

ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ПРИСКОРЕННЯ ВІЛЬНОГО ПАДІННЯ У ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ З ФІЗИКИ

Запропоновано удосконалити методику точного визначення прискорення вільного падіння за допомогою фізичного маятника у лабораторному практикумі з фізики.

Ключові слова: прискорення вільного падіння, фізичний маятник.

Лабораторний фізичний практикум завжди був і залишається невід'ємною складовою частиною фізичної освіти і у всіх випадках, коли є можливість провести реальний фізичний експеримент, чи то йдеться про лекційні демонстрації, чи про вимірювання будь-яких фізичних величин в лабораторних умовах, його необхідно проводити обов'язково. На нашу думку, заміна реального фізичного експерименту віртуальним, комп'ютерним моделюванням, демонстрацією відео матеріалів із записами фізичних дослідів, тощо може бути виправдана тільки в тих випадках, коли існують вагомі причини, які унеможливають проведення реальних дослідів. На жаль, таких причин може бути досить багато: це і брак аудиторного часу, і застаріла лабораторна база, і об'єктивна складність низки важливих фізичних експериментів. У всіх цих випадках неможливість проведення реальних дослідів безумовно негативно впливає на якість фізичної освіти, оскільки студент позбавляється можливості впевнитись у справедливості того чи іншого фізичного закону на натурному досліді.

На наш погляд, як класична механіка у межах свого застосування *ніколи* не втратить свого наукового та практичного значення [1], так і фізичний експеримент *ніколи* не втратить своєї ключової ролі у формуванні наукового світогляду сучасного інженера. Із наведеного вище зрозуміло, що будь-яке дійсне удосконалення лабораторного практикуму із фізики є важливим методичним завданням для підвищення якості фізичної освіти.

Метою даної роботи було удосконалення методики вимірювання однієї із важливих фізичних сталих – прискорення вільного падіння (g).

Вимірюванням g присвячено багато лабораторних робіт у багатьох лабораторних практикумах, як наприклад у фундаментальному практикумі [2], але найбільш відомим є метод визначення g за допомогою оборотного фізичного маятника. Зазвичай ще із радянських часів для визначення g використовувався стандартний пристрій, який являв собою довгий (довжиною близько 120 см) металевий стрижень із жорстко закріпленими на ньому назустріч одна до одної опорними призмами та двома вантажами у вигляді сочевиць [1]. Притому один із вантажів жорстко закріплювався на стрижні, а інший – навпаки можна було пересувати уздовж стрижня на невелику відстань (близько 12 см) і фіксувати у будь – якому положенні в межах цього інтервалу. Зміна положення на стрижні рухомого вантажу призводила до зміни моменту інерції маятника I , що в свою чергу впливало на період його коливань:

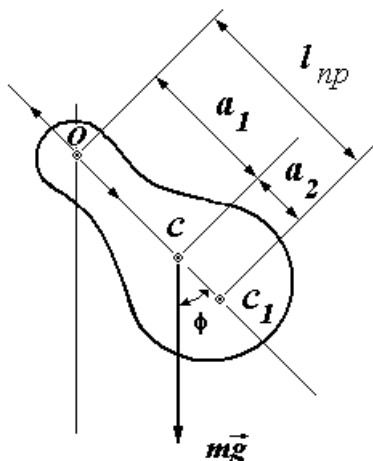
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mga}}, \quad (1)$$

де a – відстань від осі обертання до центру мас. Дослід полягав у тому, щоб підібрати таке положення рухомого вантажу на стрижні, при якому період коливань на обох опорних призмах був би однаковим. При цьому приведена довжина маятника l_{np} дорівнювала відстані між опорними призмами і прискорення вільного падіння розраховувалось за відомою формулою:

