Институт информационных технологий БГУИР

Лаборатория физики

Отчёт по лабораторной работе № 1.3

«Изучение крутильных колебаний»

Выполнил

студент гр.381064

Михалин А.С.

Проверил

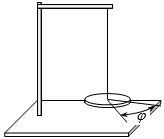
профессор Синяков Г.Н.

**Цель работы:**

* Ознакомиться с видами деформации твердого тела,
* Изучить динамику и кинематику крутильных колебаний,
* Определить модуль кручения проволоки и модуль сдвига материала проволоки,
* Определить момент инерции пластинки в трех взаимно перпендикулярных плоскостях.

**Приборы и оборудование:** крутильный маятник, секундомер, штангенциркуль, линейка.

**Зарисовка установки:**

****

**1 Краткие теоретические сведения**

Установка для выполнения лабораторной работы представлена на рисунке 6.1. Диск подвешен на проволоке, верхний конец которой закреплен на лабораторном штативе. При повороте диска на угол **, проволока закручивается, и в ней возникают твердых тел под действием внешних сил. Если после прекращения действия внешних сил, тело принимает первоначальные размеры и форму, то такая деформация называется упругой.

**Виды деформации твердых тел:**

**а) Деформация продольного растяжения (сжатия).**

Пусть под действием сил, приложенных к стержню, длина стержня l изменится на величину *∆l*. Относительное изменение длины обозначим . Опыт показывает, что для стержней из данного материала относительное удлинение при упругой деформации пропорционально силе, приходящейся на единицу площади поперечного сечения стержня:

Коэффициент пропорциональности α называют коэффициентом упругости. Он зависит от свойств материала. Величина, равная отношению силы к площади поверхности, на которую сила действует, называется напряжением. Если сила направлена по нормали к поверхности, напряжение называется нормальным. Если сила направлена по касательной к поверхности, напряжение называется тангенциальным.

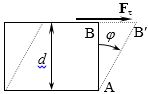
Нормальное напряжение принято обозначать буквой σ, а тангенциальное – буквой τ. Вводя в рассмотрение нормальное напряжение , уравнение выше можно переписать как:

Таким образом, коэффициент упругости α численно равен относительному удлинению при напряжении, равном единице. Наряду с коэффициентом упругости α используют обратную величину , которая называется модулем Юнга. Тогда закон Гука для упругой деформации может быть записан в виде:

где *k* – постоянный для данного стержня коэффициент.

**б) Деформация сдвига.**

Приложим к телу, имеющему форму прямоугольного параллелепипеда, силу *Fτ*, касательную к той поверхности, на которую она действует.

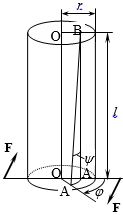


Под влиянием такой силы слои тела сдвигаются друг относительно друга, и каждая физическая прямая (т.е. линия, связанная с определенными частицами твердого тела) *ab*, перпендикулярная к поверхности, к которой приложена сила, поворачивается на угол *φ*. Точка B сдвинется и займет положение *B′*. Поэтому деформация такого вида получила название сдвига. Из рисунка видно, что

Величину называют *относительным сдвигом.* В силу малости угла можно положить . Опыт показывает, что относительный сдвиг пропорционален тангенциальному напряжению:

Коэффициент G зависит только от свойств материала и называется модулем сдвига. Он равен такому тангенциальному напряжению, при котором угол сдвига оказался бы равен 45° (), если бы при столь больших деформациях не был превзойден предел упругости. Для большинства однородных изотропных тел модуль сдвига по численному значению составляет 0,3–0,4 от численного значения модуля Юнга.

**в) Деформация кручения.**

Возьмем стержень в виде кругового цилиндра длиной *l* и радиуса *r*. Пусть верхнее сечение стержня неподвижно, а к нижнему сечению приложены силы, закручивающие стержень. Обозначим момент этих сил буквой М. Под влиянием закручивающего момента отрезок *ОА* повернется на угол *φ* и займет положение *ОА′*. Относительной деформацией будет величина *.* В пределах упругой деформации эта величина пропорциональна величине закручивающего момента

Для различных стержней *c* зависит от радиусов и свойств материала, из которых они сделаны.

Деформация кручения связана с деформацией сдвига. В самом деле, нижний конец стержня испытывает сдвиг относительно верхнего. Прямая *ВА* поворачивается, принимая положение *ВА′*. Угол *ψ* является углом сдвига.

Можно показать, проведя соответствующий расчет, что

Перепишем формулу в виде:

Теперь мы видим, что момент весьма сильно зависит от радиуса. Толстые короткие стержни трудно подвергнуть закручиванию; наоборот, длинные тонкие проволоки под влиянием даже очень малых моментов обнаруживают заметное закручивание. Этим обстоятельством пользуются для создания чувствительных подвесных систем в измерительных приборах.

Подчеркнем, что все виды деформаций (растяжение или сжатие, сдвиг, изгиб, кручение) могут быть сведены к одновременно происходящим деформациям растяжения (или сжатия) и сдвига.

# Собственные крутильные колебания

Пусть некое тело подвешено на тонкой проволоке. Момент инерции тела *I*. Запишем основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела:

где *ε* – угловое ускорение. Оно равно второй производной от угла поворота по времени

Момент сил, приложенный к телу, равен моменту, приложенному к проволоке, но имеет обратное направление, откуда:

Величина *N* называется модулем кручения данной проволоки. Подставляя полученные значения *ε* и *М* в формул, получим:

Решение такого дифференциального уравнения представляют колебания с периодом

Таким образом, период крутильных колебаний тела, подвешенного к тонкой проволоке, всецело определяется его моментом инерции и модулем кручения проволоки.

**Ход работы:**

1. Определение модуля кручения проволоки и модуля сдвига посредством крутильных колебаний диска. Отклонить диск на небольшой угол (5-6°) и с помощью секундомера измерить время *t*, за которое диск совершает n полных крутильных колебаний. Пренебрегая затуханием колебаний, рассчитать период колебаний по формуле:
2. Измерить с помощью штангенциркуля диаметр диска и определить его момент инерции по формуле:
3. Определить модуль кручения проволоки по формуле:
4. Измерить линейкой длину проволоки и определить ее диаметр *d* с помощью штангенциркуля. Рассчитать модуль сдвига проволоки по формуле:
5. Определение моментов инерции пластинки в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Зная момент инерции диска, посредством крутильных колебаний можно определить момент инерции пластинки. Для диска и пластинки мы имеем соотношения:

где  и  обозначают период колебаний пластинки и момент инерции пластинки относительно оси вращения, соответственно.

Откуда следует:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *t (c)* | *n (раз)* | *I (кг \* м2)* | *Ix (кг \* м2)* |
| *Ox* | 14.6 | 10 | 4.21 \* 10-4 | 7.15 \* 10-4 |
| *Oy* | 13.9 | 10 | 6.48 \* 10-4 |
| *Oz* | 13.3 | 20 | 1.48 \* 10-4 |

Вывод:

В результате проделанной лабораторной работы, я ознакомился с видами деформации твердого тела. Изучил динамику и кинематику крутильных колебаний. Определил модуль кручения проволоки, модуль сдвига материала проволоки, а также момент инерции пластинки в трех взаимно перпендикулярных плоскостях.