

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Курганский государственный университет»

Кафедра математики и физики

Определение модуля упругости резины

Методические указания по выполнению
лабораторных работ

Курган 2026

Кафедра: «Математики и физики»

Дисциплина: «Физика»

Составили: доцент Т. В. Дензанова,
старший преподаватель Л. Н. Никифорова,
старший преподаватель И. А. Пешкова.

Утверждены на заседании кафедры «31» августа 2026 г.

Печатается в соответствии с планом издания, утвержденным советом университета «17» декабря 2025 г.

Определение модуля упругости резины

Цель работы: научиться измерять модуль Юнга, используя закон Гука.

Оборудование: резиновый шнур, штатив с муфтой и лапкой, грузы по 50 граммов, измерительная линейка, микрометр.

Краткая теория

Сила упругости — это сила, которая возникает внутри тела при его упругой деформации (растяжении, сжатии, изгибе) и направлена так, чтобы вернуть тело в исходное состояние.

Закон Гука: при малых деформациях сила упругости прямо пропорциональна величине деформации.

$$F = -k x, \quad (1)$$

где

- F — сила упругости (Н);
- k — коэффициент жесткости (Н/м);
- x — величина деформации (м);
- знак «минус» показывает, что сила упругости направлена противоположно смещению частиц.

Важное условие: закон Гука справедлив только для малых деформаций. Когда деформация становится большой, зависимость перестает быть линейной.

Коэффициент жесткости k зависит не только от материала, но и от геометрии тела (длины, площади сечения).

Чтобы отделить свойства самого материала от геометрии, вводят **модуль Юнга** (его еще называют модулем упругости первого рода или модулем продольной упругости). Он обозначается буквой E и измеряется в паскалях (Па) или мегапаскалях (МПа).

Физический смысл: модуль Юнга показывает, какое напряжение (силу на единицу площади) нужно приложить к материалу, чтобы вызвать относительную деформацию, равную единице (то есть удлинить тело вдвое).

$$E = \sigma / \varepsilon, \quad (2)$$

где

- σ — напряжение (сила, деленная на площадь поперечного сечения, Па);
- ε — относительная деформация (изменение длины, деленное на начальную длину, безразмерная величина).

У резины очень низкий модуль Юнга по сравнению с металлами или стеклом. Значения для резины — порядка 0,001–0,1 ГПа (или 1–100 МПа).

Дело в природе материала. Резина — это эластомер, полимерный материал. Ее эластичность в значительной степени имеет **энтропийную**

природу. Когда вы растягиваете резиновую ленту, полимерные цепи распрямляются, и число возможных способов их расположения уменьшается — то есть энтропия падает. Система стремится вернуться в состояние с большей энтропией (когда цепи спутаны, как клубок), и именно это создает восстанавливающую силу.

Резина демонстрирует высоко эластичное состояние: она может сильно деформироваться и почти полностью возвращаться в исходную форму после снятия нагрузки.

- На упругие свойства сильно влияет состав: тип каучука, количество и тип наполнителей (например, технического углерода), вулканизирующий агент.
- Резина проявляет вязкоупругие свойства: помимо мгновенной упругой реакции, здесь заметны эффекты релаксации (напряжение постепенно уменьшается при постоянной деформации) и ползучести (деформация нарастает при постоянном напряжении).
- При повышении температуры коэффициент упругости резины растет.

Практический смысл

Знание модуля Юнга помогает инженерам подбирать материал под задачу: для гибких уплотнений нужна резина (низкий E), а для жестких конструкций — сталь (высокий E). А понимание энтропийной природы упругости важно для разработки новых эластомеров с заданными свойствами.

Если к однородному стержню, закрепленному на одном конце, приложить силу F вдоль оси стержня, то стержень подвергнется деформации растяжения. Деформацию растяжения характеризуют абсолютным удлинением $\Delta l = l - l_0$; относительным удлинением $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$. В деформированном теле возникает механическое напряжение σ , равное отношению модуля силы F к площади поперечного сечения тела S :

$$\sigma = \frac{F}{S}. \quad (3)$$

На упруго деформированные тела распространяется закон Гука: при малых деформациях механическое напряжение σ прямо пропорционально относительному удлинению $\sigma = E|\varepsilon|$. Коэффициент пропорциональности E , входящий в закон Гука, называется модулем упругости или модулем Юнга. Модуль Юнга показывает, какое механическое напряжение возникает в материале при относительной деформации равной единице, т. е. при увеличении длины образца вдвое. В данной работе надо определить модуль упругости E (модуль Юнга) резинового шнура. При выполнении работы надо учесть, что сила упругости в деформированном теле численно равна силе тяжести груза, подвешенного к резинового шнуру: $F = mg$. Резиновый шнур

