

Лабораторный журнал к работе 1.3.1 по
курсу
"Общая физика"

**Определение модуля Юнга на основе
исследования деформаций
растяжения и изгиба**

Баринов Леонид

09.11.2018

Цель работы: Экспериментально получить зависимость между напряжением и деформацией (закон Гука) для двух простейших напряженных состояний упругих тел: одноосного растяжения и чистого изгиба; по результатам измерений вычислить модуль Юнга.

В работе используется: В первой части – прибор Лермантова, проволока из исследуемого материала, зрительная труба со шкалой, набор грузов, микрометр, рулетка, во второй части – стойка для изгибания балки, индикатор для измерения величины прогиба, набор исследуемых стержней, грузы, линейка, штангенциркуль.

В первой части работы производим растяжение проволоки, и это соответствует случаю одноосного напряженного состояния, описываемого формулой

$$\sigma = E\varepsilon$$

σ - напряжение

E - модуль Юнга

Во второй части работы измерения производят при изгибе балки, которую иногда будем называть бруском, а иногда – стержнем. Связь между прогибом балки и величиной силы, приложенной посередине между точками опор балки, может быть выражена через модуль Юнга. Это позволяет по измерениям приложенных сил и прогиба определить модуль Юнга.

1 Определение модуля Юнга по измерениям растяжения проволоки

Для определения модуля Юнга используется прибор Лермантова, схема которого изображена на Рис. 1. Верхний конец проволоки П, изготовленной из исследуемого материала, прикреплен к консоли К, а нижний – к цилиндру, которым оканчивается шарнирный кронштейн Ш. На этот же цилиндр опирается рычаг r , связанный с зеркальцем З. Таким образом, удлинение проволоки можно измерить по углу поворота зеркала.

Натяжение проволоки можно менять, перекладывая грузы с площадки М на площадку О и наоборот. Такая система позволяет исключить влияние деформации кронштейна К на точность измерений, так как нагрузка на нем все время остается постоянной.

При проведении эксперимента следует иметь в виду, что проволока П при отсутствии нагрузки всегда несколько изогнута, что не может не сказываться на результатах, особенно при небольших нагрузках. Проволока вначале не столько растягивается, сколько распрямляется.

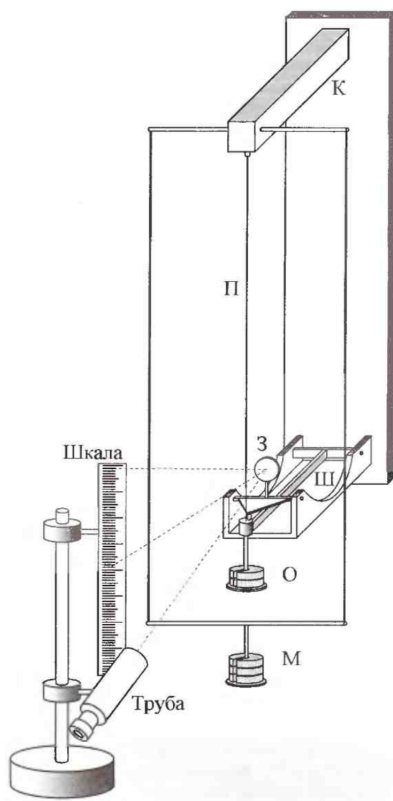


Рис. 1: Прибор Лермантова

Ход работы:

- Определим площадь поперечного сечения проволоки. Для этого измеряем ее диаметр микрометром не менее чем в десяти местах и во взаимно перпендикулярных направлениях в каждом месте. При измерении следим, чтобы микрометр не деформировал проволоку. В дальнейших расчетах надо пользоваться средним значением диаметра, вычисленным по всем измерениям.
- Измеряем длину проволоки
- Направляем зрительную трубу на зеркальце З. При этом трубу должно быть четко видно отражение шкалы в зеркальце. Выведем формулу, связывающую число делений по шкале n , расстояние h от шкалы до зеркальца, длину рычага r и удлинение проволоки Δl

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta l}{r}$$

φ - угол поворота зеркала

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{\Delta n}{n}$$

Δn - расстояние между делениями, соответствующие повороту зеркала на φ и начальной нагрузке В силу малости φ $\operatorname{tg} 2\varphi \approx 2 \operatorname{tg} \varphi$

$$2 \frac{\Delta l}{r} = \frac{\Delta n}{h}$$

$$\Delta l = \frac{\Delta n r}{2h}$$

Длина рычага указана на приборе, расстояние h измеряем.

