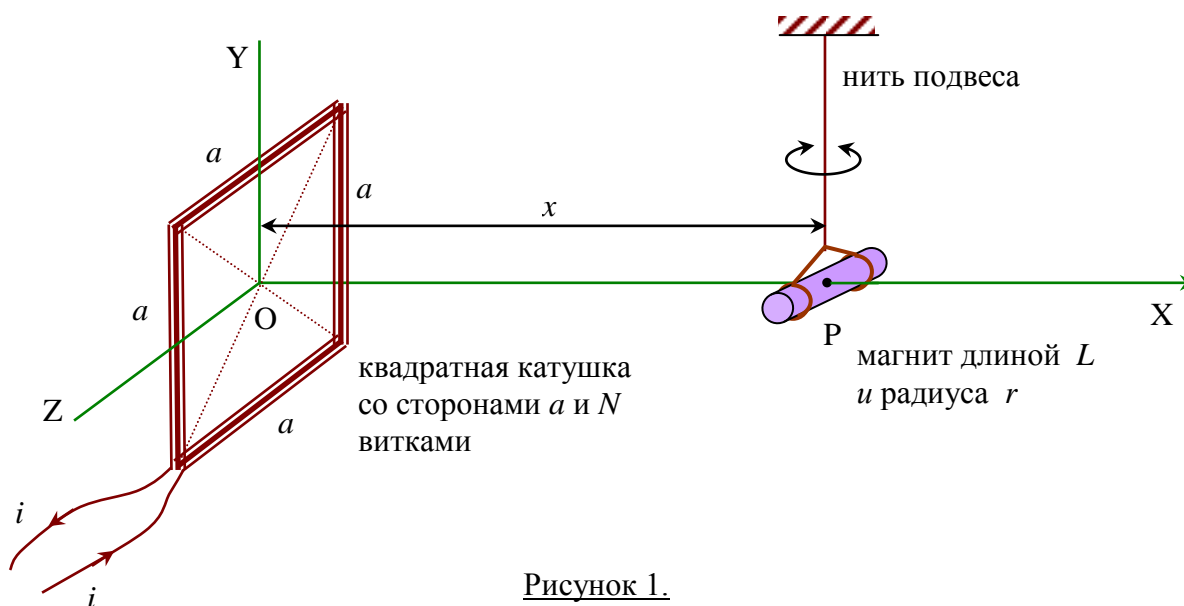


Эксперимент 1. Горизонтальное магнитное поле Земли

В этом эксперименте вам предлагается определить горизонтальную составляющую магнитного поля Земли B_H , используя малые колебания цилиндрического магнита. Магнит колеблется в совместном поле - статическом поле Земли и поле квадратной катушки.



Эксперимент выполняется в трех частях: в Части I нужно вывести формулу, которая используется в Части III.

Экспериментальная установка

Установка состоит из следующих элементов как показано на Рис. 2:

1. квадратная катушка с сопротивлением $5.2 \pm 0.2 \text{ Ом}$ и 130-ю витками провода
2. маленький цилиндрический магнит массы $15.0 \pm 0.2 \text{ г}$ на нейлоновых нитях
3. вольтметр (только для измерения разности потенциалов на катушке)
4. источник питания (расположен под столом во избежание интерференции от его магнитного поля)
5. деревянный штатив
6. секундомер
7. линейка
8. транспорир
9. белая наклейка (вы можете писать на ней)
10. цветной пластилин
11. миллиметровая бумага
12. электрические провода

