Пример полного оформления лабораторной работы

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 0-1:

Обработка результатов физического эксперимента на примере определения ускорения свободного падения с помощью математического маятника.

Студент **Иванов Андрей** группа **МО -12**

Допуск________________________________Выполнение____________________Защита____________________

Цель работы: получение и закрепление навыков обработки результатов прямых, косвенных и совместных измерений.

Приборы и материалы: математический маятник, измерительная линейка, секундомер.

Упражнение 1. **Порядок обработки прямых измерений. Определение периода колебаний математического маятника.**

Таблица 1

$N_{изм}$	1	2	3	4	5	$\sum$
T_i, c	**1.79**	**1.84**	**1.75**	**1.82**	**1.78**	**8.98**
$T_i - \langle T \rangle$, c	**- 0.01**	**0.04**	**- 0.05**	**0.02**	**- 0.02**	**-**
$(T_i - \langle T \rangle)^2, \cdot 10^{-4} c^2$	**1**	**16**	**25**	**4**	**4**	**50**

$\times 10^{-4} c^2\ c^2$

1. $$< T >= \frac{T_1 + T_2 + \ldots + T_5}{5} .$$

$$< T >= \frac{1.79\text{ c} + 1.84\text{ c} + 1.75\text{ c} + 1.82\text{ c} + 1.78\text{ c}}{5} = 1.80 c$$

2.

$$\left[T_1 - \langle T \rangle \right] = c - c = c$$

$$T_1 - \langle T \rangle = 1.79 c - 1.80 c = 0.01 c ,$$

$$\left[\left(T_1 - \langle T \rangle \right)^2 \right] = c^2 - c^2 = c^2$$

$$\left(T_1 - \langle T \rangle \right)^2 = \left(0.01 c \right)^2 = 0.0001 c^2 = 10^{-4} c^2$$

3.

$$S^2_{<T>} = \frac{(T_1 - < T >)^2 + (T_2 - < T >)^2 + \ldots + (T_5 - < T >)^2}{5 \cdot 4} .$$

$$\left[S^2_{<T>} \right] = \frac{(c-c)^2 + (c-c)^2 + \ldots + (c-c)^2}{1} = c^2 .$$

$$S^2_{\langle T \rangle} = \frac{50 \cdot 10^{-4}\ c^2}{20} = 2.5 \cdot 10^{-4}\ c^2$$

4. $$S_{<T>} = \sqrt{S^2_{<T>}} , \qquad \left[S_{<T>} \right] = \sqrt{c^2} = c .$$

$$S_{\langle T \rangle} = \sqrt{S^2_{\langle T \rangle}} = \sqrt{2.5 \cdot 10^{-4}\ c^2} = 1.6 \cdot 10^{-2}\ c$$

Ответ: $T = \left(1.78 \pm 2.8 \cdot 1.6 \cdot 10^{-2} \right) c = \left(1.78 \pm 0.04 \right) c$ для $n = 5$ и $p = 0.95$

Вывод : На примере определения периода колебаний математического маятника я научился обрабатывать прямые измерения.

Упражнение 2. **Обработка результатов косвенных измерений. Определение ускорения свободного падения**

Таблица 2

$N_{изм}$	T_i, c	$S_{<T>}$, c	l, $м$	$S_{<l>}$, $м$	$\langle g\rangle$, $\frac{м}{c^2}$	S_g, $\frac{м}{c^2}$
1	1.79	$1.6\cdot10^{-2}$	0.80	0.025	10.25	0.13
2	1.84					
3	1.75					
4	1.82					
5	1.78					
$\sum$	8.98					

1. $$<g>=\frac{4\pi^2 l}{<T^2>}. \qquad [<g>]=\frac{м}{c^2}$$

$$\langle g\rangle=\frac{4\cdot3{,}14^2\cdot0{,}80м}{(1{,}80c)^2}=9{,}74\frac{м}{c^2}$$