$$g = \frac{4\pi^2 l_{np}}{T^2}. \quad (2)$$

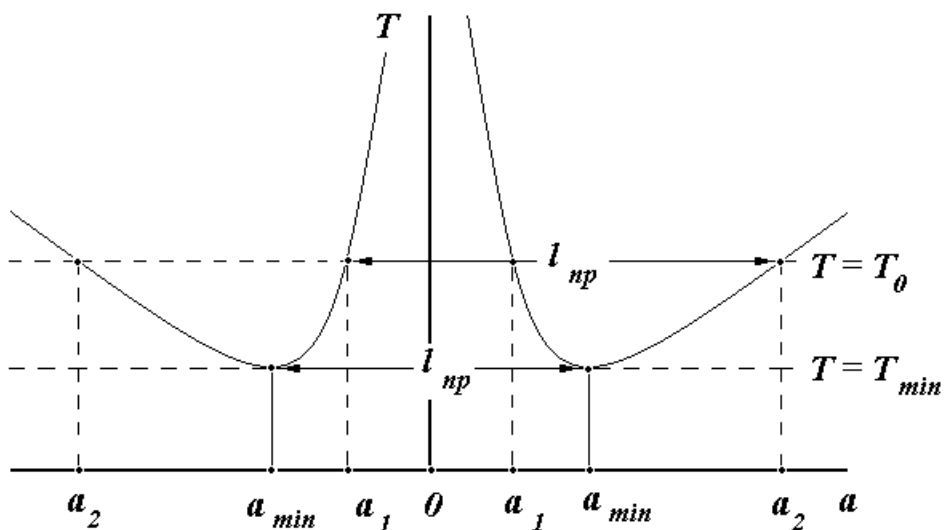
Ретельний підбір такого положення рухомого вантажу, який би забезпечував рівність періодів коливань маятника на обох опорних призмах дозволяє досить точно визначити g . Але справа у тому, що зміна положення рухомого вантажу на стрижні призводить до зміни періодів коливань на обох опорних призмах, тому досягнути достатньої близькості цих двох періодів зазвичай непросто.

У даній роботі пропонується метод вимірювання прискорення вільного падіння за допомогою фізичного маятника, у якого точка підвісу (m, O) може переміщуватись уздовж певної прямої лінії, яка проходить через центр мас – m, C (мал. 1).



Мал. 1. Фізичний маятник із рухомою точкою підвісу

Згідно теореми Гюйгенса [1] на цій прямій існує така m, C_1 , яку називають центром хитань і яка має властивість взаємної оберненості із m, O : тобто, якщо підвісити маятник у m, C_1 , то період його коливань не зміниться. Графік залежності періоду коливань T від параметру a – відстані між точкою підвісу та центром мас, представлений на мал. 2. Із графіка видно, що на будь-якій прямій, що проходить через центр мас маятника існує чотири точки підвісу із однаковим періодом – певним T_0 . Для кожного такого періоду приведена довжина маятника дорівнює: $l_{np} = a_1 + a_2$. Періодів менших за певне значення T_{min} не існує, а при $T = T_{min}$ маємо: $a_1 = a_2 = a_{min}$ і в цьому випадку $l_{np} = 2a_{min}$.



Мал. 2. Графік залежності періоду коливань T від параметру a

Таким чином для T_{min} – мінімального значення періоду формула (2) для знаходження прискорення вільного падіння перетворюється на вигляд:

$$g = \frac{8\pi^2 a_{min}}{T_{min}^2}, \quad (3)$$

де a_{min} – координата мінімуму функції.

Методика визначення g , що пропонується полягає в наступному. Виберемо будь-яке тверде тіло довільної форми (фізичний маятник), у якого є можливість переміщувати точку його підвісу уздовж певної фіксованої прямої, яка проходить через центр мас тіла, тобто є можливість змінювати відстань від осі обертання до центру мас – параметр a . Будемо вимірювати значення періоду коливань маятника T_1, T_2, T_3, \dots для ряду значень параметру a_1, a_2, a_3, \dots відповідно, з метою побудувати графік функції $T = f(a)$ та визначити величини: T_{min} та a_{min} . Після чого прискорення вільного падіння розраховується за формулою (3).

