землі у момент кидка різняться.

Задача 2. *Ураховуючи швидкість спортсмена відносно землі, швидкість снаряда відносно спортсмена та початкову висоту кидання, визначити, під яким кутом до горизонту β спортсмен повинен кинути снаряд, щоб дальність його польоту була максимальною?*

Як видно із *рисунка 2*, відповідно до теореми косинусів, квадрат швидкості снаряда відносно землі дорівнює:

$$\upsilon_0^2 = \upsilon_1^2 + \upsilon_2^2 + 2\upsilon^1\upsilon^2\cos\beta. \quad (10)$$

Оскільки проекції вектора $\vec{\upsilon}_0$ на осі декартової системи координат OY та OX (на рис. 2 не вказані) відповідно дорівнюють:

$$\upsilon_{0y} = \upsilon_2\sin\beta,\ \upsilon_{0x} = \upsilon_2\cos\beta + \upsilon_1, \quad (11)$$

то

$$tg\alpha = \frac{\upsilon_{0y}}{\upsilon_{0x}} = \frac{\upsilon_2\sin\beta}{\upsilon_2\cos\beta + \upsilon_1}, \quad (12)$$

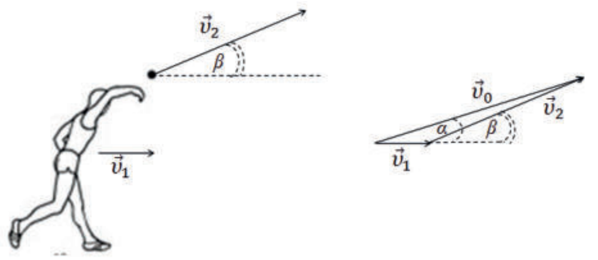


Рис. 2. Напрями векторів швидкостей:
1) снаряда відносно спортсмена ($\vec{\upsilon}_2$),
2) спортсмена відносно землі ($\vec{\upsilon}_1$,
3) снаряда відносно землі ($\vec{\upsilon}_0$)

Максимальна дальність польоту снаряда відповідає умові (9). Тоді з урахуванням виразів (9), (10), (12) одержимо наступний вираз:

$$\frac{\upsilon_2\sin\beta}{\upsilon_2\cos\beta + \upsilon_1} = \sqrt{\frac{\upsilon_1^2 + \upsilon_2^2 + 2\nu_1\nu_2\cos\beta}{\upsilon_1^2 + \upsilon_2^2 + 2\nu_1\nu_2\cos\beta + 2gh}}. \quad (13)$$

Ураховуючи основну тригонометричну тотожність $\sin^2\beta = 1 - \cos^2\beta$, вираз (13) зводиться до кубічного рівняння відносно $\cos\beta$:

$$\begin{aligned} &4\upsilon_1\upsilon_2^3\cos^3\beta + 2\upsilon_2^2(3\upsilon_1^2 + \upsilon_2^2 + gh)\cos^2\beta + \\ &+4\upsilon_1^3\upsilon_2\cos\beta + \upsilon_1^4 - \upsilon_2^2(\upsilon_2^2 + 2gh) = 0. \end{aligned} \quad (14)$$

Математичні методи розв'язування кубічних рівнянь на сьогодні усім відомі, наприклад, формули Кардано, опубліковані ним ще у 1545 році [10].

Проте загальний розв'язок рівняння (14) із застосуванням формул Кардано є досить громіздким, тому можна скористатися готовими комп'ютерними програмами для розв'язування алгебраїчних рівнянь. Зокрема, сайт [13] дозволяє досить швидко знайти корені кубічного рівняння типу

$$ax^3 + bx^2 + cx + d = 0 \quad (15)$$

за відомими числовими значеннями коефіцієнтів a, b, c та d.