2. $$S_g^2=\left(\frac{4\pi^2}{\langle T\rangle^2}\right)^2 S_l^2+\left(\frac{-8\pi^2 l}{\langle T\rangle^3}\right)^2 S_T^2+\left(\frac{8\pi\ l}{\langle T\rangle^2}\right)^2 S_\pi^2;$$

$$\left[S_g^2\right]=\left(\frac{1}{c^2}\right)^2 м^2+\left(\frac{м}{c^3}\right)^2 c^2+\left(\frac{м}{c^2}\right)^2 1=\frac{1}{c^4}м^2+\frac{м^2c^2}{c^6}+\frac{м^2}{c^4}=\frac{м^2}{c^4}+\frac{м^2}{c^4}+\frac{м^2}{c^4}=\frac{м^2}{c^4}.$$

В качестве погрешности в определении длины нити математического маятника S_l возьмём квадрат приборной погрешности ***(в качестве приборной погрешности принимается величина, равная половине цены деления шкалы прибора).*** $S_l = 0.025$ м

В качестве погрешности числа π S_π возьмите табличную погрешность ***(в качестве табличной погрешности принимается величина, равная половине единицы последнего разряда округлённой табличной величины).***

$S_\pi = 0.005$

$$S_T^2=\frac{\sum\left(T_i-\langle T\rangle\right)^2}{n-1}, \qquad \left[S_T^2\right]=\frac{\sum\ (\ c-c)^2}{1}=\left[c^2\right]$$

$$S_{\langle T\rangle}^2=\frac{50\cdot10^{-4}\ c^2}{4}=12.5\cdot10^{-4}\ c^2\ .$$

$$S_g^2=\left(\frac{4\cdot3{,}14^2}{(1{,}80c)^2}\right)^2\cdot(0{,}025м)^2+\left(-\frac{8\cdot3{,}14^2\cdot0{,}80м}{(1{,}80c)^3}\right)^2\cdot12.5\cdot10^{-4}\ c^2+\left(\frac{8\cdot3{,}14\cdot0{,}80м}{(1{,}80c)^2}\right)^2\cdot(0.005)^2\ ,$$

$$\Rightarrow S_g^2=926.06\cdot10^{-4}\frac{м^2}{c^4}+1463.38\cdot10^{-4}\frac{м^2}{c^4}+9.62\cdot10^{-4}\frac{м^2}{c^4}=3351.21\cdot10^{-4}\frac{м^2}{c^4}=0.34\frac{м^2}{c^4},\ \Rightarrow S_g^2=0.34\frac{м^2}{c^4}$$

3. $S_g=\sqrt{S_g^2}$; $\qquad \left[S_g\right]=\sqrt{\frac{м^2}{c^4}}=\frac{м}{c^2} \qquad S_g=\sqrt{0.34\frac{м^2}{c^4}}=0{,}58\frac{м}{c^2}$

Ответ: $g=(9{,}74\pm0{,}58)\frac{м}{c^2}=(9{,}7\pm0{,}6)\frac{м}{c^2}$

Вывод: Из сравнения значения ускорения свободного падения, полученного в результате проведённого эксперимента с теоретическим значением: $g_{практика}=(9{,}7\pm0{,}6)\frac{м}{c^2}$, $\qquad g_{теория}=(9{,}81\pm0{,}05)\frac{м}{c^2}$,

видно, что их значения незначительно отличаются.

Относительная погрешность нашего эксперимента составляет

$$\varepsilon=\frac{\left|g_{практика}-g_{теория}\right|}{g_{теория}}\cdot100\%=\frac{\left|9{,}7\frac{м}{c^2}-9{,}81\frac{м}{c^2}\right|}{9{,}81\frac{м}{c^2}}\cdot100\%=0{,}71\%.$$

По моему мнению, это связано в основном со случайными погрешностями измерений, возникающими во время эксперимента.

Упражнение 3. **Порядок обработки совместных измерений. Определение ускорения свободного падения**

Период колебаний математического маятника вычисляется по формуле $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$. (1)

Возведём уравнение (1) в квадрат, получим $T^2 = \dfrac{4\pi^2}{g} l$.

Введём следующие обозначения: $y = T^2$; $x = l$; $A = \dfrac{4\pi^2}{g}$.

Получим линейную зависимость $y = Ax$, из которой методом наименьших квадратов определим неизвестный параметр $A = \dfrac{4\pi^2}{g}$.

