

6-6-2018

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL ASPECTS OF MEASURING THE GRAVITATIONAL CONSTANT IN THE EDUCATIONAL LABORATORIES OF THE PHYSICAL PRACTICE IN MECHANICS

B Abdikamalov
Karakalpak State University named after Berdakh

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/karsu>

 Part of the [Physics Commons](#)

Recommended Citation

Abdikamalov, B (2018) "SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL ASPECTS OF MEASURING THE GRAVITATIONAL CONSTANT IN THE EDUCATIONAL LABORATORIES OF THE PHYSICAL PRACTICE IN MECHANICS," *Karakalpak Scientific Journal*: Vol. 1 : Iss. 39 , Article 6.
DOI: ISSN 2010-9075
Available at: <https://uzjournals.edu.uz/karsu/vol1/iss39/6>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Karakalpak Scientific Journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact brownman91@mail.ru.

УДК: 531.5

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОСТОЯННОЙ В УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ ФИЗИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА ПО МЕХАНИКЕ**Абдикамалов Б.А., Мадаминов Б., Айтымбетов Н.***Каракалпакский государственный университет*

Общепризнано, что при изучении общей физики глубокое знание фундаментальных констант и умение их измерять в учебных лабораториях относятся к числу важнейших научных и методических проблем. Действительно, такие фундаментальные постоянные, как гравитационная постоянная, постоянная Планка и скорость света в вакууме, лежат на основе самого процесса изучения различных разделов физики от механики до современной космологии или физики высоких энергий.

В данном сообщении приведены результаты исследований процедуры измерения гравитационной постоянной при помощи современных учебных приборов на основе известного из истории физики опыта Кавендиша.

Известно, что значение закона всемирного тяготения прежде всего определяется универсальностью гравитационного взаимодействия. Гравитационная постоянная, которая присутствует в этом законе, отсутствовала у самого И.Ньютона и в работах других ученых примерно до конца XVIII века. В 1797-98 годах Генри Кавендиш поставил свой знаменитый опыт с крутильными весами с целью определения средней плотности Земли и в результате полученных экспериментальных данных определил значение гравитационной постоянной.

В настоящее время при физических практикумах по механике значение гравитационной постоянной обычно измеряется путем регистрации затухающих колебаний конечной точки равновесия крутильного маятника как функции времени. При этом значение гравитационной постоянной G определяется методом максимального отклонения и методом ускорения.

На рис.1 показана схема экспериментальной установки. Основу используемых при выполнении лабораторной работы крутильных весов гравитации составляет легкая поперечная планка с маленьким свинцовым шариком массы m_2 на каждом конце на расстоянии d от точки подвеса, подвешенная на тонкой упругой струне. На эти шарики действуют два больших свинцовых шара массы m_1 . Несмотря на то, что сила взаимодействия меньше чем 10^{-9} Н, можно продемонстрировать ее с помощью чрезвычайно чувствительных крутильных весов. Движение маленьких свинцовых шариков регистрируется и измеряется с помощью инфракрасного датчика. Будем использовать метод максимального отклонения. Обработка полученных данных и их аппроксимация осуществлялась при помощи 11 версии системы компьютерной алгебры Mathematica.

Проводились предварительные опыты с целью определения параметров колебания поперечной планки с длиной плеч d при отсутствии грузов массы m_2 . Естественно ожидать, что при этом определяется величина ω_0 , знание которой, на первый взгляд, не является обязательным при определении величины гравитационной постоянной. На рис. 2 представлен график зависимости амплитуды колебаний крутильного маятника от времени при использовании метода максимального отклонения. Видно, что амплитуда колебаний поперечной планки с грузами m_2 уменьшается со временем. Поэтому наблюдаемое колебание не является периодическим. При этом за амплитуду колебаний принимается величина $A = A_0 e^{-\gamma t}$, имеющая смысл максимальных отклонений при последовательных колебаниях. В этой формуле γ является декрементом затухания. Следовательно, в нашем случае величина $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}$ является собственной циклической частотой колебаний диссипативной системы. При этом величину $T = 2\pi/\omega$ обычно называют условным периодом затухающих колебаний.

Продолжительность каждого опыта составляла примерно 2-3 часа.

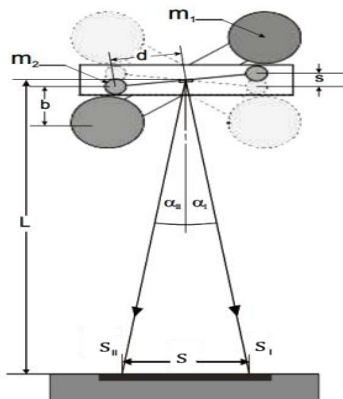


Рис. 1.
Схема экспериментальной
установки.

На рис. 2 видно, что после примерно 10 колебаний они практически полностью затухают. При одном положении шаров с массой m_2 для семи колебаний маятника для периода колебаний (умноженная на 1000) и их амплитуды (в метрах) получились следующие данные (на языке Mathematica):

{{0, 0.01254}, {0.6, 0.00804}, {1.2, 0.00554}, {1.8, 0.00354}, {2.4, 0.00234}, {3.001, 0.00164}, {3.606, 0.00104}}.

На основе этих данных были получены значения начальной амплитуды $A_{01} = 0,01247$ м и декремента затухания $\delta_1 = 0,6939 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$.

