

Міністерство освіти та науки України
Національна металургійна академія України

Теорія та методика
навчання математики,
фізики, інформатики

Збірник наукових праць
Випуск V

Том 2

Кривий Ріг
Видавничий відділ НМетАУ
2005

ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОПЛИННИХ ПРОЦЕСІВ У ШКІЛЬНОМУ ФІЗИЧНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ

Г.П. Половина, В.О. Ківа, М.А. Стовповенко
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Використання науково-дослідницького методу навчання, де діяльність учнів керується педагогом і спрямована на самостійне здобування знань і на опанування методів наукового пізнання все частіше використовується в шкільній практиці [2].

Одним із завдань, що стоять перед шкільним вчителем, є виховання творчої особистості, здатної в майбутньому не лише застосовувати знання, набуті в школі, але і створювати нове як в науці, так і в техніці; вміти від праці отримувати задоволення.

Підвищення продуктивності педагогічної праці неможливе без застосування сучасних технічних засобів навчання (ТЗН). Лавиноподібне зростання різноманітної інформації та обмаль часу на її осмислення та засвоєння потребує пошуку шляхів підвищення ефективності педагогічного процесу. Отже, об'єктивно назріла потреба використання сучасних ТЗН. ТЗН дозволяють, наприклад, різнобічно розглядати та вивчати динаміку різноманітних фізичних процесів, які важко сприймаються в реальному часі їх протікання. В першу чергу це відноситься до вивчення саме швидкоплинних процесів [3], які при допомозі сучасних технічних пристроїв можна спостерігати в уповільненому режимі, як в прямому так і в зворотному напрямках їх протікання та використовувати "стоп-кадр".

Цифрові технології створили цілий ряд електронних пристроїв, що успішно використовуються в якості ефективних технічних засобів навчання. Як правило, це такі: камкордер (сукупність в одному корпусі відеокамери та відеомагнітофону), відеопроєктор, комп'ютер, відеомагнітофон, цифровий фотоапарат та інше.

Вчитель фізики за своїми можливостями має суттєві переваги перед іншими вчителями-предметниками. Ці переваги полягають в тому, що учні з перших уроків фізики можуть експериментально перевірити деякі теоретичні положення, вести спочатку прості, а потім все складніші дослідження, які можуть перейти в наукові. Тільки той вчитель фізики, який повною мірою використовуватиме поряд з іншими науково-дослідницький метод навчання, досягне поставленої мети.

На початку вивчення фізики важливими є простота експерименту та навчання творчого підходу до нього. Вчитель вчить учня знаходити аналітичний розв'язок проблеми; виконувати експериментальні дослідження; оцінювати похибки вимірів; аналізувати одержані результати і таке інше.

Спочатку розглянемо деякі творчі роботи старшокласників, які, використовуючи традиційне обладнання, одержали цікаву інформацію щодо

фізичних процесів. Ці роботи в основному пов'язані з механікою, тобто не вимагають для дослідження дорогої апаратури.

Приклад 1. Ознайомившись із принципом Ферма, учень здивувався, що світло вибирає шлях, на проходження якого витрачається найбільший або найменший час. Він вирішив перевірити, чи є щось подібне в механіці. Ним була виготовлена установка, яка складається з трьох жолобів однако-вих довжин: прямого, опуклого та вгнутого. Три однакових сталевих кульки одноразово починали спуск вниз з однакової висоти, кожна по своєму жо-лобу.

Першою досягала нижнього кінця жолоба кулька, що рухалась по угну-тому жолобу, а та, що рухалась по опуклому – найпізніше. Теорія ствер-джує, що внизу їхні швидкості однакові (рис. 1).

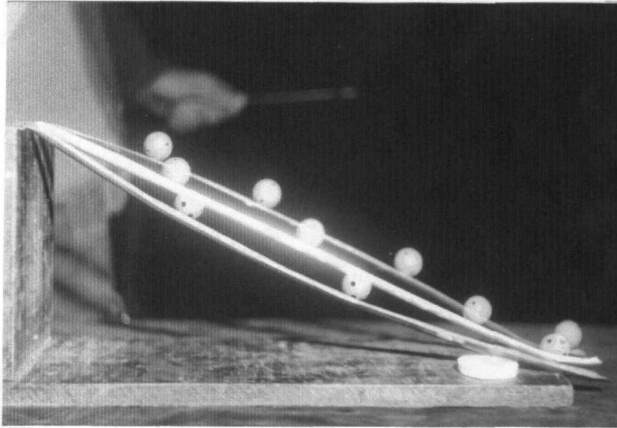


Рис. 1. Скочування кульок по жолобах різного профілю

Експериментально треба було довести, що хоч кульки долали однакові шляхи за різний час, швидкості в кінці спуску в них були однакові.