- Позаботимся о том, чтобы в процессе эксперимента не выйти за пределы области, где удлинение проволоки пропорционально ее натяжению. Для этого оценим максимальную величину нагрузки, приняв, что разрушающее напряжение равно $900 \frac{H}{\text{мм}^2}$. Рабочее напряжение не должно превышать 30% от разрушающего. Проверим правильность сделанной оценки. Для этого нагрузим проволоку одним из имеющихся грузов, затем уберем его и посмотрим, вернулась ли длина проволоки к первоначальному значению. Повторим эксперимент с двумя, тремя и т.д. грузами, постепенно доходя до расчетной нагрузки. Если остаточные деформации станут заметными, дальнейшее увеличение нагрузки следует прекратить. При измерении нагрузки на проволоке каждый раз необходимо предварительно арретировать прибор
- Снимем зависимость удлинения проволоки, то есть числа делений n по шкалы, от массы грузов m при увеличении и уменьшении нагрузки. Повторим эксперимент 2-3 раза.

2 Определение модуля Юнга по измерениям изгиба балки

Экспериментальная установка состоит из прочной стойки с опорными призмами А и Б (Рис. 2). На ребра призм опирается исследуемый стержень (балка) В. В середине стержня на призме Д подвешена площадка П с грузами. Измерять стрелу прогиба можно с помощью индикатора И, укрепляемого на отдельной штанге. Полный оборот большой стрелки индикатора соответствует 1 мм и одному делению малого циферблата

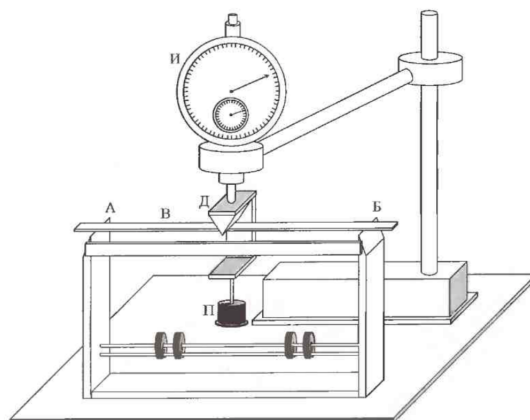


Рис. 2: Схема установки для измерения модуля Юнга

Модуль Юнга E материала стержня связан со стрелой прогиба y_{max} (то есть с перемещением середины стержня) соотношением

$$E = \frac{Pl^3}{4ab^3y_{max}} \quad (1)$$

Здесь P – нагрузка, вызывающая прогиб стержня, l – расстояние между призмами А и Б, a и b – ширина и высота сечения стержня.

Чтобы исключить ошибки, возникающие вследствие прогиба стола при изменении нагрузки на стержень, грузы перед началом эксперимента следует расположить на рейке над нижней полкой опорной стоки.

Формула (1) была выведена при условиях, что, во-первых, ребра опорных призм А и Б находятся на одной горизонтали (высоте) и, во-вторых, сила P приложена точно посередине балки.

Ход работы:

- Измеряем расстояние между ребрами призм А и Б.
- Определяем ширину и толщину балки (стержня). Для этого измеряем указанные параметры не менее чем в десяти различных местах. По ним вычисляем средние значения, которые будут использованы в дальнейших расчетах.
- Исследуемую балку положим на стойку. Установим индикатор в центре балки и снимим зависимость стрелы прогиба y_{max} от величины нагрузки P . Измерения сделаем при возрастании и убывании нагрузки. Проверим, возвращается ли балка в первоначальное положение после снятия нагрузки.

- Исследуем, насколько существенна зависимость результата от положения точки приложения изгибающей силы P . Для этого сместим призму Д на 2-3 мм от точки, принятой за середину балки, и вновь измерим стрелу прогиба. Эту величину сравним с результатом, полученным при положении призмы Д посередине балки.
- Перевернем балку таким образом, чтобы при нагружении она изгибалась в противоположную сторону, и повторим измерения. Сравним результаты с предыдущими.
- Аналогичные измерения проведем для 2-3 балок, изготовленных из дерева, и одной металлической.

3 Обработка данных