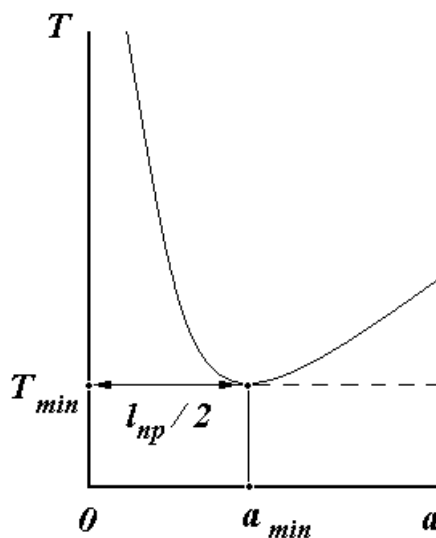
Для тіл правильної геометричної форми, наприклад для стержня, обруча та кулі, про які йшлося у попередній публікації [3], із формул для періодів їх коливань:

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

виходячи із умови екстремуму функції: $dT/da = 0$ можна знайти теоретичні значення координати мінімуму. Із формул (4) для стержня, обруча та кулі відповідно маємо:

$$a_{1min} = \frac{l}{2\sqrt{3}} \approx 0.29l; \quad a_{2min} = R; \quad a_{3min} = \sqrt{0.4R} \approx 0.63R. \quad (5)$$

У формулах (4) та (5) l – довжина стержня, а R – радіуси обруча або кулі відповідно. Для кожного із цих трьох тіл значення a_{min} – координати мінімуму функції $T = f(a)$, можна визначити як теоретично за формулами (5), так і експериментально за допомогою графіка – мал. 3.



Мал. 3. Графік функції $T = f(a)$

Висновки. В роботі запропоновано оригінальну методику виконання відомих лабораторних робіт, щодо визначення прискорення вільного падіння g за допомогою фізичного маятника. Особливістю методики, що пропонується є визначення g по графіку функції залежності періоду коливань маятника від параметру a – відстані від точки підвісу до центру мас. Методика дозволяє за допомогою простого лабораторного обладнання експериментально визначити координату мінімуму функції $T = f(a) - a_{\min}$, а також власне прискорення вільного падіння g з достатньо високою точністю – приблизно до 0.05 м/с^2 .

Використані джерела

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. – Т. 1. – М.: Наука, 1979. – 519 с.
2. Физический практикум / Под ред. Ивероновой В.И. – М. : Гос. изд. технико-теор. лит., 1955. – 634 с.
3. Правда М.І., П'янков В.П. Коливання тіл правильної геометричної форми у лабораторному практикуму із фізики // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. – Випуск 138. – Серія педагогічні науки. – 2016. – С. 138-141.

Pravda M.I.

TO DETERMIN GRAVITATIONAL ACCELERATION IN THE PHYSICS LABORATORY WORKSHOP

Physics Laboratory Practice has always been an integral part of physical education and in all cases where there is a real opportunity for physical experiment, whether it comes to lecture demonstration or measurement of any physical quantities in the laboratory, it is necessary to Duty 'necessarily. We believe that replacing actual physical virtual experiment, computer simulation, demonstrating video materials with records of physical experiments, etc. can be justified only in cases where there are compelling reasons that make it impossible to conduct real experiments. Unfortunately these reasons can be quite a lot: it's the lack of classroom time, and outdated laboratory facilities, and the objective complexity of a number of important physics experiments. In all these cases, the inability to conduct real experiments clearly affects the quality of physical education as a student loses the opportunity to ensure the fairness of a physical law in full-scale experiments. In our opinion, classical mechanics within its application never loses its scientific and practical importance, and physical experiment never lose its key role in shaping the modern scientific outlook engineer. From the above it is clear that any real improvement in physics laboratory workshop is an important methodological challenge to improve the quality of physical education.

The aim of this work was to improve methods of measuring of one of the important physical constant – acceleration due to gravity (g). Measurement g devoted a lot of laboratory work in much laboratory practice, but the most famous is the method of determining g using reversible physical pendulum. In this paper is proposed the original method of execution of well known laboratory works to determine the gravitational acceleration with physical pendulum. The feature of the methodology proposed is to determine the function g on schedule, depending on the period of the pendulum and parameter – the distance from the point of suspension to the center of mass. The technique allows for a simple laboratory equipment to experimentally determine the minimum coordinate functions – as well as its own gravitational acceleration g with sufficiently high accuracy.

Key words: *acceleration of gravity, the physical pendulum.*

*Стаття рекомендована кафедрою фізики
Запорізького національного технічного університету*

Надійшла до редакції 15.05.2017