Із виразів (14) та (15) випливає, що в цьому випадку:

$$a = 4\upsilon_1\upsilon_2^3,\ b = 2\upsilon_2^2(3\upsilon_1^2 + \upsilon_2^2 + gh),$$

$$c = 4\upsilon_1^3\upsilon_2,\ \text{d} = \upsilon_1^4 - \upsilon_2^2(\upsilon_2^2 + 2gh). \qquad (16)$$

Отже, якщо за відеозаписом кидання малого спортивного снаряда будь-якою людиною завдяки програмі Tracker знайти значення швидкостей υ_1 і υ_2, а за формулами (16) обчислити сталі коефіцієнти кубічного рівняння, то за допомогою сайту [13] в онлайн-режимі можна отримати значення $\cos\beta$.

Практичний розрахунок оптимального кута кидання м'яча з місця

Як уже зазначалося вище, для одержання реальних значень швидкостей потрібно за допомогою програми Tracker опрацювати відеозапис кидків спортивного снаряда конкретним учнем (студентом). Програма Tracker була розроблена викладачем Державного університету Сан-Франциско (США) Дугласом Брауном як засіб дослідження відеозаписів механічних явищ. Означена програма є доступною в мережі Інтернет. Таким чином, автор дав свою згоду на її вільне використання усіма, кому вона необхідна.

Коротко принцип дії програми Tracker можна схарактеризувати таким чином:

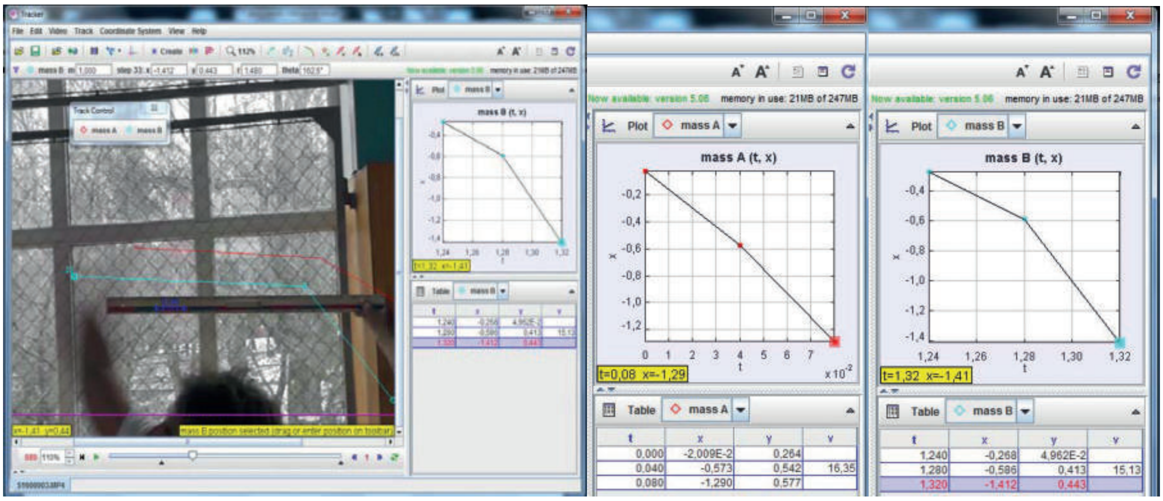
Крок 1. Внесення відеозапису руху тіла (кількох тіл) у базу даних програми (до речі, для калібрування відстаней цей відеозапис повинен містити зображення лінійки або довільного відрізка, що може бути мірою реальної відстані.

Крок 2. Встановлення мірила відеозображення. Для цього в меню слід вибрати відповідну команду, що створює на екрані зображення калібрувального відрізка, кінці якого за допомогою курсору «миша» потрібно навести на відповідні поділки шкали лінійки. Калібрувальному відрізку спочатку приписується довжина 100 у. о. За бажанням його довжину можна перевести в реальні одиниці, скориставшись відповідною функцією меню програми. Наприклад, на *рисунку 3* калібрований відрізок має довжину 0,1 *м*.

