

-2. Знай свои деньги!

Условие

Задание 11-2. Знай свои деньги!

Проведение измерений в данной работе требует предельной аккуратности и тщательности. Не пожалейте времени на подготовку установки и ее настройки!

Оборудование: штатив с лапкой; секундомер; магнит кольцевой; линейка 30 см; нить тонкая; кусок проволоки алюминиевой (можно использовать для опоры подвеса для регулировки); набор монет; гибкая магнитная монетница; кусок пластилина (для крепления грузов), кусок картона, иглолка (для изготовления поддона для монет); клейкая лента.

Белорусские монеты выглядят как медные, но... для них используют магнитные монетницы!

В данной работе необходимо исследовать взаимодействие магнитов с монетами посредством изучения периодов колебаний математического маятника.

Ускорение свободного падения считать равным $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

В таблице 1. приведены массы монет, измеренные с помощью электронных весов. Используйте эти данные в своих расчетах.

Таблица 1. Массы монет.

Номинал монеты (коп)	Масса (г)
1	1,56
2	2,11
5	2,67
10	2,72
20	3,66
50	3,97

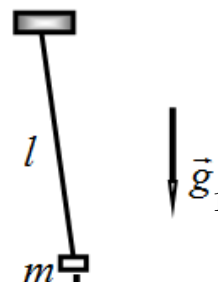
Часть 1. Теоретическая.

Груз массы m подвешен на нити длиной l и колеблется в вертикальной плоскости. Ниже груза расположен постоянный магнит. Примем, что сила $\vec{F}$, действующая на груз со стороны магнита постоянна (в области движения груза), направлена вертикально вниз.

1.1 Получите формулу для периода колебаний такого маятника.

Обозначим период колебаний маятника в присутствии магнита T , а период колебаний того же маятника, когда магнит отсутствует - T_0 . Масса груза известна.

11 класс. Экспериментальный тур.



1.2 Предложите формулу для расчета силы притяжения груза к магниту.

11 класс. Экспериментальный тур. 4

Часть 2. Пробный эксперимент.

При измерении периодов колебаний необходимо, чтобы маятник двигался строго в одной вертикальной плоскости. Рекомендуем использовать кусочек картона, из которого можно изготовить небольшой поддон для монет, для его крепления можно использовать нить. Для крепления нитей к картонному поддону используйте иголку. Также рекомендуем верхние части нитей крепить к алюминиевой проволоке, закрепленной в штативе. Слегка изгибая проволоку, можно регулировать положение подвешенного груза.

Изменять длину подвеса (длину маятника) не следует – используйте постоянную длину, примерно равную 15-20 см.

2.1 Предложите способ подвески монет (с помощью кусочка картона), чтобы колебания проходили в одной вертикальной плоскости, при этом плоскость монеты, по возможности, оставалась горизонтальной. Нарисуйте схему такого подвеса.

Подвесьте кольцевой магнит, так чтобы он располагался горизонтально на высоте, примерно равной 0,5 см над металлической платформой штатива и мог колебаться так, чтобы его плоскость оставалась примерно параллельной платформе штатива. В данной части для крепления маятника можно использовать и кусок пластилина.

2.2 Определите экспериментально отношения силы притяжения магнита к платформе к силе тяжести маятника (магнита и его крепления). постарайтесь достичь максимальной точности измерения. Рассчитайте погрешности измерения: периодов колебаний: отношения силы притяжения к магниту к силе тяжести.

В следующих частях задачи расчет погрешностей не требуется, но при формулировке выводов можете использовать результат, полученный в п. 2.3

Часть 3. Взаимодействие монет с кольцевым магнитом.

В данной части Вам необходимо исследовать взаимодействие монет (1 коп., 2 коп., 5 коп., 10 коп., 20 коп., 50 коп.) с кольцевым магнитом. Используйте сконструированный Вами поддон. Кольцевой магнит положите на платформу штатива (так он не будет двигаться). Монету помещайте в картонный поддон. Расстояние между движущейся монетой и неподвижным магнитом должно быть равно примерно 1 см. В этой части изменять его не следует.

Обратите внимание: положения равновесия монеты над магнитом не находится на оси магнита, а немного смещено. Исследуйте малые колебания вблизи этого положения равновесия: при этом амплитуда колебаний должна составлять 2-3 мм (миллиметра!!!). старайтесь, чтобы во всех экспериментах амплитуда колебаний оставалась примерно постоянной.

3.1 Измерьте массу изготовленного вами поддона.

