

## КОЛИВАННЯ ТІЛ ПРАВИЛЬНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ У ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ З ФІЗИКИ

*Запропоновано удосконалення лабораторного практикуму із фізики шляхом впровадження нових лабораторних робіт по дослідженню коливань фізичного маятника у вигляді стержня, обруча, кулі.*

**Ключові слова:** лабораторний практикум із фізики, фізичний маятник.

Викладання механіки обертального руху пов'язане із низкою методичних труднощів, обумовлених використанням нових для студента понять та величин, таких як момент сили, момент імпульсу, момент інерції, тощо, досить складних як із математичної, так і суто фізичної точки зору. Не абияку користь у опануванні студентом цього не простого матеріалу, у розумінні таких важливих законів, як основне рівняння динаміки обертального руху, теорема Штейнера, тощо відіграє лабораторний практикум, який є невід'ємною частиною навчання, і його не можна ані вилучити з навчального процесу, ані замінити будь-якими новітніми технологіями на кшталт комп'ютерного моделювання. Науковий метод дослідження явищ природи, притаманний в першу чергу фізиці, полягає в поєднанні теорії та експерименту. Тобто, теоретичні положення, що висуваються, підлягають обов'язковій експериментальній перевірці, і фізичними законами стають тільки ті з них, які узгоджуються з дослідом.

Вимірювання, які виконуються студентом на лабораторних роботах власноруч саме дають йому той дослідний матеріал, на підставі якого він має впевнитись у справедливості даного фізичного закону. До того ж, чим простіші матеріали лабораторної роботи і чим більше звичні вони учневі, тим краще він зрозуміє ідею, яку повинен ілюструвати цей дослід. Виховна цінність таких дослідів часто обернено пропорційна складності приладів [1].

У якості таких простих лабораторних експериментів у механіці традиційно використовуються коливання простих механічних систем, зокрема коливання вантажу на пружині, математичного маятника, оборотного фізичного маятника тощо.

**Мета** даної роботи полягала у розробці методики виконання нових лабораторних робіт з дослідження коливань тіл простої геометричної форми, а саме, стержня, обруча та кулі.

Як відомо, момент інерції тіла довільної геометричної форми відносно певної фіксованої осі визначається інтегралом:

$$I = \int r^2 \cdot dm. \quad (1)$$

Інтегрування згідно формули (1) для стержня, обруча та кулі відносно їх осей симетрії відповідно приводять до результатів:

$$I_{01} = \frac{ml^2}{12}; \quad I_{02} = mR^2; \quad I_{03} = \frac{2}{5}mR^2, \quad (2)$$

де  $m$  – маса кожного із тіл;  $l$  – довжина стержня; а  $R$  – радіус обруча або кулі відповідно.

На підставі основного рівняння динаміки обертального руху (яке для обертального руху є еквівалентом другого закону Ньютона) для періоду коливань фізичного маятника маємо:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mga}}, \quad (3)$$

де момент інерції  $I$  знаходиться по теоремі Штейнера:

$$I = I_{01,02,03} + ma^2, \quad (4)$$

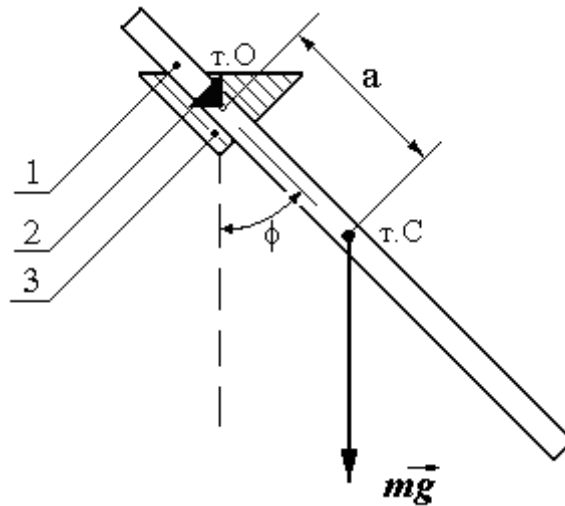
де  $a$  – відстань між віссю симетрії тіла та віссю, що проходить паралельно до неї.