Крок 3. Уведення системи координат, яка може бути як Декартовою, так і полярною. Функція такого введення передбачена в меню програми. Початок координат, а також їх осі можна розташувати довільно відносно до зображення відеозапису. Після цього за допомогою відповідних функцій необхідно задати символи тіл у вигляді літер латинського алфавіту, ввести значення мас тіл (за необхідності).

Крок 4. Вибір частоти відеокадрів (для цього в меню передбачена відповідна функція). Після вибору частоти кадрів за допомогою одночасного натискання клавіші Shift та встановлення курсору «миші» на зображення тіла необхідно зафіксувати його положення в кожному кадрі (з цією метою в меню програми передбачена покадрова прокрутка відеозапису). Під час виконання цих дій у відповідному вікні меню програми з'являється таблиця даних залежності значень зазначених користувачем фізичних величин від часу та зображення їх графіків.

На *рисунках 3, 4, 5* зображено вікна програми після опрацювання відеозапису кидання учнем м'яча з місця і з розбігу.



t	x	y	v
0,000	-2,009E-2	0,264	
0,040	-0,573	0,542	16,35
0,080	-1,290	0,577	

t	x	y	v
1,240	-0,268	4,962E-2	
1,280	-0,586	0,413	15,13
1,320	-1,412	0,443	

Рис. 3. Вікна програми Tracker у випадку визначення швидкості кидання м'яча із місця

Як видно із *рисунка 3*, середнє значення швидкості, якої учень надав м'ячу з місця, дорівнює $\upsilon_0 = 15{,}8$ *м/с*. Середня висота над поверхнею землі, з якої було кинуто м'яч, становила 1,95 *м*. Таким чином, відповідно до виразу (9) тангенс кута максимальної дальності кидання дорівнює:

$$tg\alpha_{\max} = \frac{15{,}8}{\sqrt{15{,}8^2 + 2\cdot 9{,}8\cdot 1{,}95}} = 0{,}9313, \qquad (17)$$

що відповідає куту α_{max} = 43°. Одержане значення оптимального кута кидання дещо не відповідає рекомендованому, тобто 45°.

За такої швидкості та висоти кидання максимальна відстань, на яку цей учень зможе закинути м'яч із місця (без розбігу) згідно з (7), дорівнює:

$$x_{\max} = \frac{15{,}8\cdot\sqrt{15{,}8^2 + 2\cdot 9{,}8\cdot 1{,}95}}{9{,}8} = 24{,}7\ м. \qquad (18)$$

Практичний розрахунок оптимального кута кидання м'яча із розбігу

Як видно із *рисунка 4*, середня швидкість м'яча відносно землі після кидка з розбігу становить приблизно 20 *м/с*. Згідно з (7) максимально можлива дальність польоту м'яча за умови оптимального кута кидання дорівнює:

$$x_{\max} = \frac{20\cdot\sqrt{400 + 2\cdot 9{,}8\cdot 1{,}95}}{9{,}8} = 42{,}7\ м. \qquad (19)$$