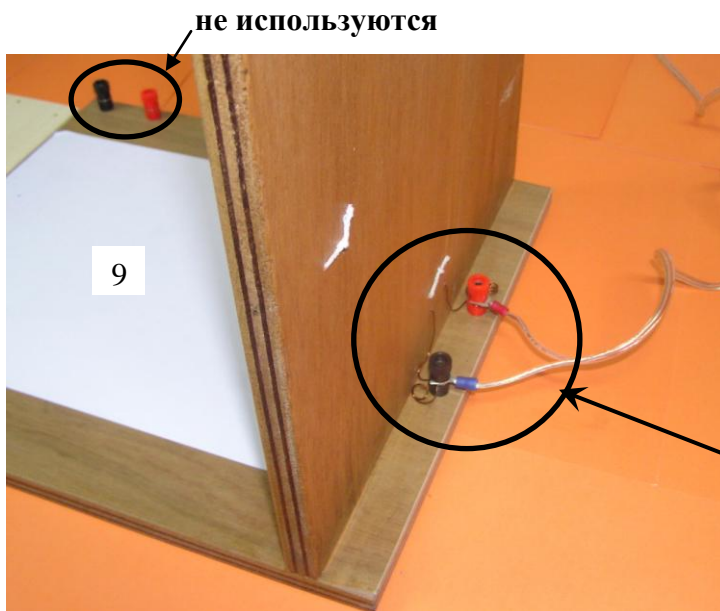
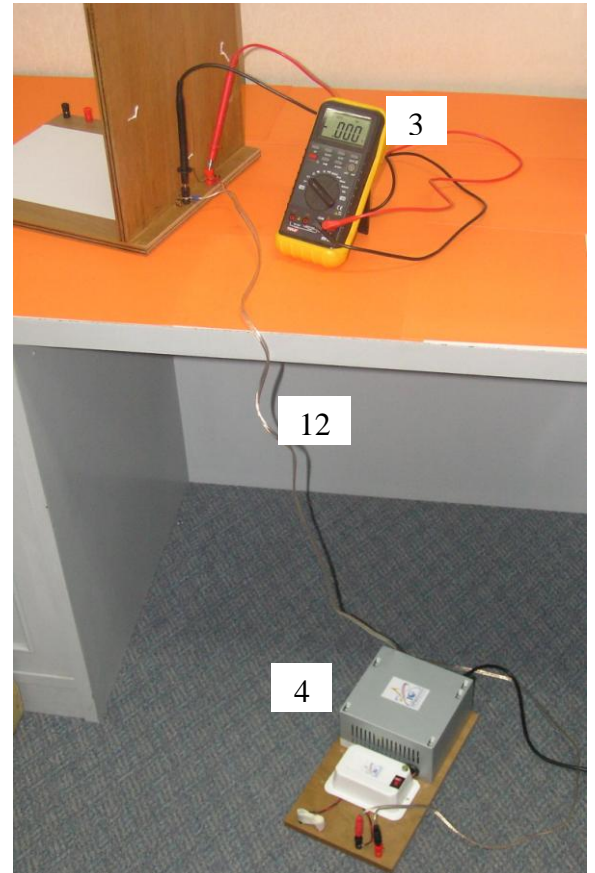


Рисунок 2.

Предосторожение

Используйте мультиметр только для измерения разности потенциалов на катушке. Использование мультиметра в других режимах может вывести из строя источник питания!!!

Часть I

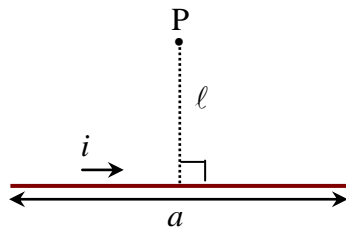


Figure 3

Магнитное поле B_p на расстояние l перпендикулярно к середине прямого токового элемента ia дается выражением

$$B_p = \frac{\mu_0 i}{2\pi l} \frac{(a/2)}{\sqrt{l^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2}} \dots\dots\dots (i)$$

где $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ Генри/метр - это магнитная восприимчивость вакуума.

Используйте это выражение для того чтобы показать, что величина магнитного поля, создаваемого квадратной катушкой в точке P на Рис.1 дается следующим выражением:

$$B_{px} = \left(\frac{\mu_0 a^2 i N}{2\pi} \right) \left[\frac{1}{\left(x^2 + \left(\frac{a}{2} \right)^2 \right) \sqrt{x^2 + 2 \left(\frac{a}{2} \right)^2}} \right] \dots\dots\dots (ii)$$

Период малых колебаний магнита в совместном поле B дается выражением

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mB}} \dots\dots\dots (iii)$$

где m – это магнитный момент магнита массы M , а I – это момент инерции относительно оси, проходящей через центр масс:

$$I = M \left(\frac{L^2}{12} + \frac{r^2}{4} \right) \dots\dots\dots (iv)$$

Часть II

[0,8 б.]

