

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.17

ЗАКОН ГУКА

ЗАДАЧА

1. На примере двух пружин проверить справедливость закона Гука. Используя закон Гука, определить жёсткости двух пружин.

2. Используя закон Гука, определить жёсткость системы двух последовательно соединённых пружин. Сравнить экспериментальный результат с расчётным.

ВВЕДЕНИЕ

Под действием приложенных к нему сил всякое реальное тело деформируется, т.е. изменяет свои размеры и форму. Если после прекращения действия сил тело принимает первоначальные размеры и форму, деформация называется **упругой**.

Возьмём пружину, имеющую в недеформированном состоянии длину l_0 , и приложим к её концам равные по величине, противоположно направленные силы F_1 и F_2 (см. рис.1).

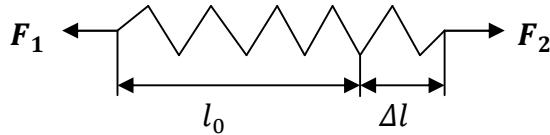


Рис.1

Под действием этих сил пружина растягивается на некоторую величину $Δl$, после чего наступит равновесие. В состоянии равновесия внешние силы F_1 и F_2 будут уравновешены упругими силами $F_{\text{упр}}$, возникшими в пружине в результате деформации, т.е.

$$F_1 = F_2 = F_{\text{внешн}} \quad \text{и} \quad F_{\text{внешн}} = F_{\text{упр}} \quad (1)$$

Опыт даёт, что при небольших деформациях удлинение пружины $Δl$ оказывается пропорциональным растягивающей силе:

$$\Delta l \sim F_{\text{внешн}}.$$

Следовательно, упругая сила может быть связана с удлинением пружины равенством

$$F_{\text{упр}} = k \cdot \Delta l \quad (2)$$

Коэффициент пропорциональности k называется **коэффициентом жёсткости** пружины. Утверждение о пропорциональности между упругой силой и деформацией носит название **закона Гука**.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

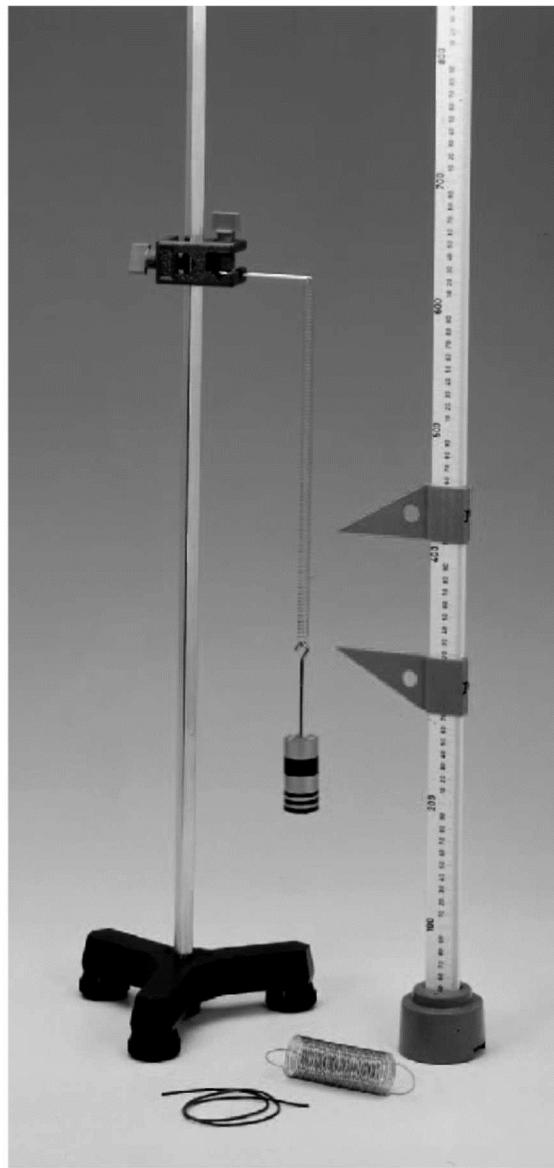


Рис.1. Экспериментальная установка для проверки закона Гука

4

Установка для проверки закона Гука и измерения коэффициентов жесткости пружин показана на Рис. 1. Она включает в себя штатив, на который подвешивается пружина. Растяжение пружины осуществляется с помощью разновесов, помещаемых на специальном держателе. Величина удлинения пружины измеряется линейкой, по которой может перемещаться пара указателей.

ИЗМЕРЕНИЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Проверка закона Гука на примере пружины1. Определение жёсткости пружины1.

Подвесьте на штативе пружину1 (меньшего размера). Установите указатель на линейке на уровне нижнего конца пружины. Запишите в таблицу 1.1 соответствующий этому положению указателя отсчёт l_0 по измерительной линейке. Подвесьте к пружине держатель разновесов, имеющий массу 10 г, и запишите в таблицу 1.1 новое равновесное положение l_1 конца пружины. Последовательно увеличивайте нагрузку на пружину, помещая на держатель грузики с шагом в 10 г, и отсчитывайте по линейке последующие

равновесные положения l_n конца пружины. Запишите результаты измерений в таблицу 1.1. Количество измерений $n = 8 \div 12$.