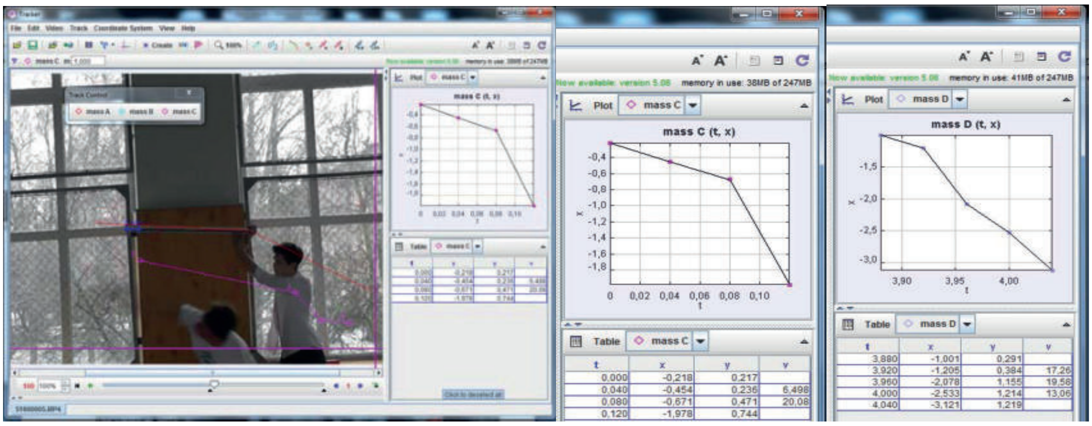


Рис. 4. Вікна програми Tracker у випадку визначення швидкості кидання м'яча відносно землі із розбігу

Середня швидкість руху учня перед кидком дорівнює $\upsilon_1 = 5,7$ *м/с (див. рис. 5)*, тоді значення середньої швидкості кидання м'яча відносно спортсмена природно взяти із даних *рисунка 3*, а саме: $\upsilon_2 = \upsilon_0 = 15,8$ *м/с*.

Тоді відповідно до рівнянь (16) значення коефіцієнтів кубічного рівняння дорівнюють:

$$\begin{aligned} &a = 4 \cdot 5,7 \cdot 15,8^3 = 8,99 \cdot 10^4 \quad (м/с)^4 \\ &b = 2 \cdot 15,8^2 (3 \cdot 5,7^2 + 15,8^2 + 9,8 \cdot 1,95) = 18,28 \cdot 10^4 (м/с)^4 \\ &c = 4 \cdot 5,7^3 \cdot 15,8 = 1,17 \cdot 10^4 \quad (м/с)^4 \\ &d = 5,7^4 - 15,8^2 (15,8^2 + 2 \cdot 9,8 \cdot 1,95) = -7,08 \cdot 10^4 \quad (м/с)^4 \end{aligned} \tag{20}$$

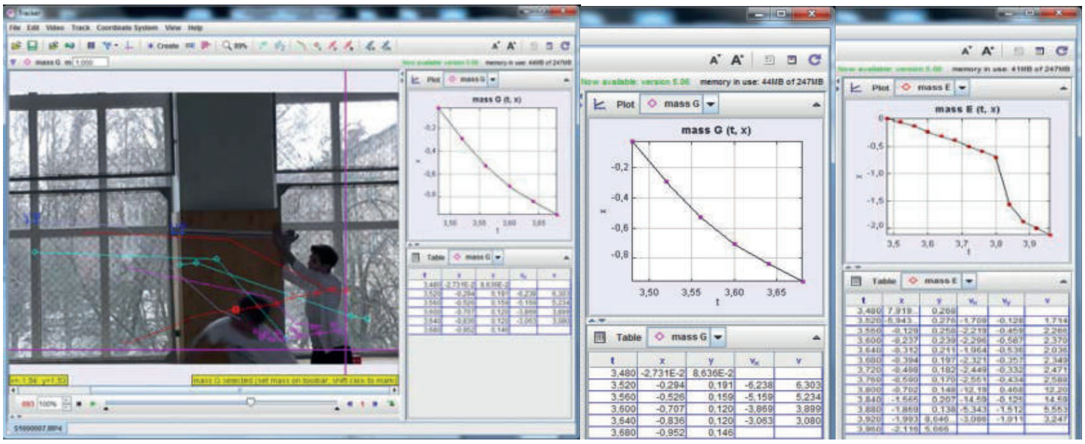
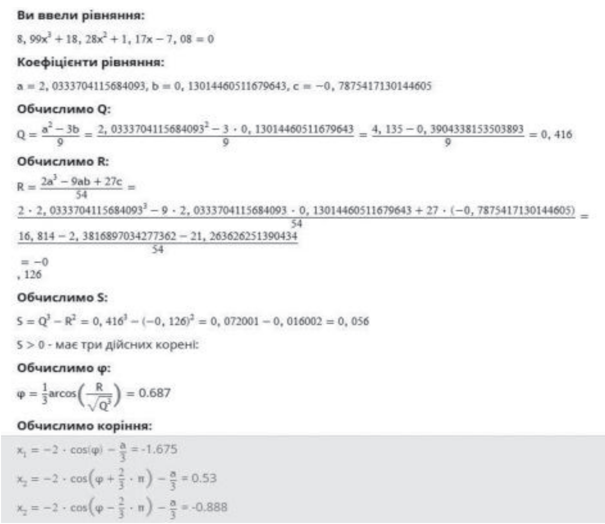


