

## Лабораторная работа Изучение деформации растяжения.

Цель:

Приборы и оборудование: прибор для изучения деформации растяжения;  
индикатор

часового типа 0-10 мм; микрометр; линейка измерительная; стальная и медная проволоки.

### КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

**Деформацией твердого тела** называют изменение его размеров и формы, обычно сопровождающееся и изменением объема тела. В некоторых случаях например при деформациях сдвига, изменение объема тела может и не наблюдаться.

Деформации тела вызываются изменением температуры или действием на него внешних сил. Физическая природа процессов деформации твердых тел пока еще не совсем ясна, и изучение их является задачей молекулярной и атомной физики. Отметим лишь в общих чертах, что при деформации происходят смещения частиц, находящихся в узлах кристаллических решеток твердых тел, из первоначальных положений равновесия в новые. Этому смещению препятствуют силы взаимодействия между частицами. В результате в деформированном теле возникают внутренние упругие силы.

Если после прекращения действия сил, вызвавших деформацию, она исчезает, то такую деформацию называют **упругой**.

Упругие деформации имеют место тогда, когда внешние силы, вызывающие деформацию, не превосходят некоторого определенного для каждого конкретного тела предела, называемого пределом упругости.

При установившейся упругой деформации результирующая внутренних упругих сил, возникающих в теле, в любом сечении тела уравнивает внешние силы, действующие на тело. Поэтому при упругой деформации величина внутренних упругих сил может быть определена по величине внешних сил, приложенных к телу.

Величину внутренних упругих сил характеризуют **напряжением  $\sigma$** , численно равным отношению результирующей упругих сил к единице площади сечения тела  $S$ :

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (1)$$

Когда сила  $F$  направлена по нормали к поверхности  $S$ , напряжение называют нормальным, если же сила направлена по касательной к этой поверхности, то напряжение называют тангенциальным.

Английский физик Р. Гук в 1675 г. опытным путем установил, что напряжения, возникающие в упруго деформированном теле, прямо

пропорциональны величине относительной деформации:  $\sigma = k\varepsilon$   
(2)

где  $k$  - коэффициент пропорциональности, называемый модулем упругости. Соотношение (2) выражает закон Гука для любого вида упругих деформаций.

Все возможные виды упругих деформаций твердого тела могут быть сведены к двум основным видам деформации: деформации растяжения (или сжатия) и деформации сдвига.

Упругая деформация продольного растяжения, например проволоки проявляется в изменении ее длины  $\Delta l$  при изменении действующего на нее напряжения  $\sigma$ . Для этого к проволоке должна быть приложена растягивающая сила  $F'$ , действие которой равномерно распределено по всему сечению, в результате действия которой возникает сила упругости  $F$ , равная и противоположно направленная растягивающей силе  $F'$  (рис.1).

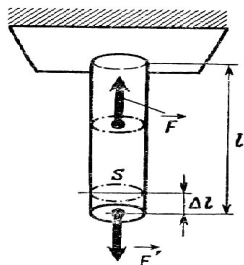


рис.1

Относительную деформацию  $\varepsilon$  в этом случае называют **относительным удлинением**:

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

При этом закон Гука примет вид:

$$\sigma = E \frac{\Delta l}{l}$$

(3)

где модуль упругости  $k=E$  получил название модуля Юнга.

Из формул (1) и (4) следует:

$$E = \frac{F}{S} \cdot \frac{l}{\Delta l}$$

(4)

Модуль Юнга является постоянной величиной для данного вещества, и поэтому его значение зависит только от материала, из которого изготовлено деформируемое тело (проволока).

Предельное напряжение, при котором еще соблюдается пропорциональность между напряжением и деформацией, получило название предела пропорциональности. При превышении его деформация еще носит упругий характер, но зависимость между  $\sigma$  и  $\varepsilon$  уже нелинейна.

Неупругие деформации твердого тела сопровождаются необратимой перестройкой его кристаллической решетки. В этом случае наблюдаются остаточные, или пластические, деформации тела.

Наибольшее напряжение, при котором еще не возникают остаточные деформации, называют пределом упругости. При напряжениях, превышающих предел упругости, возникают пластические деформации. При этом в деформированном теле после прекращения действия на него внешних сил сохраняются остаточные деформации.

Область пластических деформаций характеризуется пределом текучести и пределом прочности. При напряжениях, соответствующих пределу текучести, деформация продолжает увеличиваться без увеличения внешних сил, действующих на тело. Наибольшее напряжение, выдерживаемое телом перед разрушением, получило название предела прочности.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Определению модуля Юнга и выполняется на установке, схема которой показана на рисунке 2.

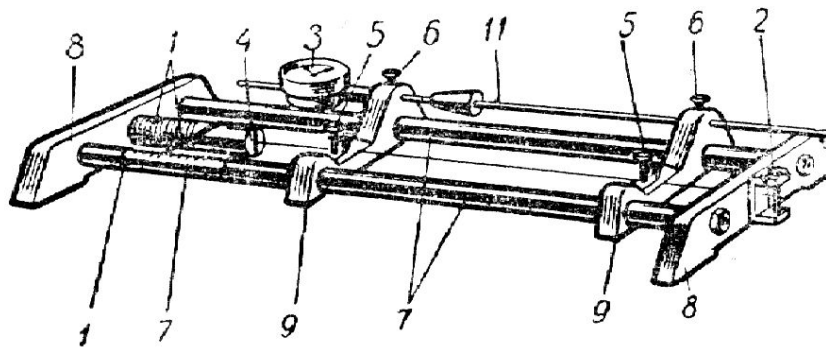


рис.2

В этом приборе испытываемая проволока одним концом прикреплена к пружинному динамометру 1. Другой конец ее прикреплен к червячному механизму с колком 2. При вращении колка проволока наматывается на ось механизма. Таким образом, прибор позволяет плавно изменять натяжение проволоки и определять при этом величину растягивающей силы, измеряя ее по шкале динамометра.