Учень у своїй роботі запропонував чотири способи перевірки рівності швидкостей в кінці спуску.

1. Розташували пристрій на підлозі, визначив відстань відкочування цих кульок. Так як вони зупинялись на однаковій відстані від пристрою, то, долаючи силу тертя, яка їх зупиняла, вони виконали однакову роботу, значить і швидкості на початку горизонтального руху у них були однакові.

2. Розташували установку на столі, скотили кульки. Скотившись зі столу, ці кульки впали на однаковій відстані, що стверджувало про їх однакові швидкості.

3. На горизонтальній поверхні на шляху кульок, що скочувались і рухались горизонтально, ставили бруски однакової маси. Всі кульки виконували однакову роботу, зсуваючи бруски на однаковій відстані.

4. Жолоби в кінці спуску закінчувались дугами однакового радіуса. Всі

кульки, скотившись з різних жолобів, рухаючись по дузі, піднімались на однакову висоту.

За даними експерименту визначалась кінцева та середня швидкості руху кульок. Для знаходження часу спуску кожної кульки та миттєвих швидкостей в різних точках траєкторій використовували стробоскопічне фотографування. На рисунку 1 показана стробоскопічна фотографія, де чітко видно найбільший та найменший час спуску кульок.

Для визначення часу спуску кожної кульки та їх миттєвих швидкостей використаний відеозапис при допомозі цифрового камкордера з частотою 25 кадрів на секунду. Це дало можливість визначити положення кульок через конкретні рівні проміжки часу. На рисунку 2 показані графіки миттєвої швидкості для трьох вказаних жолобів.

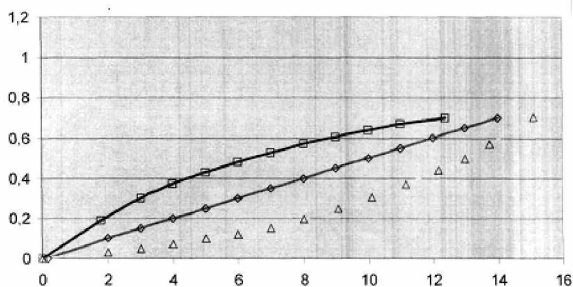


Рис. 2. Графік залежності швидкості кульок від часу руху

Додаткова інформація, яку одержав учень, використавши стробоскопічне фотографування:

1. Графік залежності миттєвої швидкості від часу спуску мав деякі відмінності від теоретично розрахованого. Це примусило перевірити, чи немає проковзування кульок?

2. Перед початком експерименту існувала думка, що при малій масі кульок, які скочуються, більша сила опору повітря буде діяти на ту кульку, яка має більшу миттєву швидкість в деяких точках траєкторії, і цей факт не дозволить перевірити гіпотезу про однакову кінцеву швидкість і різний час спуску. Проте дослідження фотографій з кульками різної маси показали, що гасіння швидкості внаслідок збільшення сили опору повітря в цьому експерименті незначне і ним можна знехтувати.

Приклад 2. Досліджувалась поведінка магнітного феритового кільця на феритовому стержні. При певному співвідношенні діаметрів стержня та кільця це кільце себе вело дивно, коли обертаючись, опускалось по вертикально розташованому стержню. Дивним в цьому експерименті було те, що коли магнітне кільце було повернуте північним полюсом вгору, то воно рівномірно обертаючись, рівномірно опускалось вниз. Коли ж кільце було повернуте вгору південним полюсом, то опускаючись, виконувало декілька обертів за годинниковою стрілкою, на деяку мить зупинялось, потім почи-

нало обертатись проти годинникової стрілки і так далі, опускаючись по стержню вниз.

Щоб дослідити вплив магнетизму, сили тертя, гіроскопічного ефекту на поведінку магнітного феритового кільця, були проведені дослідження поведінки дерев'яного кільця на дерев'яному стержні, та феритового – на феро-, пара- та діаманітному стержнях. Стробоскопічні зйомки поведінки кілець дали змогу дослідникам помітити ряд закономірностей, які неможливо побачити з причини їх швидкоплинності, а саме:

– представлено саме собі кільце з будь-якого матеріалу на вертикальному стержні, опускається вниз і рівномірно обертається;

– феритове намагнічене кільце на феритовому (напівпровідник) та феромагнітному (провідник) стержнях (коли північний полюс повернуто вгору) обертається, рівномірно опускаючись, але біля нижнього кінця стержня починає обертатись швидше і зависає на ньому;

– феритове кільце, повернуте південним полюсом вгору на феритовому стержні, на початку спуску обертається в одному напрямку, зупиняється і починає обертатись в протилежному напрямку; якщо ж тепер кільцю в нижній точці надати обертового руху в горизонтальній площині, то кільце почне підніматись по стержню вгору.

На рисунку 3 наведена стробоскопічна фотографія феритового кільця при положенні південного полюса вгорі. Видно, що площина його обертання змінюється.

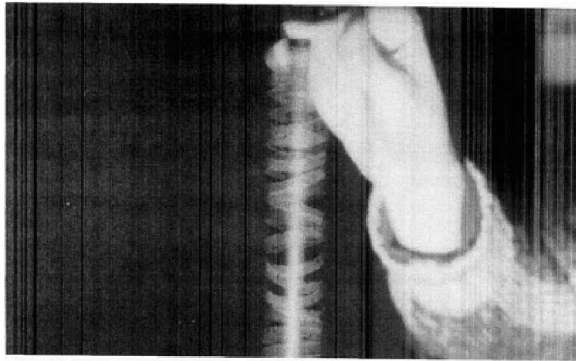


Рис. 3. Рух феритового кільця

Приклад 3. Досліджувалась передача удару тілом, що має вісь обертання. Установка складалась з дерев'яної рейки, що вільно обертається на підставці. На одному кінці рейки знаходилась кулька, а на другий кінець з деякої висоти падала інша. Перша кулька підскакувала вгору в результаті зіткнення другої кульки з важелем.

Досліджувалась залежність висоти відскоку другої та першої кульок від: 1) відстані до центру обертання рейки; 2) співвідношення мас кульок; 3) висоти падіння. Але найбільший інтерес був у визначенні моменту відри-

ву кульки, що спочатку була в стані спокою. Чи вона відривається і летить вгору в момент удару падаючої кульки, чи в той момент, коли важіль ударяється об горизонтальну поверхню?

На рисунку 4 наведено стробоскопічну фотографію, на якій показано координати кульки, що піднімалась вгору після удару об важіль падаючої кульки та координати кінця важеля, на якому лежала ця кулька. Як видно з фотографій, подібних до наведеної, час взаємодії кульки, що впала на важіль, з важелем менше 0,04 с, а друга кулька відривається від важеля, на якому лежала, за такий самий час. Тобто, момент відриву другої кульки співпадає з моментом зіткнення першої кульки з важелем. Удар пружний. Як показали дослідження стробоскопічних фотографій, несиметричність траєкторії кульки, що підстрибує від удару, пов'язана з її обертальним рухом.

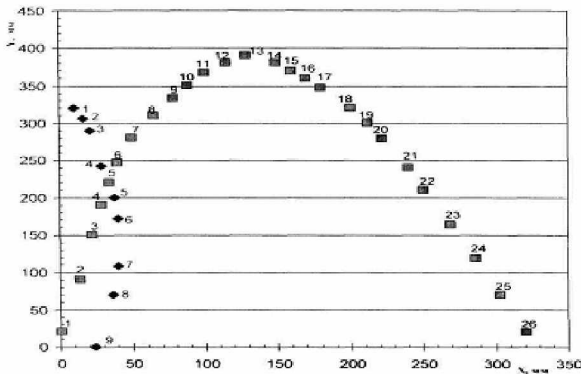
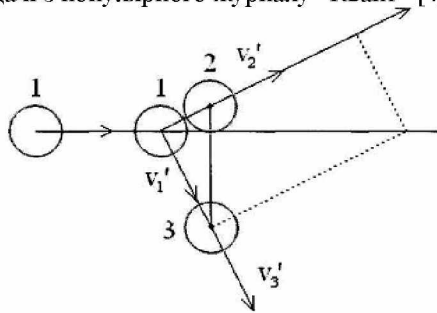


Рис. 4. Координати руху кульки. Координати руху важеля праворуч, на які знаходилась кулька до удару

Приклад 4. Бажання провести експериментальні дослідження виникло після розв'язку задачі з популярного журналу “Квант” [4].



Задача. Три однакові гладенькі більйардні кулі з радіусами R розташовані на гладенькій горизонтальній поверхні. Кулі 1 надали швидкості v_0 . Вона ударяється спочатку об кулю 2, а потім об кулю 3 і зупиняється. Ви-

значити відстань r між центрами куль 2 та 3 та швидкості, які будуть у куль після удару. Удари абсолютно пружні. Визначити кут розльоту куль 1 і 2 після удару.