Рис. 5. Вікна програми Tracker у випадку визначення швидкості руху учня відносно землі перед кидком

За допомогою сайту [13] можна отримати значення $\cos\beta$ *(див. рис. 6)*. Зрозуміло, що від'ємні корені цього рівняння слід відкинути. Залишився один додатний корінь $-\cos\beta = 0,53$. Звідки $\beta = 58^\sigma$.



Ви ввели рівняння:

$8,99x^3 + 18,28x^2 + 1,17x - 7,08 = 0$

Коефіцієнти рівняння:

$a = 2,0333704115684093,\ b = 0,13014460511679643,\ c = -0,7875417130144605$

Обчислимо Q:

$Q = \frac{a^2 - 3b}{9} = \frac{2,0333704115684093^2 - 3 \cdot 0,13014460511679643}{9} = \frac{4,135 - 0,3904338153503893}{9} = 0,416$

Обчислимо R:

$R = \frac{2a^3 - 9ab + 27c}{54} =$

$\frac{2 \cdot 2,0333704115684093^3 - 9 \cdot 2,0333704115684093 \cdot 0,13014460511679643 + 27 \cdot (-0,7875417130144605)}{54} =$

$\frac{16,814 - 2,3816897034277362 - 21,263626251390434}{54}$

$= -0$

$,126$

Обчислимо S:

$S = Q^3 - R^2 = 0,416^3 - (-0,126)^2 = 0,072001 - 0,016002 = 0,056$

$S > 0$ - має три дійсних корені:

Обчислимо φ:

$\varphi = \frac{1}{3}\arccos\left(\frac{R}{\sqrt{Q^3}}\right) = 0.687$

Обчислимо коріння:

$x_1 = -2 \cdot \cos(\varphi) - \frac{a}{3} = -1.675$

$x_2 = -2 \cdot \cos\left(\varphi + \frac{2}{3} \cdot \pi\right) - \frac{a}{3} = 0.53$

$x_2 = -2 \cdot \cos\left(\varphi - \frac{2}{3} \cdot \pi\right) - \frac{a}{3} = -0.888$

Рис. 6. Результати розв'язку кубічного рівняння (14) відповідно до числових значень коефіцієнтів (16), (20)

Отже, для досягнення максимальної дальності кидка з розбігу людина із фізичними даними цього учня повинна кидати м'яч під кутом 58$^\sigma$. Якщо при розрахунку кута кидання з місця одержаний результат більш-менш вписується у запропоновані методичні рекомендації, під час кидання з розбігу він істотно відрізняється.

Таким чином, представлені нами педагогічні дослідження дозволяють схарактеризувати ***практичні рекомендації*** щодо впровадження означеної навчальної діяльності учнів (студентів):

- наведені вище алгебраїчні прийоми виконання запропонованих завдань в усьому обсязі доцільно пропонувати виключно учням (студентам) фізико-математичного профілю;
- учням (студентам) хіміко-біологічного профілю, а також здобувачам освіти, які навчаються за математичними спеціальностями та спеціальностями з комп'ютерної техніки, суворі алгебраїчні доведення доцільно замінити комп'ютерними засобами розв'язування конкретних математичних рівнянь, наприклад, графічними програмами;
- учням (студентам) гуманітарних профілів доцільно запропонувати лише кінцеві робочі формули та програмні методи таких досліджень.

