

Методические указания
к выполнению лабораторной работы 1.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ЮНГА*

* Аникин А.И. Механика: методические указания к выполнению лабораторных работ по физике. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2008. – 49 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ЮНГА

Теоретические положения

Твердые тела под действием внешних сил деформируются, то есть изменяют свои размеры и форму. Деформация, исчезающая при прекращении действия внешних сил, называется упругой.

К концам стержня, изображенного на рисунке 8.1, приложены направленные вдоль его оси в противоположные стороны силы $F_1 = F_2 = F$, действие которых равномерно распределено по всему сечению стержня. В результате упругой деформации длина стержня изменится на величину Δl . Относительное изменение длины стержня будет равно

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0},$$

где l_0 – длина недеформированного стержня.

Опытные данные показывают, что

$$\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{F}{SE} = \frac{\sigma}{E}, \quad (8.1)$$

где S – площадь поперечного сечения стержня; E – модуль Юнга; $\sigma = \frac{F}{S}$ – нормальное напряжение.

Модуль Юнга E является важной физической величиной, характеризующей упругие свойства материала, и не зависит от геометрических размеров и формы тела. В СИ модуль Юнга выражается в паскалях ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$).

Выражая из формулы (8.1) силу F , получаем:

$$F = \frac{SE}{l_0} \Delta l = k \Delta l,$$

где $k = \frac{SE}{l_0}$ – коэффициент упругости стержня.

Это выражение называют законом Гука для деформаций растяжения и сжатия стержней.

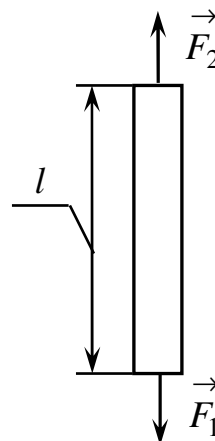


Рисунок 8.1 – Растяжение стержня

Балка, изображенная на рисунке 8.2, одним концом жестко закреплена в вертикальной опоре. К другому концу балки приложена направленная вертикально вниз сила F . В результате действия этой силы произойдет изгиб балки, при этом ее свободный конец, к которому приложена сила F , сместится вниз на расстояние ΔL .

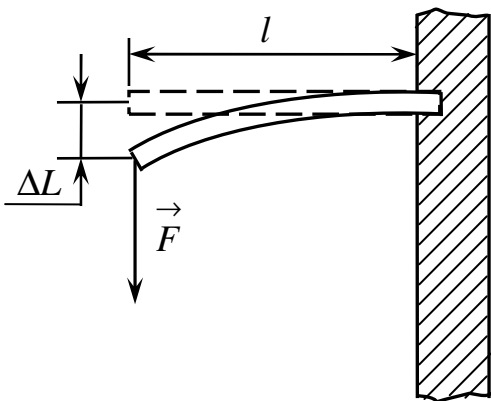


Рисунок 8.2 – Изгиб балки

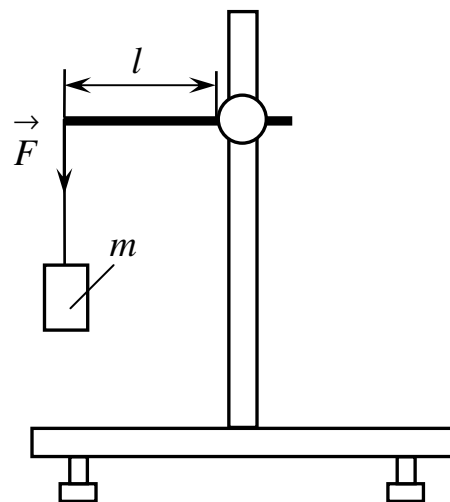


Рисунок 8.3 – Схема экспериментальной установки

Теоретический анализ [1] показывает, что значение ΔL для балки длиной l , имеющей круговое поперечное сечение диаметром d , можно найти по формуле

$$\Delta L = \frac{64Fl^3}{3E\pi d^4}.$$

Тогда для модуля Юнга получаем

$$E = \frac{64Fl^3}{3\pi d^4 \Delta L}. \quad (8.2)$$

Таким образом, можно экспериментально определить модуль Юнга материала, из которого выполнена балка, если измерить смещение ΔL конца балки под действием силы F .

Экспериментальная установка

В лабораторной работе экспериментально определяется модуль Юнга материала балок, имеющих круговое поперечное сечение. Схема экспериментальной установки изображена на рисунке 8.3.

С помощью зажима балка закрепляется в горизонтальном положении на стойке установки. К концу балки с помощью нити подвешивается груз массой m . На балку со стороны нити будет действовать сила

$$F = mg, \quad (8.3)$$

где g – ускорение свободного падения.

Действие силы F приведет к изгибу, в результате которого конец балки сместится на расстояние ΔL . Подставляя значение силы F из выражения (8.3) в зависимость (8.2), получаем расчетную формулу:

$$E = \frac{64mgl^3}{3\pi d^4 \Delta L}. \quad (8.4)$$

Порядок выполнения работы и обработки результатов измерений

1 Ознакомиться с устройством экспериментальной установки, записать перечень приборов и принадлежностей и их характеристики в отчет о лабораторной работе.

2 Выполнить опыты поочередно с двумя балками, выполненными из различных материалов. Для этого закрепить одну из балок в горизонтальном положении на стойке установки. С помощью линейки измерить длину l балки и расстояние L_0 от конца балки до основания стойки. На конце балки закрепить нить с подвесом массой m , после чего вновь измерить расстояние (L) от конца балки до основания стойки. Определить смещение конца балки

$$\Delta L = L_0 - L$$

и рассчитать модуль Юнга материала балки по формуле (8.4).

Повторить измерения не менее четырех раз, устанавливая на подвес дополнительные грузы. Полученные данные записать в таблицу 8.1, а затем выполнить аналогичные опыты со второй балкой.

Можно выполнять опыты, не меняя массу груза, подвешенного к концу балки, но изменяя ее длину l .

Таблица 8.1 – Результаты измерений

Материал балки	Номер опыта	l	m	L_0	L	ΔL	E

3 Рассчитать среднее арифметическое полученных значений модуля Юнга для каждой из балок.

4 Оценить случайную абсолютную и относительную погрешность измерения модуля Юнга одной из балок.

5 Сравнить полученные опытные данные со справочными данными, приведенными в таблице Б.1 приложений.

6 Проанализировать полученные результаты.

Контрольные вопросы

1. Какую физическую величину называют модулем Юнга?
2. Функцией каких величин является коэффициент упругости стержня при растяжении и сжатии?