

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

ПЕТРИЧЕНКО Олександр Анатолійович – аспірант кафедри педагогіки та освітнього менеджменту Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.

Наукові інтереси: хмарні технології та соціальні мережі для навчання.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

PETRICHENKO Alexey Anatolyevich – postgraduate student of the Department of Pedagogy and Educational Management of the Central Ukrainian State Pedagogical University named after Volodymyr Vynnychenko.

Circle of research interests: cloud technologies and social networks for learning.

Дата надходження рукопису 29.03.2019р.

УДК 378.147

ПРАВДА Михайло Іванович –

кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри фізики Запорізького національного технічного університету
ORCID ID 0000-0002-5374-5538

e-mail: pravda@zntu.edu.ua

КУРБАЦЬКИЙ Валерій Петрович –

кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри мікро- та наноелектроніки Запорізького національного технічного університету
ORCID ID 0000-0002-3927-9657

e-mail: kurbat@zntu.edu.ua

ЗІТКНЕННЯ КУЛЬ У ЛАБОРАТОРНОМУ ФІЗИЧНОМУ ПРАКТИКУМІ

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Фізичні явища при зіткненні тіл досить складні. Тіла що зіткаються деформуються, виникають пружні сили і сили тертя, в тілах збуджуються коливання та хвилі і т. і. [1, с. 144]. Відрізняють два крайніх випадки зіткнень: *не пружне* та *пружне*. Під час не пружного зіткнення всі вище згадані процеси в решті решт припиняються і в подальшому обидва тіла, з'єднавшись разом, рухаються як єдине тверде тіло.

Цікаві перетворення кінетичної та потенціальної енергій спостерігаються при *абсолютно пружному зіткненні*. Так називають зіткнення тіл, в результаті якого їх внутрішня енергія не змінюється. У чистому вигляді такий випадок зіткнення макроскопічних тіл не зустрічається, але до нього можна підійти досить близько, наприклад, при зіткненні бильярдних куль виготовлених із слонової кістки або металевих куль виготовлених із загартованої сталі.

Із загальних міркувань зрозуміло, що зіткнення куль не відбувається миттєво, а навпаки триває певний час. Зрозуміло, що безпосереднє теоретичне та досліднє визначення цього часу являє собою актуальне завдання як із наукової так і з методичної точки зору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз публікацій на цю тему показує, що у більшості лабораторних практикумів задача безпосереднього визначення часу зіткнення куль не ставиться взагалі. Визначенню власне часу зіткнення куль присвячені методичні розробки у не багатьох фізичних практикумах. Наприклад, у фундаментальному практикумі [2, с.62] час зіткнення куль визначається за допомогою балістичного гальванометра. Якщо металеві кулі з'єднати провідником із зарядженим конденсатором, то конденсатор під час зіткнення куль буде

розряджатись і час зіткнення можна ототожнити із часом розрядки. Для теоретичного визначення часу зіткнення в роботі пропонується наступна формула:

$$\tau = t \cdot N / N_0 \tag{1}$$

де v - відносна швидкість куль, а α та β - коефіцієнти, що визначаються експериментально. Таким чином в роботі пропонується напівемпіричний метод теоретичного визначення τ .

У роботі [3, с.62] для експериментального визначення часу зіткнення через електричний контакт між кулями пропускають змінний електричний струм у вигляді П-подібних електричних імпульсів. За допомогою спеціального лічильника імпульсів визначають їх кількість, що проходить через контакт між кулями за певний фіксований час (наприклад за 1 секунду) та за час зіткнення. Після чого час зіткнення визначається за формулою:

$$\tau = t \cdot N / N_0 \tag{2}$$

де t - час експозиції, N – кількість імпульсів за час зіткнення, N_0 – кількість імпульсів за час експозиції. Для теоретичної оцінки тривалості зіткнення в роботі пропонується наступна формула:

$$\tau = c \cdot \varphi^k \tag{3}$$

де φ - кут відхилення однієї кулі із положення рівноваги; c – стала величина, що залежить від пружних властивостей матеріалу, із якого зроблені кулі; k – показник ступеня, який визначається експериментально. Таким чином і в цій роботі також пропонується напівемпіричний метод теоретичного визначення τ .

В роботі, що пропонується експериментальна частина визначення часу зіткнення практично не відрізняється від методу визначення τ роботи [3].

Мета статті. Метою даної роботи було теоретичне та експериментальне визначення часу зіткнення куль виготовлених із загартованої сталі та співставлення даних теорії та експерименту, а також впровадження отриманих результатів у лабораторний фізичний практикум.