Для второго положения массивных шаров были получены следующие величины:

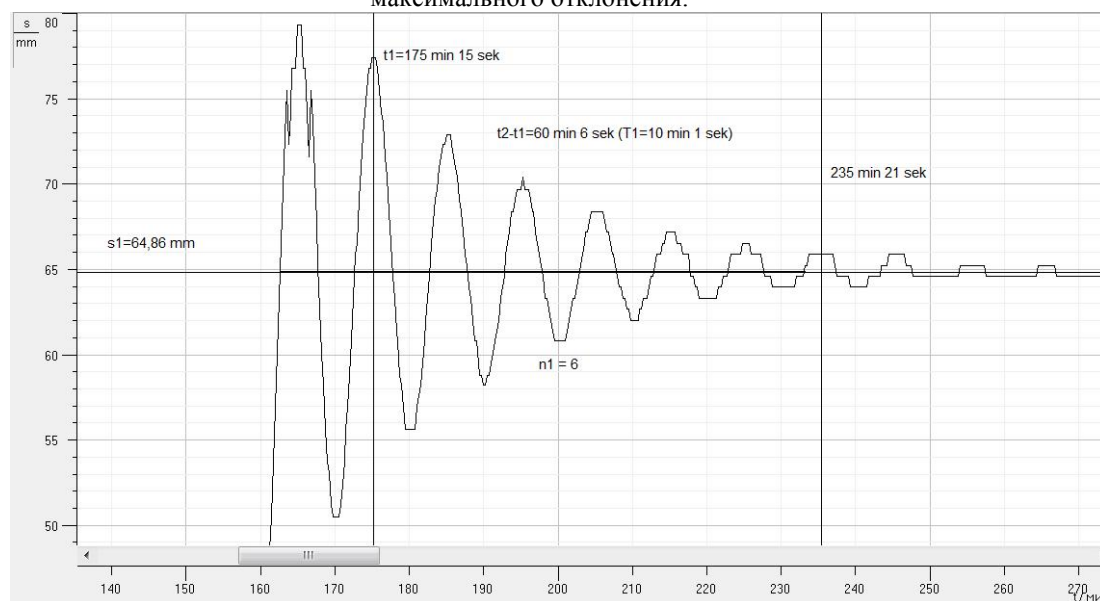
{{0, 0.01379}, {0.6, 0.00869}, {1.2, 0.00549}, {1.8, 0.00349}, {2.4, 0.00289}, {3.005, 0.00159}, {3.615, 0.00099}}.

При этом получились значения $A_{02} = 0,03167$ м и $\delta_2 = 0,730 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$.

В таблице, приведенной ниже, представлены полученные экспериментальные результаты:

	При отсутствии грузов с массой m_1 .	При присутствии грузов с массой m_1 .
Декремент затухания γ .	$0,725 \cdot 10^{-3} \text{ рад/с}$.	$0,7119 \cdot 10^{-3} \text{ рад/с}$.
Период колебаний без учета декремента затухания.	606,667 с.	601,75 с.
Частота колебаний без учета декремента затухания.	0,01036 рад/с.	0,01044 рад/с.
Частота колебаний с учетом декремента затухания.	0,01038 рад/с.	0,01045 рад/с.
Период колебаний с учетом декремента затухания.	605,186 с.	600,356 с.

Рис. 2. График зависимости амплитуды колебаний крутильного от времени при использовании метода максимального отклонения.



Как видно из данных таблицы, были получены для декремента затухания $\delta_{cp} = 0,0007119 \text{ 1/сек}$ и для периода колебаний $T_{cp} = 600,356 \text{ с}$. Эти данные позволили определить величину гравитационной постоянной, которая оказалась равной $G = 6,67621 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с})$. Напомним, что табличное значение $G_{\text{табл.}} = 6,6739 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с})$. Следовательно, более глубокое исследование процесса измерения гравитационной постоянной, позволяет определить искомую величину с точностью, не хуже 0,5 %.

Полученные экспериментальные результаты показали высокие возможности использования крутильных весов и системы компьютерной алгебры Mathematica при измерении гравитационной постоянной в учебной лаборатории физического практикума по курсу механика, а также к заметному повышению активности студентов в процессе более глубокого изучения закона всемирного тяготения И.Ньютона.

Резюме. Механика бойынша физикалык практикумның оқыў лабораториясында гравитациялык тураклыны айлануўшы тэрезиниң жәрдеминде өлшеўдиң нәтийжелери берилген. Алынған эксперименталлық мағлыўматларды таллаўдың нәтийжесинде гравитациялык тураклы ушын $G = 6,67621 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с})$ шамасы алынды.

Резюме. Механика бўйича физика практикумининг ўқув лабораториясида гравитацион доимийни буралма тарозининг ёрдамида ўлчанган натижалари берилган. Олинган экспериментал маълумотлар ҳар тарафлама таҳлил қилиниб, гравитацион доимий учун $G = 6,67621 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с})$ қиймати олинди.

Резюме. Приведены результаты измерения гравитационной постоянной в учебной лаборатории физического практикума по механике при помощи крутильных весов. На основе анализа полученных экспериментальных данных для гравитационной постоянной получена величина $G = 6,67621 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с})$.

Summary. The results of measuring the gravitational constant in the laboratory of physical practicum on mechanics with the help of torsion balance. Based upon through analysis of experimental data obtained for the gravitational constant, the value $G = 6,67621 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с})$ was obtained.

Таяншсөзлөр: Кавендиш тэжирийбеси, торсионлык тэрези, компьютерлик алгебра системасы.

Таянч сўзлар: Кавендиш тажрибаси, буралма тарози, компьютер алгебра системаси.

Ключевые слова: опыт Кавендиша, крутильные весы, система компьютерной алгебры.

Key words: Cavendish experience, torsion balance, computer algebra system.