Для определения величины удлинения проволоки прибор снабжен специальным индикатором 3. Удлинение проволоки определяется с точностью до 0,01 мм по показаниям стрелок индикатора: большая указывает сотые доли миллиметра, а малая - целые миллиметры.

Испытываемый образец проволоки закрепляется в приборе следующим образом. Один конец проволоки вставляют в отверстие в оси червячного механизма и затем наматывают на эту ось, поворачивая для этого колком так, чтобы ось сделала 4 оборота. Другой конец проволоки продевают через отверстие съемного вкладыша 4 и наматывают на вкладыш. После этого вкладыш вставляют в гнездо втулки динамометра.

Перед началом опыта стрелки динамометра и индикатора должны быть установлены на нуль. Нужно подложить проволоку под винтовые зажимы 5 на ползунах и закрепить их. Ползуны должны быть раздвинуты друг от друга на

расстояние 150-160 мм. Расстояние между центрами винтовых зажимов на ползунах соответствует длине исследуемого участка проволоки и может быть измерено масштабной линейкой.

Для установки на ноль индикатора нужно ослабить винт 6, которым закрепляется направляющий стержень 7. Затем стержень перемещают до упора со штифтом индикатора так, чтобы он вошел в выемку в резиновой насадке и при этом малая стрелка индикатора, сделав полный оборот, установилась бы на ноль. Большая стрелка индикатора повернется в это время на 10 оборотов. В таком положении и закрепляют стержень винтом 6. После этого, осторожно вращая за ободок индикатора, следует подвести ноль шкалы до совпадения с концом большой стрелки. При правильной установке на ноль при растяжении проволоки движение стрелок динамометра и индикатора должно начаться одновременно.

Медь обладает малым пределом упругости  $p$ . Поэтому даже небольшие нагрузки приводят к появлению остаточной деформации. Проверить это можно следующим образом. Поворачивая колпак и следя за стрелкой динамометра, нужно создать нагрузку, например 0,5 кг. Отсчитав по индикатору удлинение, нужно снять нагрузку по шкале динамометра до нуля и в течение 1-2 мин. наблюдать, вернулась ли стрелка индикатора к нулевому делению. Повторяя такие наблюдения для нагрузки 1; 1,5; 2 кг и т.д., можно заметить, что с некоторого значения нагрузки стрелка индикатора уже будет возвращаться на ноль.

Это означает, что напряжение превысило предел упругости. После этого нужно снова стрелку индикатора установить на ноль и начать постепенно растягивать проволоку вплоть до ее разрыва. При этом довольно скоро указатель динамометра установится на некотором определенном делении и при дальнейшем вращении колпака почти не сдвинется с места, тогда как стрелка индикатора будет показывать увеличение растяжения.

Незадолго до разрыва проволоки, несмотря на вращение колпака, нагрузка начнет несколько уменьшаться (указатель динамометра сдвинется в сторону нуля). Это служит предупреждением скорого наступления разрыва проволоки.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Измерить микрометром диаметр медной и стальной проволок и вычислить их площадь поперечного сечения.
2. Закрепите концы проволоки в приборе. Затем натянув проволоку, положите ее под винтовые зажимы ползунков и закрепите их.
3. Соедините стержень со штифтом индикатора. Для этого ослабьте винт, которым зажимается стержень, и перемещайте его до упора со штифтом индикатора. После этого стержень снова закрепите винтом.
4. Установите указатель динамометра на ноль.
5. Поворачивая шкалу индикатора за ободок до совпадения стрелки с нулем, установите на ноль стрелку индикатора.

Примечание: Установка прибора на ноль будет правильной, если при растяжении проволоки начнут одновременно движение и

стрелка динамометра, и стрелка индикатора.

6. Измерьте начальную длину проволоки между центрами винтовых зажимов.
7. Поворачивая ручку червячного механизма, постепенно увеличивайте силу упругости и через каждые 5 Н фиксируйте по индикатору абсолютное удлинение проволоки ( $\Delta l = l - l_0$ ). Дойдя до 50 Н, вращайте ручку в обратную сторону, т.е. «снимайте» нагрузку, следя за тем, как укорачивается проволока. Полученные данные запишите в таблицу.

$l_0$ , м	d, м	S, м	F, Н	$\Delta l$ , м	E, Н/м <sup>2</sup>
-----------	------	------	------	----------------	---------------------

8. Повторите опыт с другой проволокой.
9. По данным полученным в опыте, постройте график зависимости силы упругости от растяжения проволоки и сделать вывод о зависимости силы упругости от абсолютного удлинения.

#### Контрольные вопросы

1. Сформулируйте закон Гука и укажите границы его применимости.
2. Какой физический смысл имеет модуль Юнга?
3. Почему в проделанных опытах измеряется удлинение не всей проволоки, а лишь ее части, ограниченной двумя ползунками?
4. Зависит ли модуль упругости от размеров испытуемого образца и силы упругости?
5. Дайте определение величин, характеризующих пластическую деформацию растяжения?

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кортнев А.В., Рублев Ю.В., Куценко А.Н. Практикум по физике.
2. Карякин Н.И., Быстров К.Н., Киреев П.С. Краткий справочник по физике.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.2
4. Савельев И.В. Общий курс физики. Т.1
5. Грабовский В.И. Курс общей физики
6. Шубин А.С. Курс общей физики
7. Иверонова В.И. Физический практикум.