Методи дослідження. Таким чином в роботі запропоновано класичний метод фізичного дослідження, який полягає у поєднанні теоретичної та експериментальної компонент щодо розв'язання конкретної фізичної задачі, доступний для розуміння та засвоєння студентами Вишу.

Виклад основного матеріалу дослідження.
Теоретична частина. Розглянемо зіткнення двох куль радіуса R в системі відліку, в якій кулі рухаються назустріч одна до одної (рис.1). На рисунку заштрихована область – область деформації куль підчас їх зіткнення.

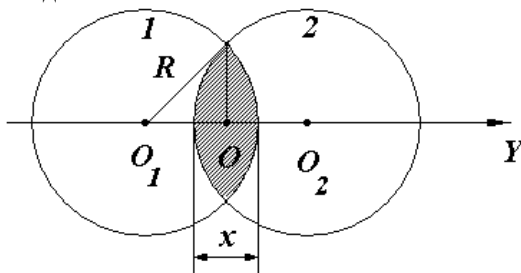


Рис.1 Схема зіткнення куль

Позначимо деформацію куль через x . Тоді координата центру кулі 2 дорівнюватиме:

$$y = R - \frac{x}{2} \tag{4}$$

При виконанні умови $x \ll R$ для площі контакту між кулями маємо:

$$S = \pi(R^2 - (R - \frac{x}{2})^2) \approx \pi R x \tag{5}$$

Відповідно для сили, що діє між шарами маємо:

$$F = E \cdot \frac{x}{2R} \cdot \pi R x = \frac{\pi E x^2}{2} \tag{6}$$

де E – модуль Юнга. Враховуючи наведене вище, на підставі закону збереження енергії маємо:

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{\pi E}{12} x^3 = const = \frac{E_0}{2} \tag{7}$$

де E_0 - енергія кулі перед зіткненням в лабораторній системі відліку. Із рівняння (7) для швидкості кулі маємо:

$$v = \frac{dx}{dt} = \sqrt{\frac{1}{m} (E_0 - \frac{\pi E}{6} x^3)} \tag{8}$$

Після розділення змінних у формулі (8) для часу зіткнення куль отримуємо:

$$\tau = \int_0^{x_{max}} \frac{dx}{\sqrt{\frac{1}{m} (E_0 - \frac{\pi E}{6} x^3)}} \tag{9}$$

або:

$$\tau = \sqrt{\frac{m}{E_0}} \int_0^{x_{max}} \frac{dx}{\sqrt{1 - \frac{\pi E}{6E_0} x^3}} = \sqrt{\frac{m}{E_0}} \cdot (\frac{6E_0}{\pi E})^{\frac{1}{3}} \cdot \int_0^1 \frac{dt}{\sqrt{1-t^3}} \tag{10}$$

Інтеграл у формулі (10) дорівнює:

$$\int_0^1 \frac{dt}{\sqrt{1-t^3}} = \frac{\sqrt{\pi}}{3} \approx 1.4 \tag{11}$$

Для енергії кулі перед зіткненням при умові $\varphi \ll 1$ маємо:

$$E_0 = mgl(1 - \cos \varphi) = 2mgl \sin^2 \frac{\varphi}{2} \approx \frac{1}{2} mgl \varphi^2 \tag{12}$$

Таким чином для часу зіткнення куль остаточно одержуємо формулу:

$$\tau = 1.33 \cdot (\frac{m}{\sqrt{lE}})^{1/3} \cdot \varphi^{-1/3} \tag{13}$$

де m – маса кулі; l – довжина підвісу; E – модуль Юнга; φ - кут відхилення кулі від положення рівноваги.

Експериментальна частина. Для експериментального визначення часу зіткнення куль в роботі використовується експериментальна установка, схему якої зображено на рис. 2. Дві однакові кулі 1 масою m кожна, виготовлені із загартованої сталі підвішені на кронштейнах довжиною l так, що у стані рівноваги їх поверхні дотикаються утворюючи електричний контакт. Від генератора електричних імпульсів 2 із частотою порядку 10^5 Гц через контакт між кулями проходять П-подібні електричні імпульси, які реєструються лічильником 3. За допомогою цього пристрою можна виміряти час, на протязі якого кулі дотикаються одна до одної, зокрема і час зіткнення куль під час удару. Для чого одну із куль відхиляють від положення рівноваги на певний фіксований кут φ і відпускають. Після зіткнення електричний контакт між кулями переривається і лічильник показує кількість імпульсів, які пройшли через контакт між кулями за час удару.

