

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Лемешко, А. В. Великий поход за энергией / А. В. Лемешко.– Atlaspera Publishing & Litarary Agency Inc., 2004. – 102 с.
2. Голдсмит, А. Беспроводные коммуникации / А. Голдсмит. – Техносфера, 2011. –121 с.

**Podalov Maxim**

*Gomel State University (Gomel, Belarus)*

**DEVELOPMENT OF LABORATORY FACILITY FOR WIRELESS TRANSMISSION OF ELECTRIC ENERGY**

*The article discusses the development of a laboratory facility for the wireless transmission of electrical energy. The facility was formed by three types of antennas with different geometry supplied with electric power transmitting and receiving units. The facility scheme has been designed using Electronics Workbench v5.12 software. Experimental tests allowed us to estimate transmission losses and transmission of electromagnetic energy depending on the distance between the transmitter and receiver.*

**Keywords:** *Electric power, antenna, wireless transmission of energy.*

*Maxim Podalov, Gomel State University*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ**

**Подалов Максим Александрович** – магистр естественных наук, ассистент кафедры общей физики, учреждение образования Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины (Гомель, Беларусь).

Научные интересы: мехатроника и информационные технологии обучения.

УДК 378.147

**М.І. Правда**

*Запорізький національний технічний університет*

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ТЕОРЕМИ ГЮЙГЕНСА ТА ФІЗИЧНИЙ ЗМІСТ ПОНЯТТЯ «ПРИВЕДЕНА ДОВЖИНА» ФІЗИЧНОГО МАЯТНИКА**

*Звернуто увагу на мало відому теорему Гюйгенса, яка полягає у тому, що у будь-якого фізичного маятника на прямій лінії, що з'єднує точку підвісу із центром мас існує така точка, яка має властивість взаємної оберненості із точкою підвісу: тобто, якщо підвісити маятник в цій точці, то період його коливань не зміниться. Ця особлива точка називається центром хитань і саме відстань від точки підвісу до центру хитань і є приведена довжина фізичного маятника.*

*В роботі запропоновано оригінальну методіку експериментальної перевірки теореми Гюйгенса, щодо періоду коливань фізичного маятника, яка сприятиме засвоєнню студентами основ класичної механіки.*

**Ключові слова:** *фізичний маятник, центр мас, центр хитань, період коливань, приведена довжина.*

**Постановка проблеми.** Як відомо, класична механіка та класична фізика в цілому, має дуже широку і практично важливу область застосування, оскільки вона описує та досліджує повільні (у порівнянні з швидкістю світла) рухи макроскопічних тіл як на Землі так і в космосі. В межах своєї області застосування класична фізика ніколи не втратить свого наукового та практично важливого значення [1].

На наш погляд, думка про важливість та сучасність класичної фізики повинна підкреслюватись на протязі загалом курсу фізики неодноразово. Такий наголос потрібно робити не тільки в лекційному курсі, але й у лабораторному практикуму з фізики. Саме

лабораторний практикум повинен доставляти студентові той експериментальний матеріал, на підставі якого студент був би в змозі, після вимірів виконаних власноруч, порівняти данні досліду з теоретичними розрахунками, зробленими ізнову ж таки власноруч, за формулами класичної фізики. У поєднанні теорії та експерименту власне і полягає науковий метод дослідження явищ природи, притаманний в першу чергу фізиці. Займаючись лабораторним практикумом студент на кожному лабораторному занятті на власному досвіді повинен впевнюватись у тому, що фізичними законами стають тільки ті із теоретичних положень, що висуваються, які узгоджуються з дослідом. 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 ” [2].

Зазвичай для перевірки законів класичної механіки використовуються дослідження коливальних простих механічних систем: пружинного маятника, математичного та фізичного маятників, тощо.

**Метою** даної роботи була розробка методики експериментальної перевірки теореми Гюйгенса, щодо періоду коливальних фізичного маятника.

**Виклад основного матеріалу.** Як відомо, фізичним маятником називають тверде тіло довільної форми, яке має можливість обертатись навколо нерухомої горизонтальної осі, що не проходить через центр мас. Виберемо для маятника довільну точку підвісу  $O$  і проведемо пряму лінію через  $m$ .  $O$  та через центр мас маятника  $m$ .  $C$ . (рис.1 а).