Із закону збереження імпульсу

$$mv_1 = mv_1' + mv_2', \quad (1)$$

де mv_1 – імпульс кулі 1 до удару (кількість руху кулі 2 дорівнює нулеві);

mv_1' і mv_2' – імпульс першої та другої куль після удару.

З закону збереження енергії при пружному ударі маємо:

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_1'^2}{2} + \frac{mv_2'^2}{2} \quad (2)$$

З рисунка до задачі та з рівняння (2) маємо

$$\begin{cases} v_1^2 = v_1'^2 + v_2'^2 - 2 \cdot v_1' v_2' \cdot \cos \alpha \\ v_1^2 = v_1'^2 + v_2'^2 \end{cases} \quad (3)$$

З (3) маємо: $2 \cdot v_1' v_2' \cos \alpha = 0$, але оскільки $v_1' \neq 0$ та $v_2' \neq 0$, то $\cos \alpha = 0$, отже $\alpha = 90^\circ$, тобто кут розльоту кульок при пружному ударі завжди дорівнює 90° .

З рисунка видно, що відстань між кулею 2 і 3 рівна $4R$; $r = 4R$.

З метою перевірки того несподіваного для школярів факту, про те, що кут розльоту кульок при пружному ударі завжди дорівнює 90° , досліджувались пружні нецентрально удари більярдних куль. Стробоскопічні дослідження показали, що при будь-якому пружному нецентральному ударі кут розльоту кульок, (якщо одна з них до удару була в стані спокою, а друга налітала на неї), завжди дорівнював 90 градусів. На рисунку 5 – стробоскопічна фотографія для цього випадку.

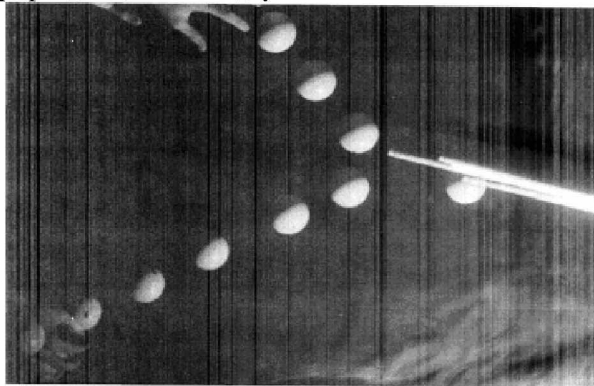


Рис. 5. Розлітання кульок після удару

Нами були використані творчі роботи учнів Центрально-Міського ліцею м. Кривого Рогу, які, виконуючи дослідження, робили суб'єктивні відкриття у фізиці. Вони ставили перед собою задачі, відповіді на які не були

ними знайдені в літературі й експериментально та теоретично досліджували їх. При цьому вони мали нагоду переконатись, що експериментальні дослідження з використанням сучасних технічних засобів дають не тільки інформацію для роздумів, але й показують, що в експерименті насамперед слід враховувати суттєві й несуттєві фактори та різного роду похибки.

Стробоскопічне фотографування дозволяє фіксувати місцеположення рухомих тіл у різні моменти часу, проте потребує багато часу на виготовлення фотографій. При наявності цифрового фотоапарату цей процес значно спрощується, так як оперативно можна отримувати різну кількість фотографій. Використання камкордера уможливорює ефективне дослідження динаміки руху фізичних тіл. Перенесення записаної на камкордері інформації на вінчестер комп'ютера дає можливість її подальшого редагування в цифровій формі, оперативного тиражування на компакт-дисках при збереженні високих технічних характеристик.

Використання мультимедійного проектора дозволяє переглядати записану інформацію на екрані значних розмірів без затемнення приміщення. Особливо це важливо при вивченні дрібних об'єктів.

Таким чином, використання сучасних технічних засобів значно підвищує продуктивність педагогічної праці, є діючим засобом в ефективному засвоєнні фізичних знань.

Література:

1. Галатюк Ю., Рибалко А. Впровадження системи дослідницьких задач в курсі фізики середньої школи // Сучасні технології в науці та освіті. – 2003. – Т. 2. – С. 49-55.
2. Белкин Н.К. Стробоскопический эффект // Квант. – 1985. – № 9. – С. 23-28.
3. Квант. – 1988. – №2. – С. 34.