Власне час зіткнення куль визначається за формулою (2). В лабораторній роботі пропонується виміряти спочатку кількість електричних імпульсів N_0 , що проходять через контакт між кулями за певний фіксований час t (час експозиції). Після чого вимірюється кількість електричних імпульсів N , що проходять через контакт між кулями за час їх зіткнення при різних кутах φ . Теоретичні значення часу зіткнення куль τ розраховується за формулою (13), а експериментальні за формулою (2). Отримані

результати відображаються на теоретичному та експериментальному графіках залежності $\tau = f(\varphi)$ побудованих на одному графічному полі.

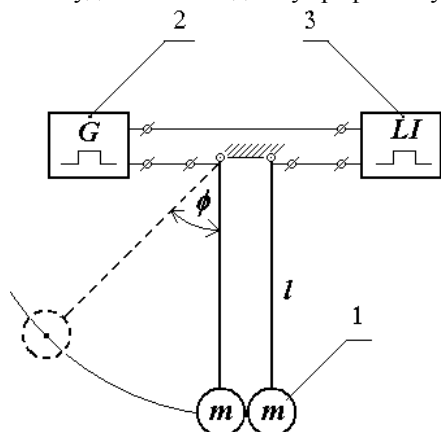


Рис.2 Схема експериментальної установки

Висновки з дослідження і перспективи подальших розробок. Дослід показує, що теоретичні та експериментальні результати задовільно співпадають між собою, хоча теорія дає дещо більші значення τ , ніж ті, що отримуються в експерименті. В цілому ж справедливність формули (13) для розрахунку часу зіткнення куль підтверджується, що дозволяє впровадити дану методику в навчальний процес.

Щодо перспектив подальших розробок, то додаткове дослідження певних розбіжностей теоретичних та дослідних даних без сумніву представляє як науковий так і методичний інтерес.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. 1. М.: Наука, 1977. 519 с.
2. Физический практикум / под ред. проф. В. И. Ивереновой. М.: Гостехиздат, 1955. 634 с.
3. Методичні вказівки до лабораторних робіт з фізики. Механіка. Молекулярна фізика. Частина 1. Для студентів інженерно-технічних спеціальностей денної

форми навчання / укладачі: Лоскутов С. В. та ін. Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. 90 с.

REFERENCES

1. Sivukhin, D. V. (1977). *Obshchiy kurs fiziki* [The general course of physics]. T.1. Nauka, Moscow, Russian.
2. *Fizicheskiy praktikum* (1955) [Physical Practice] / Pod red. Iverenovoy, V. I. Gostekhizdat, Moscow, Russian.
3. *Metodychni vkazivky do laboratornykh robot z fizyky. Mekhanika. Molekulyarna fizyka. Chastyna 1. Dlya studentiv inzhenerno-tekhnichnykh spetsial'nostey dennoyi formy navchannya* (2009) [Methodological instructions for laboratory work in physics. Mechanics. Molecular physics. Part 1. For students of engineering and technical specialties of full-time education] / Ukladachi: Loskutov, S.V. ta in., ZNTU, Zaporizhzhya, Ukraine.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

ПРАВДА Михайло Іванович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики Запорізького національного технічного університету.

Наукові інтереси: лабораторний фізичний практикум, методика викладання фізики.

КУРБАЦЬКИЙ Валерій Петрович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри мікро- та наноелектроніки Запорізького національного технічного університету.

Наукові інтереси: теоретична фізика, лабораторний фізичний практикум, методика викладання фізики.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

PRAVDA Mikhail Ivanovich – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics of Zaporizhzhya National Technical University.

Circle of research interests: laboratory physics workshop, methods of teaching physics.

KURBATSKY Valery Petrovich – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Micro- and Nanoelectronics of Zaporizhzhya National Technical University.

Circle of research interests: theoretical physics, laboratory physics workshop.

Дата надходження рукопису 20.03.2019р.

УДК 372.091.26

РУДЕНКО Євгеній Володимирович –

аспірант кафедри фізики та методики її викладання Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка, вчитель НВК «Олександрійський колегіум – спеціалізована школа»

ORCID ID 0000-0003-0799-0433

e-mail: black1020hole@gmail.com

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ПЕРЕВІРКИ МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ КВАНТОВОЇ ФІЗИКИ В ПЕДАГОГІЧНИХ КОЛЕДЖАХ І-ІІ РІВНЯ АКРЕДИТАЦІЇ

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Фізичний компонент розглядається у тісному зв'язку з предметами природничого напрямку і є важливою складовою процесу формування наукового стилю мислення, наукового світогляду та науково-природничої картини світу.

Оскільки фізика є фундаментальною наукою, яка вивчає загальні закономірності перебігу природних явищ, тому саме даний курс фізики закладає основи світорозуміння на різних рівнях пізнання природи і дає загальне обґрунтування природничо-наукової картини світу. Тому виникає гостра освітня потреба