**Лабораторная работа 1-3(2): Маятник Максвелла.**

# Упражнение 1. Определение углового ускорения маятника и его дисперсии

1. Установили при помощи подвижного кронштейна высоту падения маятника *h*, заданную преподавателем. При помощи воротка с фиксатором 7 отрегулировали длину нитей маятника Максвелла. Отследили то, чтобы ось маятника была расположена горизонтально.

2. На диск маятника наложили стальное кольцо и запишите его массу *mк*. Убедились, что край стального кольца находится примерно на 2 мм ниже оптической оси нижнего фотоэлектрического датчика. Замерили радиус оси маятника .

3. Включили кнопку «СЕТЬ».

4. Нажали кнопку «СБРОС» чтобы убедиться, что на табло установились нули.

5. Аккуратно вращая диск маятника, намотали на его ось нить и зафиксировали его в верхнем положении при помощи электромагнитов. При этом проследили за тем, чтобы нити наматывались на ось виток к витку.

6. Нажали кнопку «ПУСК» на передней панели миллисекундомера, удерживая её в течение одной секунды.

При этом маятник начал двигаться вниз, а таймер производить отсчет времени. В момент пересечения маятником оптической оси фотодатчика отсчет времени прекратился.

7. Прочитали измеренное значение времени падения маятника и занесли его в таблицу 1.

8. Нажали кнопку «СБРОС» и привели маятник в исходное положение (т.е. зафиксировали его в верхнем положении

при помощи электромагнита).

9. Аналогично провели ещё четыре замера времени падения маятника с заданной высоты. Результаты занесли в таблицу 1.

***h* =** 0,343 м ***mк* =** 0,204 кг **=** 0,0085 м **Таблица 1**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nопыта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |  |
| , *с* | 0,861 | 0,874 | 0,867 | 0,859 | 0,872 |  |
| , | 108,8677 | 105,6531 | 107,3661 | 109,3752 | 106,1383 | 537,4004 |
| , | 1,9254 | 3,3379 | 0,013 | 3,5914 | 1,8004 | 10,6681 |

10. Угловое ускорение маятника рассчитали по формуле:



11. Вычислите среднее значение углового ускорения, его дисперсию и среднеквадратичное отклонение по формулам: ; ; , где  - число опытов.

12. Окончательный ответ запишите в виде: , где = 2.8 для = 0,95 и = 4.

Упражнение 2. Проверка уравнения вращательного движения маятника и определение его момента

**Инерции**

Момент инерции маятника определим методом совместных измерений.

Для этого уравнение вращательного движения маятника  перепишем в виде:.

Для дальнейших вычислений введём следующие обозначения:

; ; ,

где  – полная масса маятника и .

1. Надели на ось маятника подвижные втулки и, изменяя с помощью них радиус оси, провели 5 замеров

времени падения маятника. Результаты занесли в таблицу 2.

## Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 0,007 | 1,094 | 0,343 | 0,5732 | 0,0235 | 81,8826 | 1,9213 | 0,0006 | 2,4319 |
| 2 | 0,0085 | 0,883 | 0,8798 | 0,0275 | 103,5104 | 2,8513 | 0,0008 | 30,8223 |
| 3 | 0,0105 | 0,760 | 1,1877 | 0,0329 | 113,1117 | 3,7163 | 0,0011 | 13,8727 |
| 4 | 0,0125 | 0,651 | 1,6187 | 0,0372 | 129,4947 | 4,8117 | 0,0014 | 6,9870 |
| 5 | 0,0085 | 0,890 | 0,8661 | 0,0276 | 101,8885 | 2,8110 | 0,0008 | 14,2787 |
| Σ |  |  |  |  | 0,1486 |  | 16,1117 | 0,0045 | 68,3926 |

*(так как без кольца во время опыта маятник отказывался опускаться и подниматься)*

2. Для проверки линейной зависимости  определите параметр  и дисперсию адекватности по формулам:

; , где  – число измерений.

3. Построили график зависимости  в координатах , и убедились, что экспериментальные точки лежат вблизи прямой.

4. Вычислили критерий Фишера по следующей формуле: , где дисперсию опыта взяли

из упражнения 1.

5. Проверьте равенство . Если это равенство выполняется, то с вероятностью 0,95 движение маятника можно считать равноускоренным.