Таблица 3

1	2	3	4	5	6	7	8
	l_i, $\sqrt{м}$	T_i, $с$	x_i, $\sqrt{м}$	y_i, $с$	$x_i y_i$, $\sqrt{м}\cdot с$	x_i^2, $м$	$(y_i - Ax_i)^2$, $с^2$
1							
2							
3							
4							
5							
$\sum$							

1. $[xy] = м \cdot с^2$; $x_1 y_1 =$

$[x^2] = (м)^2 = м^2$; $x_1^2 =$

2. $A = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i}{\sum_{i=1}^{n} x_i^2}$; $A = \dfrac{\sum м \cdot с^2}{\sum м^2} = \dfrac{с^2}{м}$

$A =$

3. $[y - Ax] = с^2 - \dfrac{с^2}{\cancel{м}}\cancel{м} = с^2 - с^2 = с^2$; $y_1 - Ax_1 =$

$[(y - Ax)^2] = \left(с^2 - \dfrac{с^2}{\cancel{м}}\cancel{м}\right)^2 = (с^2 - с^2)^2 = (с^2)^2 = с^4$; $(y_1 - Ax_1)^2 =$

4. $S_A^2 = \dfrac{1}{\sum_{i=1}^{n} x_i^2} \cdot \dfrac{\sum_{i=1}^{n} (y_i - A \cdot x_i)^2}{n - 1}$.

$$[S_A^2] = \frac{1}{\sum м^2} \cdot \frac{\sum (с^2 - \frac{с^2}{м} \cdot м)^2}{1} = \frac{1}{\sum м^2} \cdot \frac{\sum (с^2 - с^2)^2}{1} = \frac{\sum с^4}{\sum м^2} = \frac{с^4}{м^2}$$

$S_A^2 =$

5. $\langle g \rangle = \dfrac{4\pi^2}{A}$; $[\langle g \rangle] = \dfrac{1}{\frac{с^2}{м}} = \dfrac{м}{с^2}$; $\langle g \rangle =$

6. $S_g^2 = \left(\frac{8\pi}{A}\right)^2 \cdot S_\pi^2 + \left(-\frac{8\pi^2}{A^2}\right)^2 \cdot S_A^2$;

$$\left[S_g^2\right] = \left(\frac{1}{\frac{c^2}{м}}\right)^2 \cdot 1 + \left(-\frac{1}{\left(\frac{c^2}{м}\right)^2}\right)^2 \cdot \frac{c^4}{м^2} = \left(\frac{м}{c^2}\right)^2 \cdot 1 + \left(-\frac{1}{\frac{c^4}{м^2}}\right)^2 \cdot \frac{c^4}{м^2} = \frac{м^2}{c^4} + \frac{м^4}{c^8} \cdot \frac{c^4}{м^2} = \frac{м^2}{c^4} + \frac{м^2}{c^4} = \frac{м^2}{c^4}$$

$S_g^2 =$

7. $S_g = \sqrt{S_g^2}$;

8. $g = \langle g \rangle \pm S_g$.

$g =$

9. вычислим F - критерий (критерий Фишера):

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S_{оп}^2},$$

где $S_{оп}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \langle y \rangle)^2}{n-1}$; $\left[S_{оп}^2\right] = \frac{\sum(c-c)^2}{1} = \frac{\sum c^2}{1} = c^2$; $S_{оп}^2 =$

$S_{ад}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - Ax_i)^2}{n-1}$; $\left[S_{ад}^2\right] = \frac{\sum\left(c^2 - \frac{c^2}{м} \cdot м\right)^2}{1} = \frac{\sum\left(c^2 - c^2\right)^2}{1} = \frac{c^4}{1} = c^4$

$S_{ад}^2 =$

$F =$

Проверим двухстороннее неравенство $\frac{1}{F_{табл}^{(d-1),(n-m)}} \le \frac{S_{ад}^2}{S_{оп}^2} \le F_{табл}^{(n-m),(d-1)}$, где $F_{табл}^{(n-m),(d-1)} = 6.59$

$\frac{S_{ад}^2}{S_{оп}^2} =$

Вывод: так как условие $\frac{S_{ад}^2}{S_{оп}^2} \le 6.59$ выполняется, то с вероятностью, равной 95 %, можно утверждать, что наше предположение о линейной зависимости между величинами $y_i = T_i^2$ и $x_i = l_i$ действительно описывается зависимостью $y = Ax$.

4. Вывод:

5. В координатах XOY построим график зависимости $y = A \cdot x$ (в качестве x возьмём l, в качестве y возьмём T^2)