

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ



федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра общей и технической физики

Отчет по лабораторной работе №7

По дисциплине _____ Физика _____

(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

Тема работы: Определение момента инерции твердых тел с помощью маятника
Максвелла

Выполнил: студент гр. САМ-22 _____

(шифр группы)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Проверил(а): _____

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Санкт-Петербург

2022

Цель работы

Изучение маятника Максвелла и определение его с помощью момента инерции твердых тел.

Краткое теоретическое содержание

Явления, изучаемое в работе. Явление многократного перехода энергии из кинетической в потенциальную.

Определения основных физических понятий, процессов, объектов и величин.

Момент инерции – физическая величина, равная сумме произведений масс n материальных точек системы на квадраты их расстояний до рассматриваемой оси.

$$[J] = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Аддитивная величина – это величина, разные значения которой могут быть суммированы, умножены на числовой коэффициент, разделены друг на друга.

Маятник Максвелла - это устройство, состоящее из массивного диска, симметрично и жестко закрепленного на горизонтальной оси, подвешенной на двух нерастяжимых нитях.

Кинетическая энергия - это энергия движения тела.

Потенциальная энергия - энергией называется энергия, которая определяется взаимным положением взаимодействующих тел или частей одного и того же тела.

$$[E] = 1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Законы и соотношения (использованные при выводе расчетной формулы). Пояснения к физическим величинам и их единицы измерений.

Закон сохранения энергии- энергия не возникает и не исчезает, она может превращаться из одного вида в другой, а также передаваться от одного тела к другому.

$$E = E_{\text{п}} + E_{\text{к}} = \text{const},$$

где $E_{\text{п}}$ – потенциальная энергия, Дж;

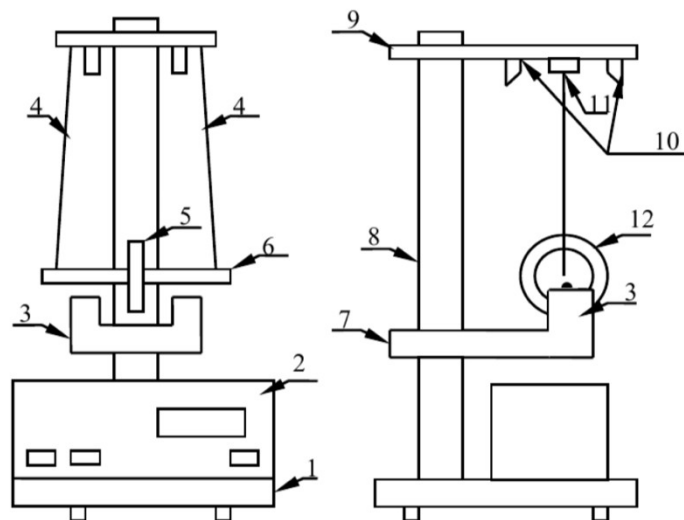
$E_{\text{к}}$ – кинетическая энергия, Дж.

Момент инерции сплошного твёрдого тела:

$$J = \lim \sum \Delta m r^2 = \int r^2 dm = \int \rho r^2 dV$$

где r - расстояние от элемента до оси вращения; ρ - плотность вещества в элементе объема dV , находящегося на расстоянии r от оси вращения.

Схема установки



1 – основание

2 – эл. Секундомер

3 - фотоэлектронный датчик

4 – 2 нити

5 – диск

6 – ось

7 - подвижный нижний кронштейн

8 – колонка

9 – верхний кронштейн

10 – электромагнит

12 – сменные кольца

Основные расчетные формулы

Теоретическое значение момента инерции Максвелла

$$J_T = J_0 + J_d + J_k,$$

где

$J_0 = m_0(R_0)^2 / 2$ - момент инерции оси маятника

$J_d = m_d(R_d^2 + R_0^2)/2$ - момент инерции диска

$J_k = m_k(R_k^2 + R_0^2)/2$ - момент инерции кольца, надетого на диск

$R_0, m_0, R_d, m_d, R_k, m_k$ - соответственно радиусы и массы оси, диска и кольца.