На підставі формул (2) – (4) для періодів коливань стержня, обруча та кулі відповідно одержуємо:

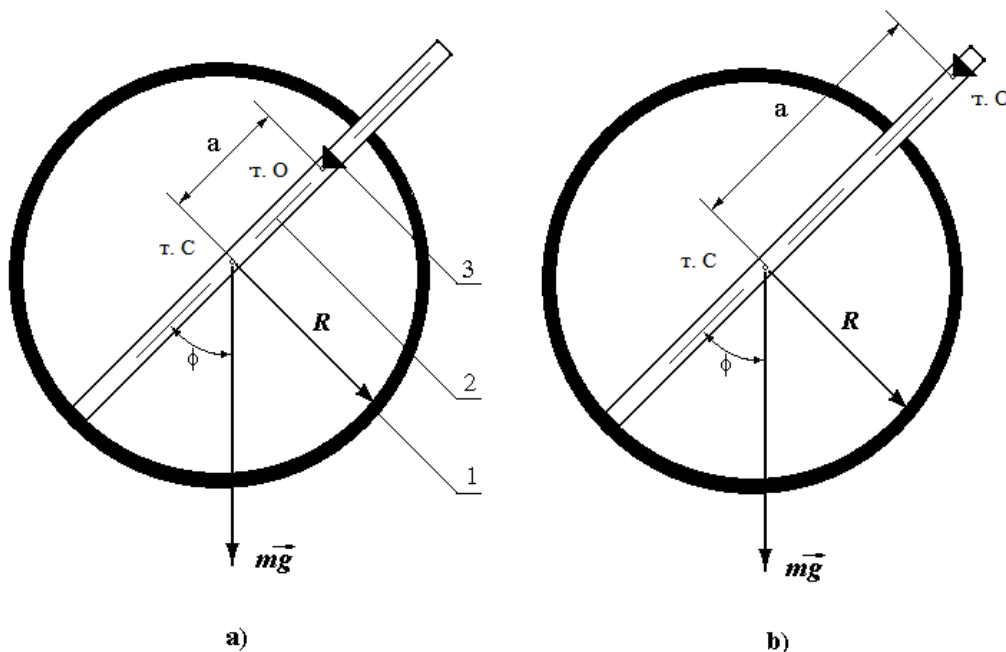
$$T_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \sqrt{\frac{l^2}{12a} + a}; \quad T_2 = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \sqrt{\frac{R^2}{a} + a}; \quad T_3 = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \sqrt{\frac{0,4R^2}{a} + a}. \quad (5)$$

Формули (5) перевіряються експериментально за допомогою пристроїв зображених на мал. 1 – 3.

На мал.1 зображено пристрій для дослідження коливань стержня. Уздовж стержня 1 пересувається опорна призма 2, яку можна закріплювати на будь-якій відстані  $a$  від центру мас стержня і встановлювати на нерухомий кронштейн 3 [2].