6,4110 < 6,59. Движение – равноускоренное.

6. Сделайте вывод о равноускоренном движении маятника (см вывод в конце лаб. работы).

7. Вычислите момент инерции маятника и его дисперсию по формулам:

; , где ,  – число измерений.

8. Окончательный ответ запишите в виде: 

**Упражнение 3. Изучение зависимости момента инерции маятника от массы и определение**

**моментов инерции колец**  **и диска держателя **

Для определения искомых величин провели совместные измерения. Возможность определения моментов инерции

колец  и диска держателя  основана на свойстве аддитивности момента инерции механической системы

(т.е. момент инерции системы равен сумме моментов инерции его частей).

Для нашего случая можно записать: ,

или, введя обозначения  и  получили: ,

где - это масса *i* – го кольца, а параметры и  определяются, используя метод наименьших квадратов

для линейной зависимости  по формулам:

; . (4)

В этих формулах - это масса *i* – го кольца, а - это момент инерции всего маятника (т.е. кольца и диска держателя

с осью вместе), который вычисляется по формуле: , (5)

где  – полная масса маятника (диска держателя, оси маятника и *-* го кольца).

1. Сняли с оси маятника подвижные втулки и, одевая на диск держатель кольца разной массы, провели пять замеров времени падения маятника с одной и той же высоты . Результаты занесли в таблицу 3.

 = 0,343 **Таблица 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 0,204 | 1,69 | 0,00036147 | 7,37411∙10-5 | 0,041616 | -2,42488∙10-6 | 5,88005∙10-12 |
| 2 | 0,267 | 1,735 | 0,00044769 | 0,00011953 | 0,071289 | -9,75222∙10-6 | 9,51057∙10-11 |
| 3 | 0,387 | 1,838 | 0,00064566 | 0,00024987 | 0,149769 | 1,0027∙10-5 | 1,0054∙10-10 |
| 4 | 0,159 | 1,625 | 0,00029216 | 4,6454∙10-5 | 0,025281 | -4,91769∙10-6 | 2,41837∙10-11 |
| 5 | 0 | 1,126 | 6,80529 -5 | 0 | 0 | 7,06784∙10-6 | 4,99543∙10-11 |
| Σ | 1,017 |  | 0,001815051 | 0,000489601 | 0,287955 |  | 2,75663∙10-10 |

2. По формулам (4) и (5) рассчитали , а также параметры  и , и до конца заполнили таблицу 3.

mм = 0,1589 кг

g = 9,81

3. рассчитайте дисперсию адекватности по формуле:

, где  - число опытов.

4. дисперсию опыта рассчитайте по результатам первого упражнения по формуле:

,

где  и  ,  - число опытов.

*m –* масса маятника (кольца *mк ,* диска держателя и оси маятника) в упражнении 1.

4. Проверили справедливость предположения о линейной модели нашей зависимости 

по критерию Фишера: .

Если , то гипотеза о справедливости предположения, что  с вероятностью

0,95 не отвергается.

Гипотеза о справедливости предположения, что  с вероятностью 0,95 верна.

5. Постройте график зависимости  и, отложив на нем экспериментальные точки, убедитесь, что они лежат вблизи прямой.

6. Запишите моменты инерции каждого кольца и диска держателя

Вывод: в ходе лабораторной работы: 1) определили угловое ускорение маятника и его дисперсию

()

2) Далее мы обрабатывали результаты косвенных измерений, определяя зависимость момента инерции маятника от массы и определение моментов инерции колец и диска держателя. Записали результат измерения   
. Так как неравенство  (критерий Фишера) выполняется (6,4110 < 6,59),то делаем заключение, что с вероятностью 0,95 движение маятника можно считать равноускоренным.

3) Затем мы обрабатывали результаты совместных измерений: вычислили методом наименьших квадратов коэффициент А, B для нахождения его дисперсии и для построения прямой y = А · x + B, отражающей соответствие эксприментальным данным. Так как неравенство  (критерий Фишера) выполняется (5,0267 < 6.94), то мы заключили, что зависимость  с вероятностью 0,95 верна.

Получили моменты инерции для различных колец и уравнение зависимости момента инерции от массы кольца