Модуль угловой скорости ω

$$\omega = v / R$$

где

v - модуль линейной скорости

R – радиус диска

Потенциальная и кинетическая энергии

$$E_n = E_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}$$

Момент инерции маятника

$$J = m R^2 \left(\frac{2gh}{v^2} - 1 \right)$$

$\rho_{гр}$ -значение удельного сопротивления, рассчитанного графически, Ом*м.

Погрешности косвенных измерений

Средняя абсолютная погрешность диаметра проволоки

$$\Delta d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\bar{d} - d_i|$$

\bar{d} - среднее значение диаметра;

d_i - значение диаметра при измерении i .

Средняя квадратичная погрешность одной серии измерений диаметра

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} * \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}$$

n – кол-во измерений

Абсолютная погрешность прибора

$$\Delta x = \varepsilon_{np} \cdot x_{np} = x_{np} \cdot K / 100$$

x_{np} - наибольшее значение величины, которое может быть измерено по шкале прибора

$$\Delta I = \frac{k \cdot I_{max}}{100}$$

$$\Delta U = \frac{k \cdot U_{max}}{100}$$

ΔU -приборная погрешность вольтметра;

ΔI -приборная погрешность амперметра;

k-класс точности прибора;

I_{max} и U_{max} -максимальные значения используемых измерительных шкал.

Погрешности косвенных измерений

Абсолютная погрешность

$$\overline{\Delta \rho_z} = \bar{\rho}_z \cdot \left(\frac{\overline{\Delta U}}{\bar{U}} + \frac{\overline{\Delta I}}{\bar{I}} + \frac{\overline{\Delta \ell}}{\bar{\ell}} + \frac{2\overline{\Delta d}}{\bar{d}} \right) = \bar{\rho}_z \cdot \varepsilon_\rho$$

$\bar{\rho}, \bar{U}, \bar{I}, \bar{\ell}$ - среднее значение удельного сопротивления, напряжения, силы тока и длины проводника

$\Delta \ell$ - абсолютная погрешность длины

Средняя квадратичная погрешность

$$\sigma_\rho = \bar{\rho}_z \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_I}{\bar{I}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_U}{\bar{U}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_\ell}{\bar{\ell}} \right)^2 + \left(\frac{2\sigma_d}{\bar{d}} \right)^2}$$

Абсолютная погрешность сопротивления

$$\Delta R = \bar{R} * \left(\frac{\Delta U}{\bar{U}} + \frac{\Delta I}{\bar{I}} \right)$$

Средняя квадратичная погрешность сопротивления

$$\sigma_R = \bar{R} * \sqrt{\left(\frac{\sigma_U}{U}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_I}{I}\right)^2}$$

$$\sigma_I = \Delta I$$

$$\sigma_U = \Delta U$$

Таблица 1 Технические данные приборов

Физическая величина	m_1	t_1	m_2	t_2	m_3	t_3	m_o	m_d
Ед. измерения	г	с	г	с	г	с	г	г
Номер опыта								
1	263	2,134	392	1,979	522	2,179	32,2	124
2		1,971		1,973		2,001		
3		1,980		1,980		1,993		
4		1,903		2,031		2,036		
5		1,928		1,980		1,995		
6		2,061		2,068		2,171		
7		2,043		1,973		2,026		
8		2,075		2,074		1,995		
9		1,919		1,977		2,186		
10		1,916		2,075		2,156		