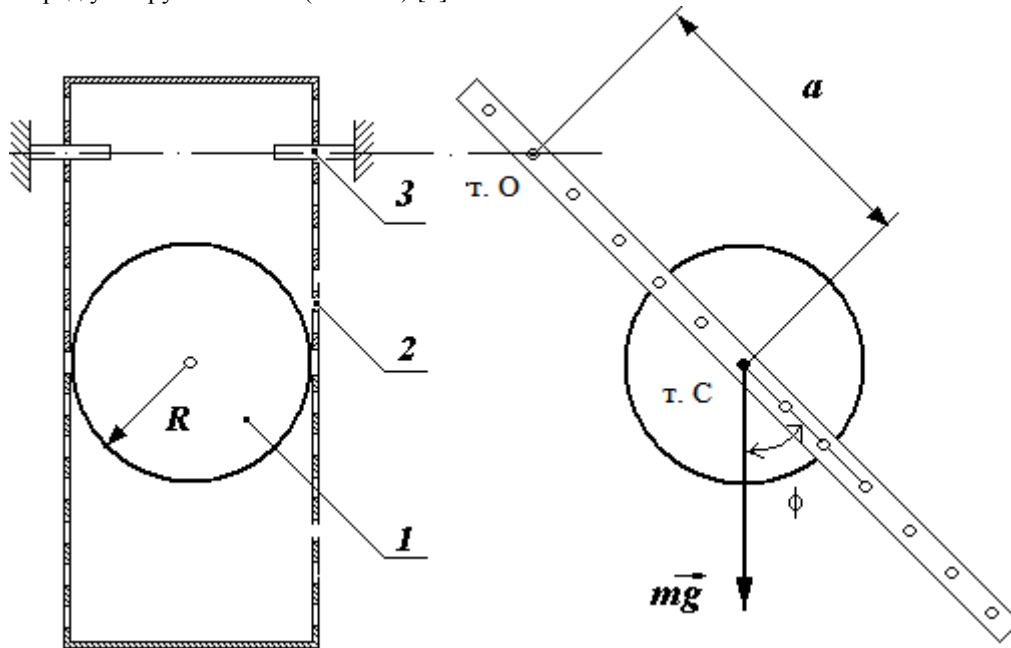
Мал. 1. Пристрій для дослідження коливань стержня



Мал. 2. Пристрій для дослідження коливань обруча

На мал. 2 представлено схему пристрою для дослідження коливань обруча. До обруча 1 приєднано допоміжний легкий стержень 2, масою якого можна знехтувати у порівнянні із масою самого обруча. Уздовж стержня 2 вільно пересувається опорна призма 3, яку можна закріплювати на будь-якій відстані

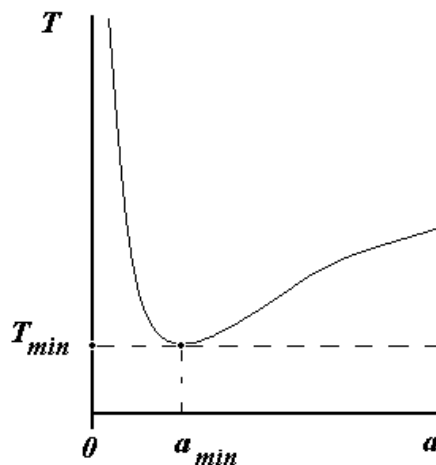
$a$  від центру мас обруча – як на відстані  $a$  меншій за радіус обруча –  $a < R$  (мал. 2а), так і на відстані  $a$  більшій за радіус обруча –  $a > R$  (мал. 2.б) [3].



Мал. 3. Пристрій для дослідження коливань кулі

На мал. 3 представлено схему пристрою для дослідження коливань кулі, який складається із власне кулі 1, рамки із отворами 2, яка утримує кулю та двох нерухомих опорних штоків 3, на яких коливається куля, і через які проходить вісь обертання –  $m.O$ . Маса рамки набагато менша за масу кулі, так що впливом рамки на характер коливань можна знехтувати. За допомогою отворів на рамці відстань  $a$  від осі обертання –  $m.O$  до центру мас кулі –  $m.C$  можна змінювати, притому  $a$  можна встановлювати як більшою, так і меншою за радіус кулі  $R$  [4].

Як видно із формул (5) період коливань всіх тіл, що розглядаються, нелінійно залежить від параметру  $a$ . При певному значенні  $a$  функція має мінімум, координату якого  $a_{min}$  можна знайти із умови екстремуму функції:  $\frac{dT}{da} = 0$ . Графік залежності періоду коливань від параметру  $a$  показаний на мал. 4.



Мал. 4 Графік залежності періоду коливань від параметру  $a$

Вимірювання показують, що експериментальні значення періоду з високим рівнем точності збігаються із теоретичними.