Таблица 1.1. Зависимость удлинения Δl пружины 1 от внешней силы $F_{\text{внешн.}}$.

$$l_0 = m$$

Номер измерения	$m, \text{ кг}$	$F_{\text{внешн}} = mg, H$	$l_n, \text{ м}$	$\Delta l = (l_n - l_0), \text{ м}$
1				
2				
n				

Учитывая, что согласно (1) $F_{\text{внешн}} = F_{\text{упр}}$, на основании полученных результатов построить на миллиметровке график зависимости $F_{\text{упр}} = f(\Delta l)$. Линейный характер этой зависимости является подтверждением справедливости закона Гука в этом опыте (отметить это в выводах).

Используя метод парных точек, вычислить угловой коэффициент γ зависимости $F_{\text{впр}} = f(\Delta l)$ и его погрешность (табл. 1.2 и 1.3).

Таблица 1.2 Определение углового коэффициента γ зависимости $F_{\text{упр}} = f(\Delta l)$ методом парных точек

Пары точек i - j	$\Delta l_i, m$	$\Delta l_j, m$	$F_{\text{упр}i}, H$	$F_{\text{упр}j}, H$	$\Delta l_{ij} = \Delta l_i - \Delta l_j$ m	$\Delta F_{\text{упр}i} = F_{\text{упр}i} - F_{\text{упр}j}, H$	$\gamma = \frac{\Delta F_{\text{упр}i}}{\Delta l_{ij}}$ H/m

Таблица 1.3 Вычисление среднего значения $\langle y \rangle$ и его погрешности Δy .

Таблица 1.3. Влияние отклонения от среднего значения γ_i на его повторяемость Ξ_i .			
№ п/п	γ_i	$\gamma_i - \langle \gamma \rangle$	$(\gamma_i - \langle \gamma \rangle)^2$
	$\langle \gamma \rangle =$		$\Sigma (\gamma_i - \langle \gamma \rangle)^2 =$

$\Delta\gamma = t_{\alpha N} \sigma_{<\gamma>} =$ ($t_{\alpha N}$ - коэффициент Стьюдента для $\alpha=0.68$, $\sigma_{<\gamma>}$ - среднеквадратичная погрешность).

Согласно соотношению (2), угловой коэффициент зависимости $F_{\text{упр}} = f(\Delta l)$ равен коэффициенту жёсткости пружины 1. Отсюда $k_1 = \langle \gamma \rangle$, а $\Delta k_1 = \Delta \gamma$. С учётом правил округления, это должно войти в окончательный результат.

2. Проверка закона Гука на примере пружины2. Определение жёсткости пружины2.

Выполнение этого пункта совершенно аналогично предыдущему (единственное меняются номера таблиц 2.1; 2.2; 2.3).

3. Определение жёсткости системы двух последовательно соединённых пружин на основе закона Гука.

Зацепив одну пружину за другую, получите систему двух последовательно соединённых пружин. Эту систему можно рассматривать как пружину3, жёсткость которой определите совершенно аналогично предыдущим пунктам (единственное меняются номера таблиц 3.1; 3.2; 3.3).

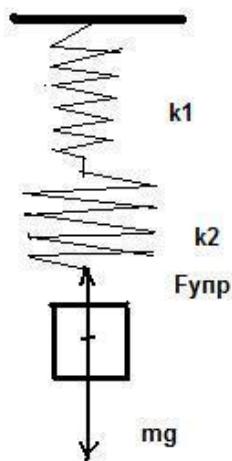
Определённое в этом пункте значение жёсткости системы k_3 сравните с расчётным $k_{3\text{расч}}$. Расчёт выполните по формуле (П1):

$$k_{3\text{расч}} = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

Результат сравнения необходимо отразить в выводах.

P.S. Полученные в работе три зависимости силы упругости от деформации следует изобразить на одном графике, обозначая экспериментальные точки каждой зависимости своим значком (кружочки, треугольники, крестики и т.д.).

ПРИЛОЖЕНИЕ



Согласно соотношению (1) $F_{\text{внеш}} = mg = F_{\text{упр}}$. Вследствие этого, растяжение первой пружины Δ_1 будет определяться из соотношения (см. (2)) $mg = k_1 \Delta_1$. Аналогично растяжение второй пружины Δ_2 - $mg = k_2 \Delta_2$. Растяжение всей системы из двух последовательно соединенных пружин, равное $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$, будет определяться соотношением $mg = k_{3\text{расч}} \Delta$. Из написанных соотношений легко получить

$$\frac{1}{k_{3\text{расч}}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \quad \text{или}$$

$$k_{3\text{расч}} = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} \quad (\text{П1})$$

Литература.

1. Савельев И.В., Курс общей физики, т.1.
2. Агапьев Б.Д., Белов В.Н., Кесаманлы Ф.П., Козловский В.В., Марков С.И. Обработка экспериментальных данных: Учебное пособие, СПб., 1999г.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Какие деформации называются упругими?
2. Сформулируйте закон Гука
3. Класс точности стрелочного вольтметра 1.5. Чему равна погрешность прибора на диапазоне (0 – 100)В?
4. Округлите предлагаемый результат (0.0378 ± 0.0043) .
5. Для чего служит метод парных точек?

Вавилова О.С., Романов В.Н.