

Государственное высшее учебное заведение  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ  
по лабораторной работе №10  
ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ РАСТЯЖЕНИЯ

Выполнил студент группы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Преподаватель кафедры физики

\_\_\_\_\_

Отметка о защите \_\_\_\_\_

## Лабораторная работа № 10

## ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ РАСТЯЖЕНИЯ

Цель работы – исследовать зависимость удлинения стальной проволоки от приложенной нагрузки, определить модуль продольной упругости.

Приборы и принадлежности: переключатель с укрепленной на ней проволокой, набор грузов, индикатор, микрометр.

## Общие положения

Под воздействием внешних сил твердые тела деформируются, т.е. изменяют свои размеры и форму. Если после прекращения действия внешних сил первоначальные форма и размеры тела восстанавливаются, то деформация называется упругой. Если первоначальные размеры и форма не восстанавливаются, то деформация называется пластической (неупругой).

Однородные стержни ведут себя при растяжении подобно пружине. Деформация приводит к возникновению в стержне упругих сил.

Если деформация однородная, то силы равномерно распределены по поверхности поперечного сечения  $S$ . Величина

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

определяет упругую силу, действующую на единицу площади поперечного сечения, перпендикулярного к направлению силы. Она называется нормальным механическим напряжением.

Мерой деформации при растяжении (сжатии) является относительное удлинение

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}, \quad (2)$$

где  $\Delta l = l - l_0$  – абсолютное удлинение;  $l_0$  – первоначальная длина.

По закону Гука в пределах упругой деформации нормальное напряжение прямо пропорционально относительному удлинению:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon, \quad (3)$$

где  $E$  – коэффициент пропорциональности, называемый модулем продольной упругости (модулем Юнга) материала образца. Он характеризует упругие свойства вещества, зависит от материала образца.

Модуль Юнга равен такому нормальному напряжению, при котором относительное удлинение было бы равно единице (т.е. абсолютное удлинение  $\Delta l$  равнялось бы первоначальной длине  $l_0$  стержня), если бы столь большие упругие деформации были возможны. В действительности, например, железные стержни разрушаются при  $\sigma$ , равных примерно  $0,002E$ .

Зависимость нормального напряжения  $\sigma$  от относительного удлинения  $\varepsilon$  изображена на рис. 1. При малых деформациях ( $\varepsilon$  изменяется от 0 до  $\varepsilon_{\text{пл}}$ ) на графике наблюдается линейный участок ОА.

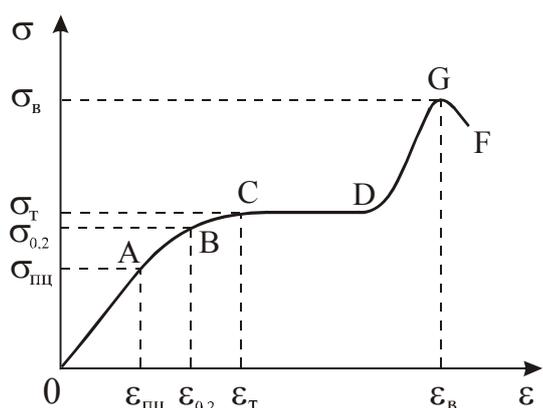


Рисунок 1

Максимальное напряжение  $\sigma_{\text{пл}}$ , соответствующее этому участку, называется пределом пропорциональности. Предел упругости  $\sigma_{0,2}$  — это максимальное напряжение, при котором ещё сохраняются упругие свойства тела.

На участке АВ деформация нелинейная, но ещё упругая. Обычно этот участок очень мал:  $\sigma_{0,2}$  больше  $\sigma_{\text{пл}}$  на доли процентов. При напряжениях, больших  $\sigma_{0,2}$ , деформация становится пластической: в теле после снятия нагрузки наблюдается остаточная деформация  $\varepsilon_{\text{Т}}$ .

При напряжениях  $\sigma_{\text{Т}}$  удлинение нарастает практически без увеличения нагрузки. Это область текучести материала (участок CD). На участке DG происходит некоторое упрочнение образца. После достижения максимального значения  $\sigma_{\text{В}}$  — предел прочности — напряжение резко уменьшается, и образец разрушается (точка F на графике).

### Описание установки

Установка для измерения модуля упругости проволоки представлена на рис. 2. Стальная проволока закреплена одним концом к верхней перекладине в точке А.

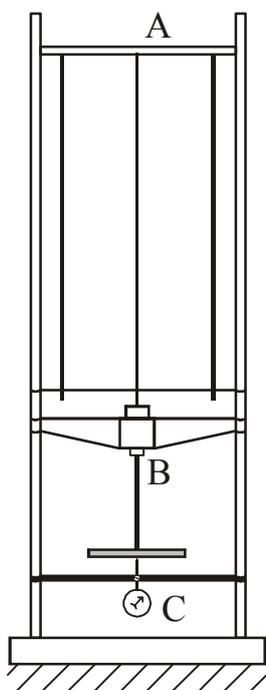


Рисунок 2

К концу проволоки (точка В) прикреплена платформа, на которую помещаются грузы, растягивающие проволоку. Остальные грузы размещаются на верхней платформе. Индикатор С, укрепленный на нижней перекладине опоры, фиксирует абсолютное удлинение  $\Delta l$  проволоки. Длина проволоки измеряется рулеткой, диаметр  $d$  — микрометром.