имеет круглое сечение, поэтому $S = \frac{\pi D^2}{4}$, где D – диаметр сечения шнура. Окончательная формула для расчета модуля Юнга имеет вид:

$$E = \frac{mgl_0}{S\Delta l}. \quad (4)$$

Ход работы

1) измерить длину шнура без нагрузки: $l_0 = \dots \text{ см} = \dots \text{ м}$.

2) закрепить шнур в лапке штатива одним концом, а к другому концу подвесить груз массой $m_1 = \dots \text{ г} = \dots \text{ кг}$.

3) снова измерить длину шнура $l_1 = \dots \text{ см} = \dots \text{ м}$. Рассчитайте абсолютное удлинение шнура $\Delta l_1 = l_1 - l_0 = \dots \text{ см} = \dots \text{ м}$.

4) пользуясь формулой $E_1 = \frac{m_1 g l_0}{S_1 \Delta l_1}$, рассчитать модуль упругости резины.

5) повторить опыт с грузами другой массы и снова рассчитать модуль Юнга. $m_2 = \dots \text{ г} = \dots \text{ кг}$. $l_0 = \dots \text{ см} = \dots \text{ м}$. $l_2 = \dots \text{ см} = \dots \text{ м}$. $\Delta l_2 = l_2 - l_0 = \dots \text{ см} = \dots \text{ м}$.

$$E_2 = \frac{m_2 g l_0}{S_2 \Delta l_2}.$$

6) повторить опыт для других масс.

Все данные занести в таблицу 1.

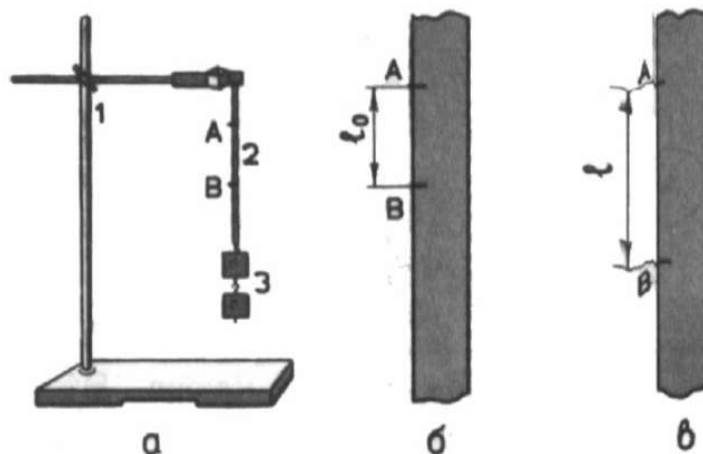


Таблица 1 – Экспериментальные данные

Измерено				Рассчитано				
$l_0, \text{ м}$	$l, \text{ м}$	$D, \text{ м}$	$m, \text{ кг}$	$F=mg, \text{ Н}$	$S, \text{ м}^2$	$\Delta l, \text{ м}$	$E, \text{ Па}$	$E_{\text{ср}}, \text{ Па}$

Построить диаграмму растяжения резинового шнура, т. е. зависимость $F(\Delta l)$.

Контрольные вопросы:

- 1 Какие виды деформации существуют?
- 2 От чего зависит коэффициент жесткости в законе Гука?
- 3 Что такое предел прочности?
- 4 Чем отличаются упругие материалы от пластичных?
- 5 Что такое хрупкость?

Дензанова Татьяна Викторовна
Никифорова Лидия Николаевна
Пешкова Ирина Александровна

Определение модуля упругости резины

Методические указания по выполнению
лабораторных работ

Редактор Н. М. Быкова

Подписано в печать 01.10.26	Формат 60x84 1/16	Бумага 80 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л. 0,5	Уч.-изд. л. 0,5
Заказ 48	Тираж 25	Не для продажи

БИЦ Курганского государственного университета.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.