Рассчитываем среднее значение по формуле

*=11,79 (с)*

*=21,738 (с)*

*=16,928 (с)*

*=22,108 (с)*

Рассчитываем СКО среднего по формуле

= 0,0044 (с)

= 0,039 (с)

= 0,075 (с)

= 0,0192 (с)

Расчет случайной погрешности по формуле Δt = tp,N \*

при N=5, tp,N =2.78, p=95%.  
Δt1д = 0,0122 (с)

Δt1к = 0,1084 (с)

Δt2д= 0,2085(с)

Δt2к = 0,0533 (с)

Рассчитаем приборную погрешность,

Δ = 0,01 − цена деления секундомера ;

ΘT = = 0,005

Найдём полную погрешность результата измерений.

Δ =

Δ1д = 0,0132 (с)

Δ1к = 0,1085 (с)

Δ2д= 0,2086 (с)

Δ2к = 0,0535 (с)

Запишем результаты в стандартной форме: t =

t1д = 11,790 ± 0,013 с

t1к = 21,738 ± 0,108 с

t2д = 16,9 ± 0,2 с

t2к = 22,1 ± 0,05 с

с p=95%

2. Вычислим периоды колебаний маятника с кольцом (Tк­) и без кольца (Tд) ,пользуясь методом переноса погрешностей, рассчитаем средние значения и полные погрешности.

Рассчитываем значение функции = f().

==(с)

Вычисляем частные производные от функции

=

0,2

Вычисляем полную погрешность функции

0,0417 (с)

Запишем результат измерения и округлим его.

(c).

==2,358 (с)

Вычисляем частные производные от функции

=

0,2

Вычисляем полную погрешность функции

0,0026 (с)

Запишем результат измерения и округлим его.

(с)

3. Определим момент инерции маятника по формулам

 , 

где  – момент инерции кольца, Tдк=Тк. Вычислим погрешность , пользуясь правилами расчета погрешностей косвенных измерений. А так же рассчитаем значение момента инерции диска маятника, исходя из его размеров и плотности материала. Сравним полученный результат с экспериментальным значением.

Рассчитаем значение момента инерции кольца по формуле: Iк=1/8\*m\*(), где - внешний диаметр кольца, m- масса кольца, - внутренний диаметр кольца.

Iк=1/8\* 1,993\*(0,2472 +0,05912) = 0,076 (кг\*м2)

Пользуясь методом переноса погрешностей, рассчитаем Iд:

Рассчитываем значение функции = f(,).

== = 0,0388 (кг\*м2)

Вычисляем частные производные от функции

=

-0,0256

= 0,045

Вычисляем полную погрешность функции

18,4\*10-6 (кг\*м2)

Записываем результат измерения и округляем его.

(кг\*м2)

Найдем значение момента инерции для диска маятника, исходя из его размеров и плотности материала.

Формула для расчета:

Iд =, где - плотность материала, из которого изготовлен диск; h0 – толщина диска маятника; D0 – диаметр диска маятника.

Iд= 0,263 (кг\*м2).

4. Определим время затухания маятника. Пользуясь методом переноса погрешностей, для диска без кольца и с кольцом рассчитаем средние значения и полные погрешности времени затухания τ маятника и погрешность Δτ при P = 95%. Время затухания вычисляем по формуле (если установка настроена, то a0 =0 и

a1 / at = 2):

,

где t – время затухания, за которое амплитуда колебания уменьшается примерно в два раза.

Рассчитываем значение функции = f().

==(с)

Вычисляем частную производные от функции

=

1,44

Вычисляем полную погрешность функции

0,077(с)

Запишем результат измерения и округлим его.

(с).

==(с)

Вычисляем частную производную от функции

=

1,44

Вычисляем полную погрешность функции

0,156 (с)

Запишем результат измерения и округлим его.

(с)

5. Определим собственную частоту колебаний гармонического осциллятора. Пользуясь выражениями  и , определим собственные частоты  и 0к колебаний для диска без кольца и с кольцом. Вычислим их погрешности.

Определим собственную частоту колебаний гармонического осциллятора для диска с кольцом и без кольца:

Рассчитываем значение функции = f().

==(1/с)

Вычисляем частные производные от функции

=

-0,548

Вычисляем полную погрешность функции

0,023 (1/с)

Запишем результат измерения и округлим его.

(1/с).

== (1/с)

Вычисляем частные производные от функции

=

-1,13

Вычисляем полную погрешность функции

0,0029 (1/с)

Запишем результат измерения и округлим его.

(1/с)

Определим собственные частоты  и 0к колебаний для диска без кольца и с кольцом:

Рассчитываем значение функции = f().

==(1/сек)

Вычисляем частные производные от функции

=

0,9998

= -0,000016

Вычисляем полную погрешность функции

0,152 (1/сек)

Запишем результат измерения и округлим его.

(1/сек).

==2,66 (1/сек)

Вычисляем частные производные от функции

=

0,9999

= - 6,7 ∙ 10-5

Вычисляем полную погрешность функции

(1/с)

Запишем результат измерения и округлим его.

(1/сек)

6. Определим коэффициент кручения и модуль сдвига материала подвеса. Найдём коэффициент кручения  и погрешность Δk.

= \*

Рассчитываем значение функции = f()

= =

Вычисляем частные производные от функции

=

= 7,08

Вычисляем полную погрешность функции

6,1\*10-4

Запишем результат измерения и округлим его.

.

Рассчитываем значение функции = f()

= =

Вычисляем частные производные от функции

=

0,144

= 3,4225

Вычисляем полную погрешность функции

0,022

Запишем результат измерения и округлим его.

.

Рассчитаем среднее значение модуля сдвига G по формуле:

,где l – длина подвеса, d – его диаметр, k – коэффициент кручения.

Рассчитаем модуль Юнга в соответствии с формулой E=2G(1+n)

n=0.3

E=2 (1+n)=19.24Па

E=2 (1+n)=9.36Па

7. Определим полную энергию, мощность потерь и добротность маятника. Пользуясь соответствующими соотношениями, определим средние значения указанных величин.

Определяем полную энергию

(Дж)

(Дж)

Определяем мощность потерь

(Дж/с)

(Дж/с)

Определяем добротность маятника

100

115

8. В соответствии с уравнением затухающих колебаний построим графики зависимости угла сдвига и амплитуды колебаний от времени для одного из наблюдений.

Построим графики для опыта с кольцом





**Вывод**

Выполнив данную лабораторную работу, мы провели исследование динамики колебательного движения крутильного маятника. Во время этого исследования экспериментальным путем был получен ряд данных, на основании которых мы рассчитали период колебаний маятника без кольца и с кольцом, время затухания маятника, собственную частоту его колебаний, коэффициент кручения, модуль сдвига материала подвеса, а также определили полную энергию, мощность потерь и добротность маятника. В процессе выполнения данной работы выяснилось, что колебательная система характеризуется достаточно малой потерей энергии и большой добротностью, что свидетельствует о хорошей способности системы сохранять энергию.

**Протокол наблюдений к лабораторной работе №3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I | d | Dex | Din | D0 | h0 | m | ρ |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | tд ,c | t0д ,c | tк ,c | t0к ,c |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |

**Протокол наблюдений к лабораторной работе №6**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| mст, г | M, г | mк, г | r, мм | R, мм | R0, мм | h0, см | h1, см | h2, см |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | h0i, см | t1, с | t2, с | t3, с | t4, с | t5, с |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |