

ПАМЯТЬЮ

Условие

Задача 9-1. Измерение деформаций.

Оборудование: резиновый с петлями, линейка, один груз массой $m = 100$ г, две канцелярских кнопки, воткнутых в торец стола (вынимать и переставлять кнопки не следует).

Перед каждым измерением несколько раз натяните и отпустите резинку. Она обладает «памятью» - несколько ее деформаций эту «память» отшибают!

Интересное наблюдение: Если к резинке приложить некоторую силу, то она растягивается! Удлинение резинового жгута $\Delta l = l - l_0$ (l - длина резинового жгута в растянутом состоянии, l_0 - длина в недеформированном состоянии) зависит не только от приложенной силы, но и от ее длины в недеформированном состоянии l_0 . Поэтому в качестве меры деформации часто используют относительное удлинение, определяемое по формуле

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}. \quad (1)$$

Задание 1.

1.1 Измерьте зависимость удлинения жгута Δl от его длины в недеформированном состоянии l_0 при постоянной массе подвешенного к резинке груза (а у вас и имеется только 1 груз).

1.2 Постройте график полученной зависимости.

1.3 На основании полученных данных укажите, можно ли считать, что относительная деформация зависит только от приложенной нагрузки.

1.4 Сила упругости F , возникающая при деформации, зависит от относительной деформации ε . Коэффициент пропорциональности между этими величинами $K = \frac{F}{\varepsilon}$ назовем коэффициентом упругости. Рассчитайте значение этого коэффициента для вашего резинового жгута. Оцените погрешность найденного значения.

Задание 2. «Творческое»

В этом задании вам необходимо исследовать зависимость силы упругости резинки F от ее относительной деформации ε .

2.1 Предложите методику измерения такой зависимости, используя только имеющееся оборудование. Кратко ее опишите: нарисуйте схему установки, укажите, какие величины вы будете измерять, приведите формулы для расчета силы упругости и относительной деформации.

2.2 Проведите необходимые измерения для исследования зависимости силы упругости от деформации. Приведите результаты прямых измерений и расчетов. Постройте график полученной зависимости.

2.3 Качественно объясните полученную зависимость (не более 5 предложений).

Решение

Задача 9-1. Измерение деформаций.

Задание 1.

Результаты измерений приведены в Таблице 1. График, построенный по этим данным, показан на рисунке.

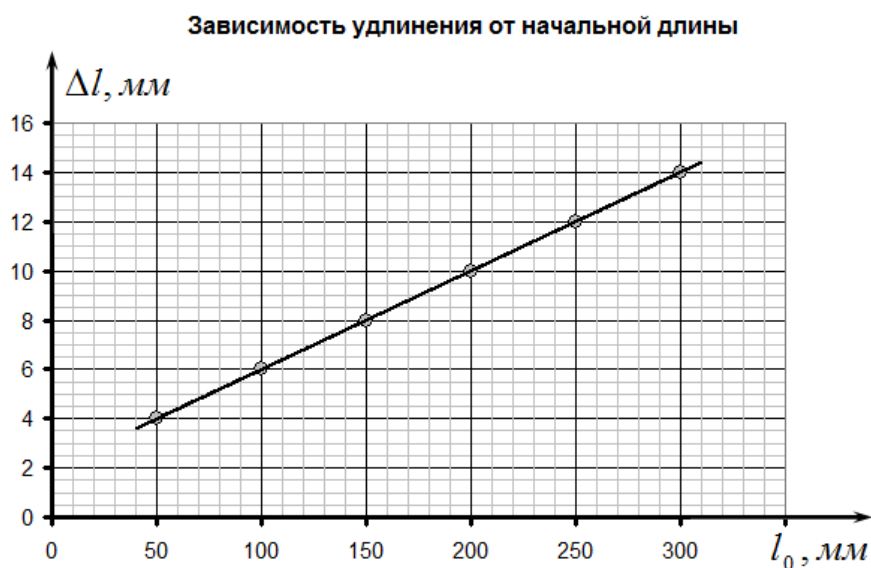


Таблица 1.

$l_0, \text{мм}$	$\Delta l, \text{мм}$	ε
300	14	0,047
250	12	0,048
200	10	0,050
150	8	0,053
100	6	0,060
50	4	0,080

Используя графический метод, не сложно записать уравнение полученной зависимости

$$\Delta l = 0,040l_0 + 2,0 \quad (1)$$

Наличие сдвига обусловлено систематической ошибкой измерения удлинения. Линейность полученной зависимости указывает, что относительное удлинение $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ можно считать

постоянным и равным коэффициенту наклона в уравнении (1). Таким образом, численное значение относительного удлинения равно

$$\varepsilon = 0,040.$$

Так как при измерениях груз находится в состоянии равновесия, сила упругости численно равна силе тяжести, поэтому значение коэффициента упругости равно

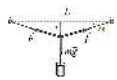
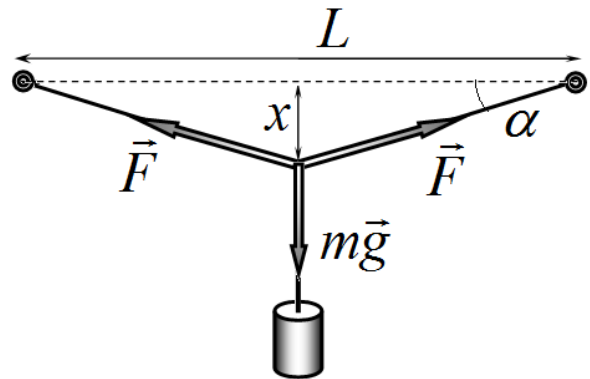
$$K = \frac{F}{\varepsilon} = \frac{1,0H}{0,040} = 25H \quad (2)$$

Основной вклад в погрешность вносит приборная погрешность измерения удлинения, которую можно считать равной половине цены деления линейки, $\delta(\Delta l) = 0,5\text{мм}$. Относительная погрешность измерения $\frac{\delta(\Delta l)}{\Delta l} \approx \frac{0,5}{10} = 5\%$. Такова же относительная погрешность измерения коэффициента упругости.

Задание 2. «Творческое»

Для исследования зависимости силы упругости от деформации можно использовать следующую методику: часть жгута длиной l_0 растянуть и закрепить на двух кнопках, к середине жгута подвесить груз и измерить прогиб жгута x . Из рисунка следует, что сила натяжения может быть рассчитана по формуле:

$$F = \frac{mg}{2 \sin \alpha} = \frac{mg}{2} \frac{\sqrt{x^2 + \frac{L^2}{4}}}{x}. \quad (3)$$



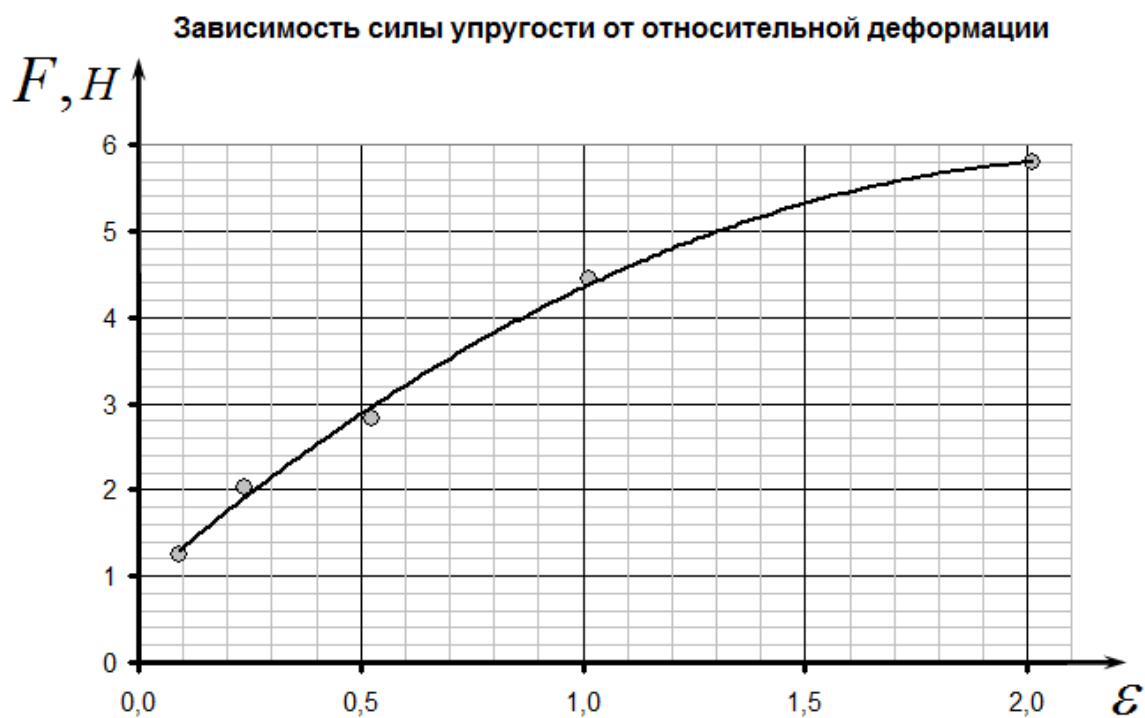
Относительное удлинение резины равно

$$\varepsilon = \frac{2\sqrt{x^2 + \frac{L^2}{4}} - l_0}{l_0}. \quad (4)$$

Результаты измерений и расчеты по формулам (3) и (4) приведены в таблице 2. График зависимости показан на рисунке.

Таблица 2.

l_0 , мм	x , мм	Δl , мм	ε	F , Н
300	65	27,0	0,09	1,26
250	38	59,5	0,24	2,04
200	27	104,8	0,52	2,82
150	17	151,9	1,01	4,44
100	13	201,1	2,01	5,79



Полученная зависимость монотонная, но нелинейная. Вывод: резина не подчиняется закону Гука, так как является полимером.