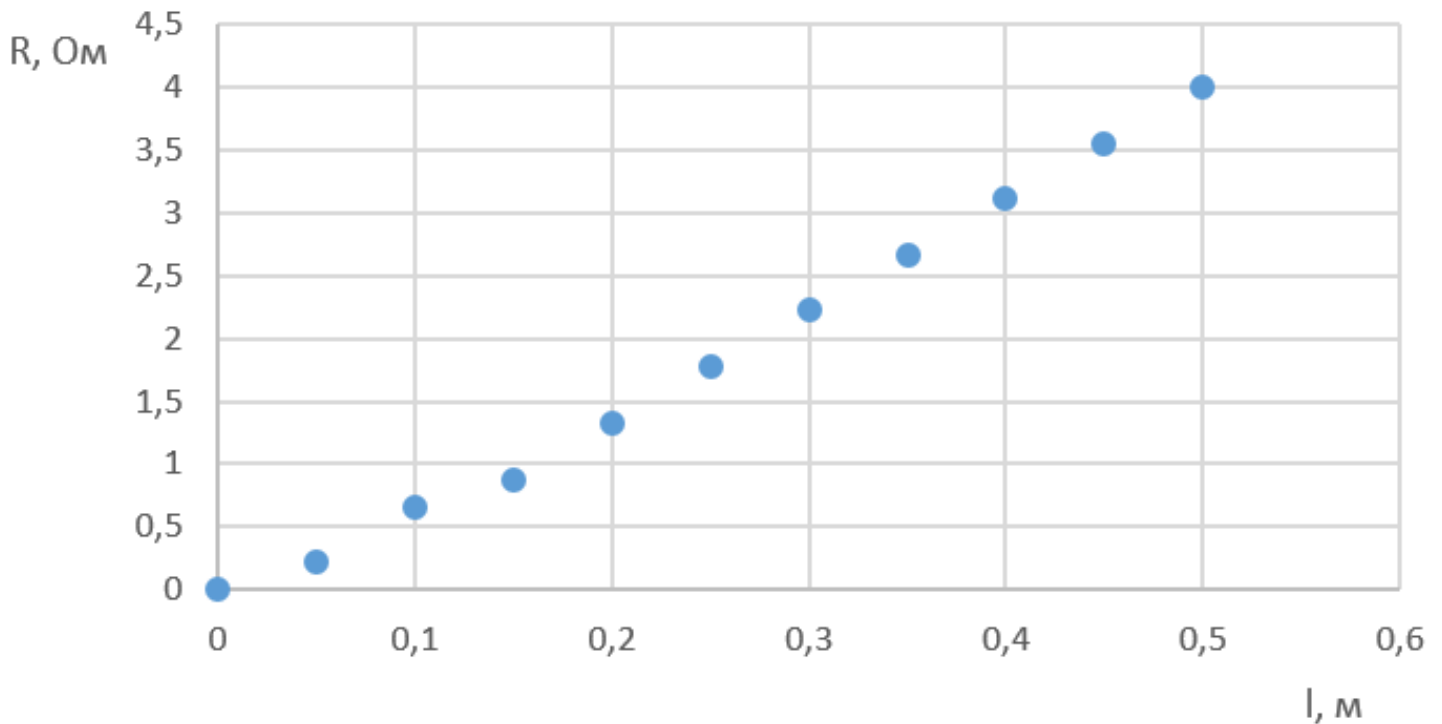
Пример вычисления(для одного опыта)

Графический материал

Таблица данных для графика:

<i>I, м</i>	<i>R, Ом</i>
0	0
0,05	0,22
0,1	0,66
0,15	0,88
0,2	1,33
0,25	1,77
0,3	2,22
0,35	2,66
0,4	3,11
0,45	3,55
0,50	4

График зависимости



Пример вычислений

$$\Delta I = \frac{1,5 * 250}{100} = 3,75 \text{ мА}$$

$$\Delta U = \frac{1,5 * 1,5}{100} = 0,0225 \text{ В}$$

$$\Delta l_{cp} = \frac{10 * 0,1}{10} = 0,1 \text{ см}$$

$$l_{cp} = \frac{5+10+15+20+25+30+35+40+45+50}{10} = 27,5 \text{ см}$$

$$U_{cp} = \frac{0,05+0,15+0,2+0,3+0,4+0,5+0,6+0,7+0,8+0,9}{10} = 0,46 \text{ В}$$