Висновок. Ефективність означених вище навчальних досліджень було апробовано у Комунальному закладі «Рівненський обласний науковий ліцей-інтернат ІІ – ІІІ ступенів» Рівненської обласної ради, а також серед першокурсників Національного університету водного господарства і природокористування (м. Рівне). Результати апробації підтвердили неабияку зацікавленість суб'єктів навчання цими дослідженнями. На нашу думку, така зацікавленість є природною, оскільки вона притаманна провідній психологічній діяльності осіб даного віку [8], адже предмет досліджень безпосередньо стосується конкретного індивідуума та його фізичних даних. Крім того, така навчальна діяльність, безумовно, не лише сприяє залученню молоді до занять спортом, а й дає змогу ознайомити їх із фізичними методами дослідження, створюючи таким чином передумови до фізичного та інтелектуального розвитку здобувачів освіти.

Подальші наші дослідження у даному напрямі плануємо спрямувати на впровадження організації навчально-дослідницької діяльності суб'єктів навчання із залученням міжпредметних зав'язків, що, на нашу думку, є досить перспективними, хоча й маловивченими питанням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Артюшенко О. Ф. Легка атлетика: навчальний посібник для студентів факультетів фізичної культури / О. Ф. Артюшенко. – Черкаси : БРАМА-ІСУЕП. 2000. – 316 с.

2. Гацко О. В. Легкоатлетичні вправи : навчально-методичний посібник / О. В. Гацко, Т. Г. Дерека, Н. П. Гнутова. – Київський ун-т імені Бориса Грінченка. – Київ, 2017. – 148 с.

3. Кучеренко В. М. Легка атлетика / В. М. Кучеренко, В. Д. Єднак. – Тернопіль : ТДПУ ім. В. Гнатюка, 2001. – 98 с.

4. Мерзликін О. В. Навчальні дослідження у курсі фізики профільної школи: компетентнісний підхід. URL: http://lib.iitta.gov.ua/6541/1/Merzlykin_paper-Kherson_2014.pdf (дата звернення: 12.05.2020).

5. Рибалко А. В. Системно-структурний аналіз навчального дослідження / А. В. Рибалко, М. Ю. Галатюк // Вісник Чернігівського держ. пед. ун-ту імені Т. Г. Шевченка : збірник. – Чернігів : ЧДПУ, 2009. – № 65. – Вип. 65. – С. 291–294. – (Серія «Педагогічні науки»).

6. Рибалко А. В.Технологія організації навчального дослідження учнів – членів МАН на прикладі завдань з астрономії / А. В. Рибалко, Ю. М. Галатюк // Фізика та астрономія в школі. – 2006. – № 3 – С. 31–35.

7. Рибалко А. В. Організація навчального дослідження студентів молодших курсів ВНЗ під час вивчення фізики та астрономії / А. В. Рибалко, О. Д. Кочергіна, О. С. Рибалко // Вісник Чернігівського державного пед. ун-ту. 2018. – Вип. 153. – С. 122–125. – (Серія «Педагогічні науки»).

8. Фридман Л. М. Психологический справочник учителя / Л. М. Фридман, И. Ю. Кулагина. – М. : Просвещение, 1991. – 288 с.

9. Техніка метання малого м'яча на дальність із розбігу URL: https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/4430 (дата звернення: 16.04.2020).

10. Методи розв'язування рівнянь третього та четвертого степеня: формули Кардано URL: https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/6338 (дата звернення: 06.02.2020).

11. Метання гранати та м'яча URL: https://mylifesport.ru/text.php?id=106 (дата звернення: 16.04.2020).

12. Техніка метання м'яча URL: http://present5.com/texnika-metaniya-myacha-nezavikina-a-v-istoriya (дата звернення: 16.04.2020).

13. Розв'язання кубічних рівнянь URL: http://ua.kalkulilo.net/rozvyazuvannya-kubichnih-rivnyan (дата звернення: 06.02.2020).

Дата надходження до редакції: 14.05.2020 р.