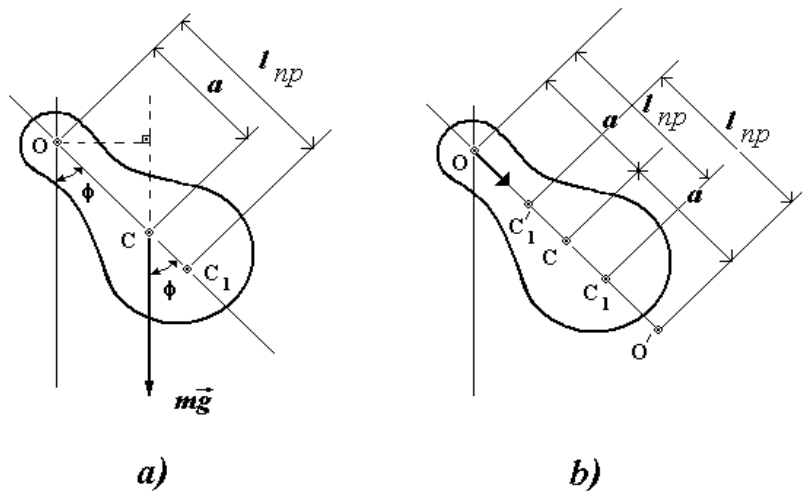


Рис. 1 Фізичний маятник та його приведена довжина

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

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mga}} \tag{1}$$

У формулі (1) величина  $\frac{I}{ma}$  має розмірність довжини і називається приведеною довжиною:

$$l_{np} = \frac{I}{ma} \tag{2}$$

З використанням  $l_{np}$  формула (1) приймає вигляд:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l_{np}}{g}} \tag{3}$$

де  $I$  – момент інерції маятника;  $m$  – його маса;  $a$  – відстань від осі обертання до центру мас;  $g$  – прискорення вільного падіння.

Відкладемо на прямій, яка з’єднує  $O$  та  $m$ ,  $C$  відстань, яка дорівнює  $l_{np}$ . На цій відстані буде знаходитись певна  $m$ ,  $C_1$ , яка називається центром хитань фізичного маятника. Якщо маятник підвісити у  $m$ ,  $C_1$ , то період його коливань не зміниться, а попередня точка підвісу стане новим центром хитань. Власне це твердження і називається теоремою Гюйгенса [1].

Для експериментальної перевірки цієї теореми в даній роботі пропонується наступне.

1. Відхилити маятник від положення рівноваги на певний кут  $\varphi$ . При цьому сила  $m\bar{g}$  створить обертаючий момент, під впливом якого маятник буде здійснювати коливання навколо горизонтальної осі, яка проходить через  $m$ ,  $O$ .
2. Перемістити точку підвісу маятника  $O$  на деяку невелику відстань уздовж прямої  $OC_1$ , тобто змінити параметр  $a$  – відстань від осі обертання до центру мас, і знову виміряти період коливань маятника.
3. Переміщуючи точку підвісу маятника  $O$  уздовж прямої  $OC_1$  (рис1. б), виміряти період коливань маятника при декількох (не менше 10) значеннях параметру  $a$ .
4. Одержані експериментальні дані відобразити на графіку, який матиме такий вигляд як на рис. 2 [1].

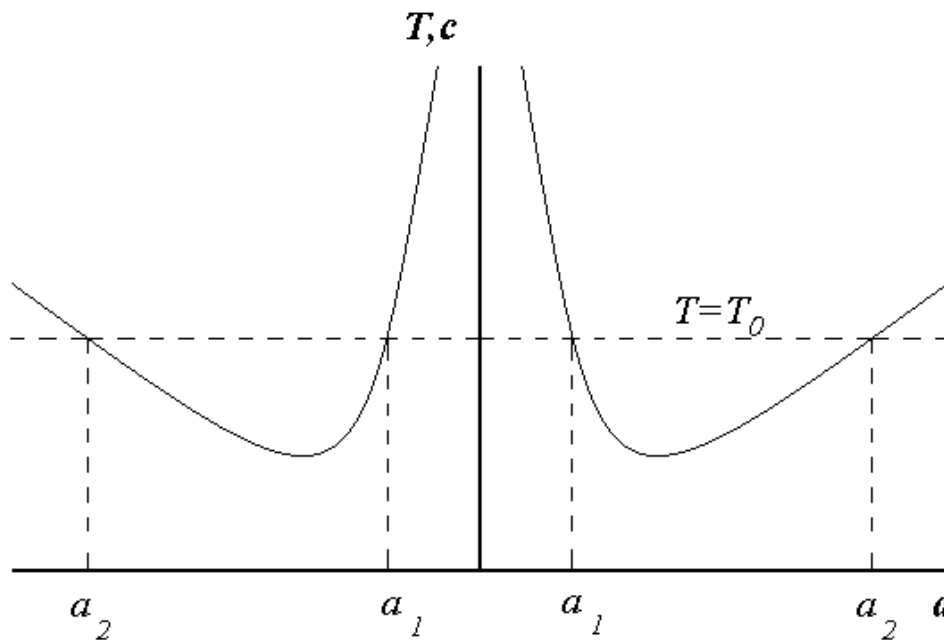


Рис.2 Залежність періоду коливань фізичного маятника від параметру  $a$ .