Для экспериментов в Части III вы должны расположить магнит так, как показано на Рис.1. Если длина нити слишком мала, то кручением нити нельзя будет пренебречь при колебаниях магнита. Проведите подходящие измерения (например, колебания магнита только в магнитном поле Земли) для оправдания того, что мы можем проигнорировать эффект кручения нити. От вас не требуется рисовать график.

Часть III

Для проведения следующих экспериментов, описываемых в пунктах (а), (б) и (с), подвесьте магнит так, как показано на Рис.1. Измерьте и запишите значение расстояния между центром магнита и верхней поверхностью штатива.

[0,2 б.]

а) Магнитное поле катушки и горизонтальное магнитное поле Земли в одном направлении [5 б.]

Внимание!

Подсоедините катушку к источнику питания и подождите по меньшей мере 5 минут.

Измерьте периоды колебаний для различных значений совместного поля в случае, когда магнитные поля катушки и Земли имеют одно и то же направление. Нарисуйте прямолинейный график и вычислите значение величины B_H и величины магнитного момента m из этого графика, и оцените их погрешности.

б) Только магнитное поле Земли [1 б.]

Используйте значение m из пункта (а) и период колебаний магнита в отсутствии поля катушки из пункта (а) для еще одного вычисления значения B_H и оцените ее погрешность.

с) Магнитное поле катушки и магнитное поле Земли в противоположных направлениях [2 б.]

Поменяв на противоположное соединение контактов от источника питания (**на самом источнике питания**), найдите точку равновесия магнита x_0 на оси OX при воздействии магнитного поля Земли и противоположно направленного магнитного поля катушки. Используйте найденное значение x_0 для еще одного вычисления значения B_H и оцените ее погрешность.

Эксперимент 2. Колебания сосуда с водой

В этом эксперименте вам предлагается провести неразрушающие измерения для определения толщины t алюминиевого сосуда, полностью заполненного водой. Алюминиевый сосуд состоит из цилиндра и двух крышек. Цилиндр имеет длину L и внешний радиус R . Полная длина сосуда равняется h . Толщина каждой из крышек равна 0,6 см (смотри Рис.1). Вы можете проигнорировать погрешность определения этой толщины. **В этом эксперименте используйте грамм и сантиметр как единицы измерения массы и длины соответственно.**

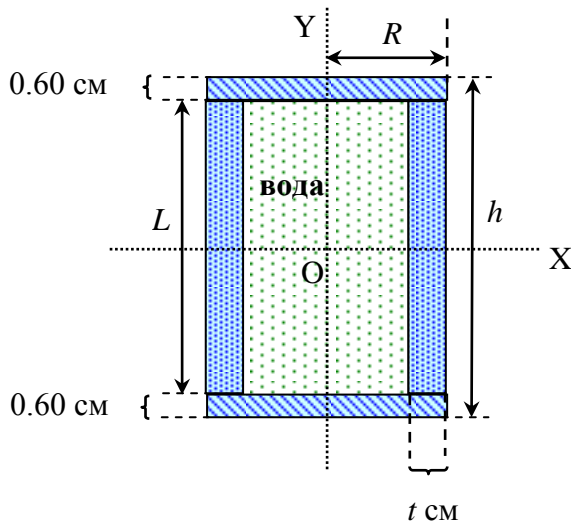


Рисунок 1.

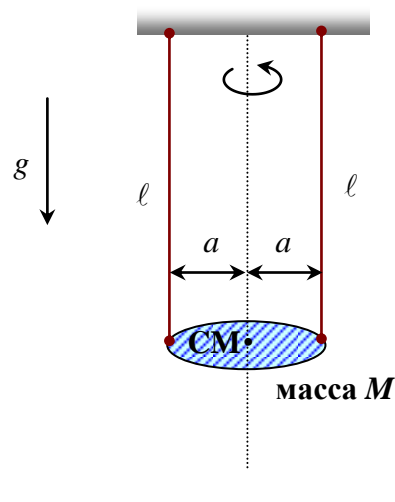


Рисунок 2.