**Висновки.** Запропоновані лабораторні роботи на наш погляд досить вдало поєднують в собі теоретичну та експериментальну компоненти, органічне поєднання яких власне і становить сутність наукового методу дослідження природи.

Із суто математичної точки зору для студента буде важливою практика із інтегрування при знаходженні формул для моментів інерції стержня, обруча та кулі, для котрих інтеграл (1) можна визначити аналітично. Навички диференціювання набуваються при знаходженні похідних від функцій (5) при визначенні мінімуму цих функцій.

Із точки зору фізичної теорії важливим є знайомство на практиці із основним рівнянням динаміки обертального руху, на підставі якого одержується загальна формула періоду для малих коливань фізичного маятника (3) та застосовується теорема Штейнера. І що є найважливішим – ці теоретичні положення перевіряються студентом власноруч експериментально.

Таким чином, запропоновані лабораторні роботи можуть бути корисними для формування у студентів наукового світогляду та способу мислення.

### Використані джерела

1. Максвелл Дж. Статьи и речи. – М: Наука, 1968. – 414 с.
2. Правда М.І. Методичні особливості будови лабораторної роботи "Колівання стержня" // Наукові записки. – Випуск 66.-Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. Винниченка. – 2006. – Частина I. – 229 с.
3. Правда М.І. Методичні особливості лабораторної роботи "Колівання обруча"// Наукові записки. Випуск 4. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина I. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. Винниченка, 2013. – С. 215-217. – Умов. друк. арк. 0,5. – Авт. арк. – 0,175.
4. Правда М.І. Лабораторна робота "Колівання кулі" //Збірник тез науково-практичної конференції Засоби і технології сучасного навчального середовища, м. Кіровоград 22-23 травня 2015. – С. 171-173.

*Pravda M., Pyankov V.*

### BODIES OSCILATIONS REGULAR GEOMETRIC SHAPE IN THE PHYSICS LABORATORY WORKSHOP

*Teaching the mechanics of rotational motion associated with a number of methodological difficulties caused by the use of new concepts for the student and variables such as time of strength, momentum, moment of inertia, etc., is difficult as a mathematical and purely physical point of view. Not to what benefit to mastering a student not simple material within the meaning of such important laws as the main dynamic equations of rotational motion, Steiner theorem, etc. plays laboratory practice, which is an integral part of learning, and it can neither withdraw from the educational process, or replace any new technologies such as computer modeling. The scientific method of investigation of natural phenomena inherent primarily physics, is a combination of theory and experiment. That theoretical propositions put forward are subject to mandatory experimental verification, and physical laws are only those that are consistent with experiments. Measurements performed on laboratory work the student is personally give it a research material on the basis of which he must ensure the validity of physical law.*

*As such simple laboratory experiments in mechanics traditionally used simple vibrations of mechanical systems, including load fluctuations Spring, mathematical pendulum, physical pendulum working more. The aim of this work was to develop new methods perform laboratory work on the study of oscillations bodies of simple geometric shapes such as rod, hoop and ball.*

*The proposed laboratory works in our view quite successfully combine theoretical and experimental components, organic combination which actually constitutes the essence of the scientific method study of nature.*

*From a purely mathematical point of view is important for the student practice with integration in finding formulas for the moments of inertia of the rod, hoop and ball. The skills acquired while in differentiation derivatives of functions for the period of the pendulum in determining the minimum of these functions.*

*From the point of view of physical theory is important in practice familiarity with the basic equation of dynamics of rotational motion, under which derived a general formula for the period of small oscillations of the physical pendulum and used Steiner theorem. And most importantly - these theoretical principles checked the student's own experiment.*

*Thus, the proposed laboratory work can be useful for the formation of students' scientific outlook and way of thinking.*

**Keywords:** *laboratory practical work in physics, physical pendulum.*

*Стаття рекомендована кафедрою фізики  
Запорізького національного технічного університету*

*Стаття надійшла до редакції 16.05.2016*