Способ измерения предложите сами, кратко опишите его.

11 класс. Экспериментальный тур. 5

3.2 Проведите измерения силы взаимодействия всех монет разного достоинства с кольцевым магнитом для расстояний. Значения сил можно приводить в относительных единицах (т.е. с точностью до постоянного множителя). Укажите, какими единицами вы пользуетесь.

3.2.1 Укажите, какие измерения Вы проводили, приведите их результаты. 3.2.2 Приведите формулы для расчета силы притяжения монеты к магниту. 3.2.3 Приведите численные значения измеренных сил. 3.2.4 Постройте график зависимости силы притяжения к магниту от массы монеты.

Теоретические оценки показывают, что сила притяжения монеты (при фиксированном расстоянии до магнита) примерно пропорциональна объему монеты

3.3 Укажите, выполняются ли данное утверждение для ваших измерений. Свои выводы обоснуйте результатами измерений. 3.4 Проявляется ли в Ваших экспериментах то, что разные монеты изготовлены из разных материалов?

Часть 4. Монетница.

Исследуйте колебания монет над монетницей, которую положите на платформу штатива. Укажите расстояние между монетой и монетницей, при котором проявляется сила притяжения монеты к монетнице.

4.1 Измерьте максимально возможные силы притяжения (в ньютонах) монет 10 коп., 20 коп., 50 коп. к монетнице. Укажите, на каком минимальном расстоянии вам удалось провести измерения. 4.2 Можно ли считать, что сила притяжения монеты к монетнице примерно пропорциональна объему монеты.

11 класс. Экспериментальный тур. 6

Решение

Задание 11-2. Знай свои деньги!

Часть 1. Теоретическая.

1.1 Не сложно показать, что если на груз математического маятника действует помимо силы тяжести еще одна постоянная сила, то период колебаний такого маятника описывается формулой

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{mg + F}} = \frac{T_0}{\sqrt{1 + \frac{F}{mg}}} \quad (1)$$

Где T_0 - период колебаний того же маятника, но при отсутствии внешней силы.

1.2 Из формулы (1) следует, что отношение дополнительной силы к силе тяжести можно рассчитать по формуле

$$\frac{F}{mg} = \left(\frac{T_0}{T}\right)^2 - 1 \quad (2)$$

Эта формула и положена в основу данной работы.

Часть 2. Пробный эксперимент.

2.1 В работе удобно использовать бифилярный подвес поддона. Кроме того, следует прикрепить дополнительную диагональную нить, чтобы исключить поперечные колебания.

2.2 Для измерения отношения силы магнитного притяжения к силе тяжести следует воспользоваться формулой (2). Для этого надо с большой точностью измерить два периода колебаний – с магнитом и без него. Для повышения точности и правильной оценки погрешностей необходимо провести несколько измерений большого числа колебаний. Мы провели 5 измерений времен 20 колебаний. После стандартной обработки получены следующие значения:

$$T_0 = (0,936 \pm 0,08)c$$

$$T_1 = (0,628 \pm 0,07)c$$

Далее с помощью формулы (2) рассчитано отношение сил:

$$\frac{F}{mg} = 1,22 \pm 0,06$$

Часть 3. Взаимодействие монет с кольцевым магнитом.

3.1 Масса картонного поддона измерена с помощью правила рычага, в качестве которого использована линейка. Результат измерения $m_0 = 0,36г$.

3.2 Результаты измерения сил, действующих на различные монеты, приведены в следующей таблице. Рядом приведен график полученной зависимости.

Номинал, коп.	Масса (г)	F (г)
0	0,56	
1	1,56	2,205
2	2,11	3,379
5	2,67	4,744
10	2,72	3,278
20	3,66	4,658
50	3,97	6,319

Из построенного графика можно сделать следующие выводы:

3.3 Предположение о том, что сила притяжения пропорциональна объему (а, следовательно, и массе, не выполняется).

3.4 Так как для монет, изготовленных из разных материалов точки явно ложатся на разные кривые, следует, что различные сплавы, из которых сделаны монеты обладают разными магнитными свойствами.

Часть 4. Монетница.

Притяжение монетницы действует на расстоянии порядка 1 мм.

4.1 Силы, действующие на монеты разного достоинства, приведены в следующей таблице.

Номинал, коп.	масса	F, мН
10	2,72	0,737
20	3,66	1,35
50	3,97	2,11

4.2 И в этом случае нельзя считать, что магнитная сила пропорциональна объему монеты. Слишком маленькие силы не позволяют делать более обоснованные выводы.