Рис.2 показывает подвешивание массы M в двух точках. Две нити подвешивания имеют одинаковую длину ℓ . Период T малых колебаний массы M равен

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g} \cdot \frac{I}{Ma^2}} \dots\dots\dots (i)$$

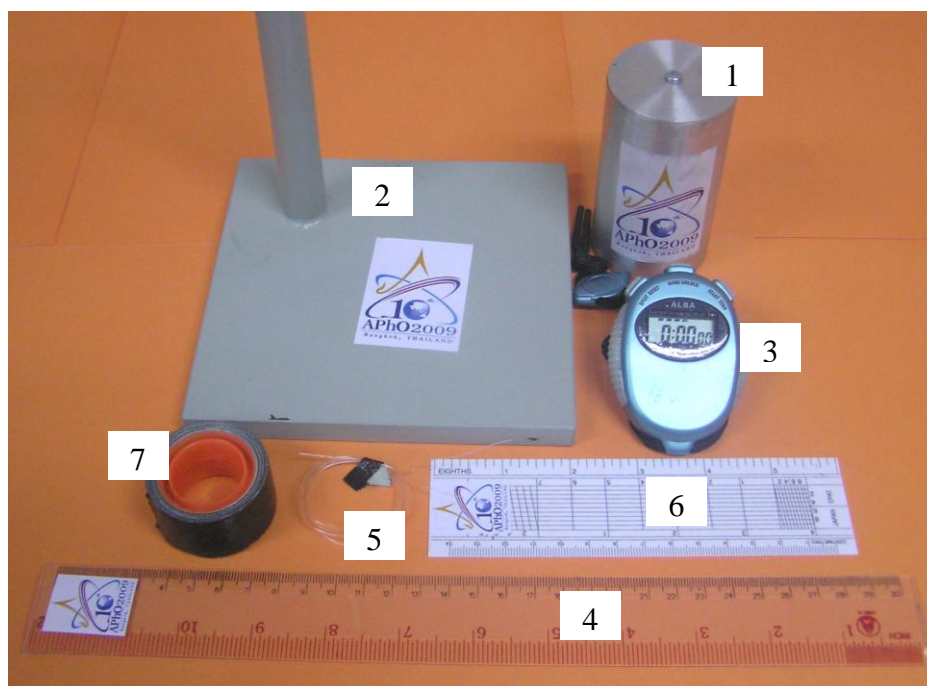
где I - это эффективный момент инерции относительно вертикальной оси, проходящей через центр масс, а g - это ускорение свободного падения в городе Бангкок ($g = 978 \text{ см/с}^2$).

Эксперимент состоит из двух частей. В Части I выводится формула, а в Части II выполняется сам эксперимент.

Экспериментальная установка

Установка состоит из следующих элементов как показано на рисунке:

1. сосуд заполненный водой
2. штатив
3. секундомер
4. линейка
5. нейлоновая нить
6. транспортер
7. изолента
8. нож (не показан на рисунке)



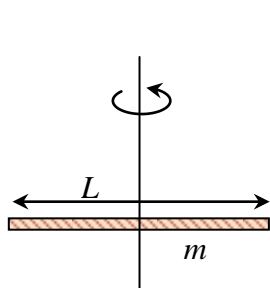
Часть I

В этой Части вам предлагается, используя величины R, L, t и плотность алюминия ρ получить выражения для следующих величин (смотри Рис.1):

1. Масса m_1 цилиндрической части сосуда
2. Масса m_2 каждой крышки
3. Масса m_3 воды, заполняющей сосуд
4. Полная масса M сосуда с водой
5. Эффективный момент инерции I этого сосуда с водой относительно оси OY (смотри Рис.1), предполагая, что вода является идеальной жидкостью.