### Методика эксперимента

Проволока диаметром  $d$ , начальной длиной  $l_0$ , изготовленная из исследуемого материала, растягивается под действием груза  $P$  ( $P = mg$ ). Механическое напряжение, возникшее в проволоке  $\sigma = \frac{P}{S}$  Закон Гука (3) в этом случае запишется в виде:

$$\frac{P}{S} = E \cdot \frac{\Delta l}{l_0} \quad (4)$$

Из анализа формулы (4) следует, что абсолютное удлинение  $\Delta l$  должно быть пропорционально нагрузке  $P$ , что является подтверждением справедливости закона Гука.

Используя соотношение (4), получим формулу для расчёта модуля Юнга. Площадь поперечного сечения проволоки

$$S = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (5)$$

где  $d$  – диаметр проволоки.

Подставим (5) в (4), получим:

$$E = \frac{4l_0 P}{\pi d^2 \Delta l} \quad (6)$$

### Подготовка к работе

*(ответы представить в письменном виде)*

1. В чём состоит цель работы?
2. Какие физические величины измеряются непосредственно (прямые измерения)?
3. По какой формуле Вы будете рассчитывать модуль Юнга? Поясните смысл обозначений.
4. Какой график нужно построить по результатам работы? Схематически изобразите теоретический вид этого графика.

### Выполнение работы

1. Положить один груз на нижнюю платформу для выпрямления проволоки. До конца работы груз с платформы не снимать.
2. Чтобы верхняя переключательная всегда находилась под одинаковой нагрузкой, остальные грузы надо положить на верхнюю платформу.
3. Записать цену деления индикатора (указана на индикаторе). Укрепить индикатор на нижней переключательной опоре. При этом индикатор поднять так, чтобы стрелка на маленькой шкале показывала 4 – 5 делений (т.е. ножка индикатора углубилась на 4 – 5 мм).
4. Закрепив индикатор в кронштейне, вращением лимба на индикаторе установить нулевое деление шкалы против большой стрелки индикатора. Это первое значение  $N'_0 = 0$  заносим в таблицу.
5. Положить на нижнюю платформу груз  $P_1$ . Записать массу  $m$  груза.
6. Снять показание индикатора  $N$  по наружной (чёрной) шкале.
7. Переложить груз  $P_1$  на верхнюю платформу и снять показание  $N''_0$ . Если стрелка не дойдёт до нулевого деления, то показание  $N''_0$  снять по наружной (чёрной) шкале. Если стрелка отклонится за нулевое деление, то показание  $N''_0$  снять по внутренней (красной) шкале и занести в таблицу со знаком “–”.
8. Опыт с грузом  $P_1$  повторить три раза.

9. Увеличивая нагрузку  $P$  (добавляя грузы), повторить измерения по п.п. 5–8 для двух других значений  $P$ . Перед началом каждого опыта вращением лимба на индикаторе устанавливать нулевое деление шкалы против большой стрелки индикатора.
10. Измерить рулеткой длину  $l_0$  проволоки.
11. Измерить диаметр  $d$  проволоки микрометром.

## Оформление отчёта

### 1. Расчёты

1. По данным  $N'_0$  и  $N''_0$  из каждой строки найти  $N_0 = \frac{N'_0 + N''_0}{2}$ , учитывая знак величины  $N''_0$ .
2. Найти разность  $N - N_0$ .
3. Найти удлинение  $\Delta l$ , умножая значение разности  $N - N_0$  на цену деления индикатора.
4. Вычислить среднее значение  $\Delta l$  для каждой нагрузки.
5. Рассчитать величину нагрузки для каждого опыта  $P = mg$ .
6. Рассчитать модуль Юнга по формуле (6), используя среднее значение  $\Delta l$  для каждой нагрузки.
7. Рассчитать среднее значение  $E_{\text{ср}}$ . Абсолютную погрешность  $\Delta E$  рассчитать как для прямых измерений.
8. Найти относительную погрешность измерений.
9. Результат записать в виде:

$$E = E_{\text{ср}} \pm \Delta E.$$

10. Построить график зависимости абсолютного удлинения  $\Delta l$  от приложенной нагрузки  $P$ :  $\Delta l = f(P)$ .

### 2. Защита работы

*(ответы представить в письменном виде)*

1. Дайте определение упругой деформации.
2. Сформулируйте закон Гука. Укажите границы его применимости.
3. Какая физическая величина называется нормальным напряжением?
4. Какая физическая величина называется абсолютным удлинением?
5. Какая физическая величина называется относительным удлинением?
6. Что характеризует модуль Юнга?
7. Сравните полученное значение модуля Юнга с табличным значением для стали. Сравните полученный экспериментально график с теоретической зависимостью. Сделайте вывод по результатам работы.

## ПРОТОКОЛ

## измерений к лабораторной работе №10

Выполнил(а) \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Цена деления индикатора  $C =$  \_\_\_\_\_Длина проволоки  $l_0 =$  \_\_\_\_\_Диаметр проволоки  $d =$  \_\_\_\_\_

№ п/п	$m$ , кг	$P$ , Н	$N'_0$	$N$	$N''_0$	$N_0$	$N - N_0$	$\Delta l$ , мм	$E$ , Па
1									
2									
3									
среднее									
1									
2									
3									
среднее									
1									
2									
3									
среднее									

Дата \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_