Певному фіксованому значенню періоду  $T=T_0$  на графіку відповідає горизонтальна лінія. Точки перетину цієї горизонталі з графіком відповідають положенню точок підвісу фізичного маятника, в яких його період лишається тим самим –  $T_0$ . У загальному випадку таких точок буде чотири, дві з яких розташовані по один бік від центру мас, це точки  $O$  та  $C_1'$ , а дві інших точки – по другий бік, це точки  $C_1$  та  $O'$  (Рис.1 б).

Цікавою особливістю графіку є наявність двох мінімумів, які є можливість дослідити не тільки експериментально, але й теоретично і порівняти теоретичні результати з даними експерименту, як це пропонується наприклад у роботах [3,4].

**Висновки.** Запропонована експериментальна перевірка теореми Гюйгенса, на наш погляд, дозволить студентам на наочному прикладі коливань фізичного маятника впевнитись у справедливості фізичних тверджень та більш глибоко зрозуміти зміст такого поняття, як приведена довжина фізичного маятника -  $l_{np}$ . Тому що зазвичай у визначенні  $l_{np}$  йдеться тільки про те, що це довжина такого математичного маятника, при якій період коливань лишається таким самим. При цьому про існування такої точки як центр хитань, яка є взаємною для точки підвісу, не йдеться взагалі.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. – Т. 1. – М.: Наука, 1979.– 519с.
2. Дж. Максвелл. Статьи и речи. – М: Наука.– 1968.– 414 с.
3. Правда М.І. Методичні особливості будови лабораторної роботи “Колівання стержня”// Наукові записки.-Випуск 66.-Серія: Педагогічні науки. - Кіровоград: РВВ КДПУ ім. Винниченка.-2006.-Частина 1.-с229.
4. Правда М.І. Про співвідношення між фізичними моделями на прикладі фізичного та математичного маятників // Наукові записки.-Випуск 108.-Серія: Педагогічні науки. - Кіровоград: РВВ КДПУ ім. Винниченка. - Частина 1.- 2012.- С. 104- 108.

**M. I. Pravda**

*Zaporozhe national technical university*

#### ABOUT EXPERIMENTAL VERIFICATION HUYGENS THEOREM AND NATURAL MEANING OF "REDUCED LENGTH" PHYSICAL PENDULUM

*Attention is paid to little-known theorem of Huygens, which is that in any physical pendulum on a straight line connecting the suspension point with the center of mass, there is a point that has a property of mutual reversibility from the point of suspension, that is, if hung at this point the pendulum, the period of its oscillations will remain the same. This particular point is called the center of vacillation and that the distance from the point of suspension to the center of vacillation is the reduced length physical pendulum.*

*The paper presents an original method of experimental verification Huygens theorem concerning the oscillation period of the physical pendulum that will help mastering the basis of classical mechanics.*

**Key words:** *physical pendulum, center of mass, center of vacillation, oscillation period, reduced length.*

**М. И. Правда**

*Запорожский национальный технический университет*

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ТЕОРЕМЫ ГЮЙГЕНСА И ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ ПОНЯТИЯ “ПРИВЕДЕННАЯ ДЛИНА” ФИЗИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

*Обращено внимание на малоизвестную теорему Гюйгенса, которая заключается в том, что у любого физического маятника на прямой линии, соединяющей точку подвеса с центром масс, существует такая точка, которая имеет свойство взаимной обратимости с точкой подвеса: то есть, если подвесить маятник в этой точке, то период его колебаний не изменится. Эта особая точка называется центром качаний и именно расстояние от точки подвеса до центра качаний и является приведенной длиной физического маятника.*

*В работе предложена оригинальная методика экспериментальной проверки теоремы Гюйгенса, относительно периода колебаний физического маятника, которая будет способствовать усвоению студентами основ классической механики.*

**Ключевые слова:** *физический маятник, центр масс, центр колебаний, период колебаний, приведенная длина.*

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

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

*Коло наукових інтересів:* лабораторний фізичний практикум, методика викладання фізики.