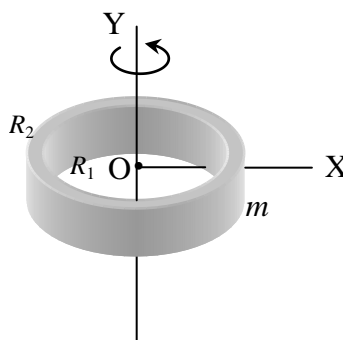
Проведите измерения величин R, h, L . Используя эти значения, выведите и запишите выражения для величин 1-5, указанных выше, через t . Плотность алюминия $\rho = 2,70 \text{ г/см}^3$ и плотность воды $1,00 \text{ г/см}^3$.

Подсказка:



$$I = m \frac{L^2}{12}$$

Тонкий стержень длиной L



$$I_y = \frac{1}{2} m (R_2^2 + R_1^2),$$

$$I_x = \frac{1}{4} m (R_2^2 + R_1^2)$$

Тонкий цилиндр с внутренним радиусом R_1 и внешним радиусом R_2 .

Рисунок 3.

Часть II

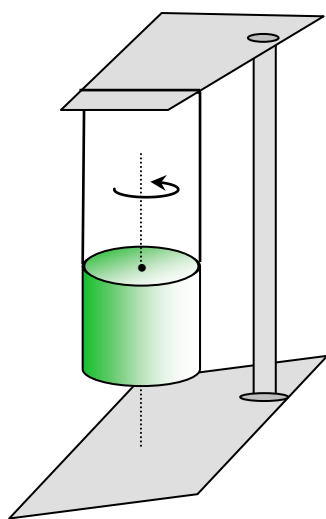


Рисунок 4.

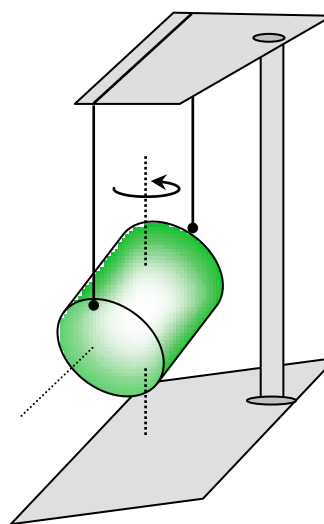


Рисунок 5.

а) Угловые колебания относительно оси симметрии

[4,0 б.]

Для одного фиксированного значения длины ℓ проведите точные измерения периода T_y малых колебаний как показано на Рис.4. Затем вычислите значения толщины t стенки цилиндра. Оцените экспериментальную погрешность Δt для этой толщины.

Вычислите также значения величин m_1, m_2, m_3 и M , используя это значение t .

б) Угловые колебания относительно центральной оси перпендикулярной длине

[2,8 б.]

Поменяйте двухточечную подвеску сосуда на ту как показано на Рис.5 и проведите аналогичные измерения как в пункте (а).

Затем используя значение только что найденного периода колебаний и величин t, m_1, m_3 и M , найденных в пункте (а) для вычисления эффективного момента инерции I_x^{Exp} сосуда относительно оси OX (см. Рис.2 и Рис.5).

Вычислите также теоретическую оценку значения I_x^{Theo} , основанную на значении t , найденного в пункте (а), предполагая, что вся вычисленная масса воды, найденная в пункте (а), теперь принимает участие в колебательном движении сосуда.

в) Сравнение экспериментального и теоретического значений момента инерции

[1,2 б.]

Какова разность ΔI_x между значениями I_x^{Theo} и I_x^{Exp} ?

Считаете ли вы эту разность статистически значимой?

Оцените процент массы воды, которая принимает участие в колебательном движении в пункте (б), предполагая, что вода является круговым диском, соединенным с крышками цилиндра.

Подсказка:

$$I_x^{Theo} = m_1 \left[\frac{L^2}{12} + \frac{R^2 + (R-t)^2}{4} \right] + 2m_2 \left[\frac{(0.6 \text{ cm})^2}{12} + \frac{R^2}{4} + \left(\frac{L}{2} + \frac{0.6 \text{ cm}}{2} \right)^2 \right] + m_3 \left[\frac{L^2}{12} + \frac{(R-t)^2}{4} \right]$$