$$I_{cp} = \frac{10 * 225}{10} = 225 \text{ мА} = 0,225 \text{ А}$$

$$R_{cp} = \frac{0,22+0,66+0,88+1,33+1,77+2,22+2,66+3,11+3,55+4}{10} = 2,04 \text{ Ом}$$

$$\Delta R = 2,04 * \left(\frac{0,00375}{0,225} + \frac{0,0225}{0,46} \right) = 0,134 \text{ Ом}$$

$$\sigma_R = 2,04 * \sqrt{\left(\frac{0,00375}{0,225}\right)^2 + \left(\frac{0,0225}{0,46}\right)^2} = 0,105 \text{ Ом}$$

Штангенциркуль

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{1}{90} \cdot \sqrt{4 \cdot |0,31 - 0,3|^2 + |0,35 - 0,31|^2 + 3 \cdot |0,31 - 0,25|^2 + 2 \cdot |0,4 - 0,31|^2}} = \delta$$

$$= 0,018 \text{ мм}$$

$$\overline{\rho_{sp}} = \frac{3,14 \cdot 0,00031^2}{4} \cdot \frac{0,134}{0,001} = 1,0109 * 10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\overline{\rho_s} = \frac{3,14 \cdot 0,00031^2 \cdot 0,46}{4 \cdot 0,225 \cdot 0,275} = 5,6084 * 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\overline{\Delta \rho_s} = 5,6084 * 10^{-7} \cdot \left(\frac{0,0225}{0,46} + \frac{0,00375}{0,225} + \frac{0,001}{0,275} + \frac{2 \cdot 0,00005}{0,00031} \right) = 2,2 * 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\sigma_\rho = 5,6084 * 10^{-7} * \sqrt{\left(\frac{0,00375}{0,225}\right)^2 + \left(\frac{0,0225}{0,46}\right)^2 + \left(\frac{0,001}{0,275}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot 0,00005}{0,00031}\right)^2} =$$

$$= 1,83 * 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Микрометр

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{1}{90} \cdot \sqrt{3 \cdot |0,41 - 0,392|^2 + 2 * |0,392 - 0,39|^2 + |0,392 - 0,35|^2 + 2 \cdot |0,392 - 0,38|^2 + 2 \cdot |0,4 - 0,392|^2}} = \delta$$

$$= 0,0031 \text{ мм}$$

$$\overline{\rho_{sp}} = \frac{3,14 \cdot 0,000392^2}{4} \cdot \frac{0,134}{0,001} = 1,6164 * 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\overline{\rho_s} = \frac{3,14 \cdot 0,000392^2 \cdot 0,46}{4 \cdot 0,225 \cdot 0,275} = 8,9678 * 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\overline{\Delta \rho_s} = 8,9678 * 10^{-7} \cdot \left(\frac{0,0225}{0,46} + \frac{0,00375}{0,225} + \frac{0,001}{0,275} + \frac{2 \cdot 0,00001}{0,000392} \right) = 1,08 * 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\sigma_\rho = 8,9678 * 10^{-7} * \sqrt{\left(\frac{0,00375}{0,225}\right)^2 + \left(\frac{0,0225}{0,46}\right)^2 + \left(\frac{0,001}{0,275}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot 0,00001}{0,000392}\right)^2} =$$

$$= 1,42 * 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Конечные Результаты:

Штангенциркуль:

$$\rho_s = (5,6 \pm 1,83) \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\rho_s = (5,6 \pm 2,2) \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Микрометр:

$$\rho_s = (8,9 \pm 1,42) \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\rho_s = (8,9 \pm 1,08) \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Вывод

В ходе лабораторной работы я проделала измерения проволоки с помощью микрометра и штангенциркуля. Полученные погрешности настолько малы, что при измерении приборами не будут допущены грубые ошибки.

Также я проделала измерения удельного сопротивления в цепи с током. Полученные результаты измерения удельного сопротивления, с учетом погрешностей, приблизительно равны табличным значениям.

Цель лабораторной работы достигнута.