

# Лабораторная работа 1.3.1. Определение модуля Юнга на основе исследования деформаций растяжения и изгиба

## 1 Аннотация

Цель работы:

В работе используются:

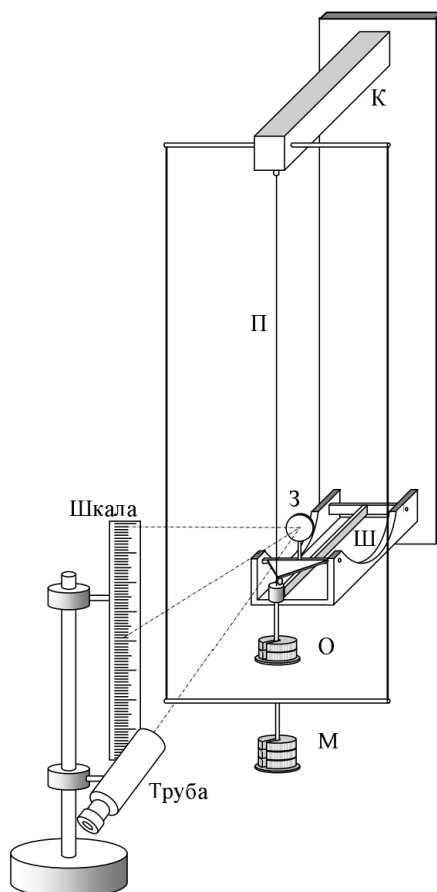
## 2 Теоретические сведения

### 2.1 Определение модуля Юнга по измерениям растяжения проволоки

Эта часть работы описывается формулой, так как производят растяжение проволоки, что соответствует случаю одноосного напряженного состояния:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon, \text{ где } \sigma = \frac{F}{S}$$

Для определения модуля Юнга используется прибор Лермантова:



Верхний конец проволоки **П**, изготовленной из исследуемого материала, прикреплен к консоли **К**, а нижний - к цилиндру, которым оканчивается шарнирный кронштейн **Ш**. На этот же цилиндр опирается рычаг **г**, связанный с зеркальцем **З**. Таким образом, удлинение проволоки можно измерить по углу поворота зеркальца.

Натяжение проволоки можно менять, перекадывая грузы с площадки **М** на площадку **О** и наоборот. Такая система позволяет исключить влияние деформации кронштейна **К** на точность измерений, так как нагрузка на нем все время остается постоянной. При проведении эксперимента следует иметь в виду, что проволока **П** при отсутствии нагрузки всегда несколько изогнута, что не может не сказаться на результатах, особенно при небольших нагрузках. Проволока вначале не столько растягивается, сколько распрямляется.

Формулу, связывающую число делений по шкале  $n$ , расстояние  $h$  от шкалы до зеркальца, длину рычага  $r$  и удлинение можно выразить из следующих соображений:

Если направить зрительную трубу на зеркальце так, чтобы мы четко видели шкалу, тогда свет от шкалы будет падать примерно перпендикулярно шкале на зеркало, поэтому

$$\Delta l = \frac{nr}{2h}$$

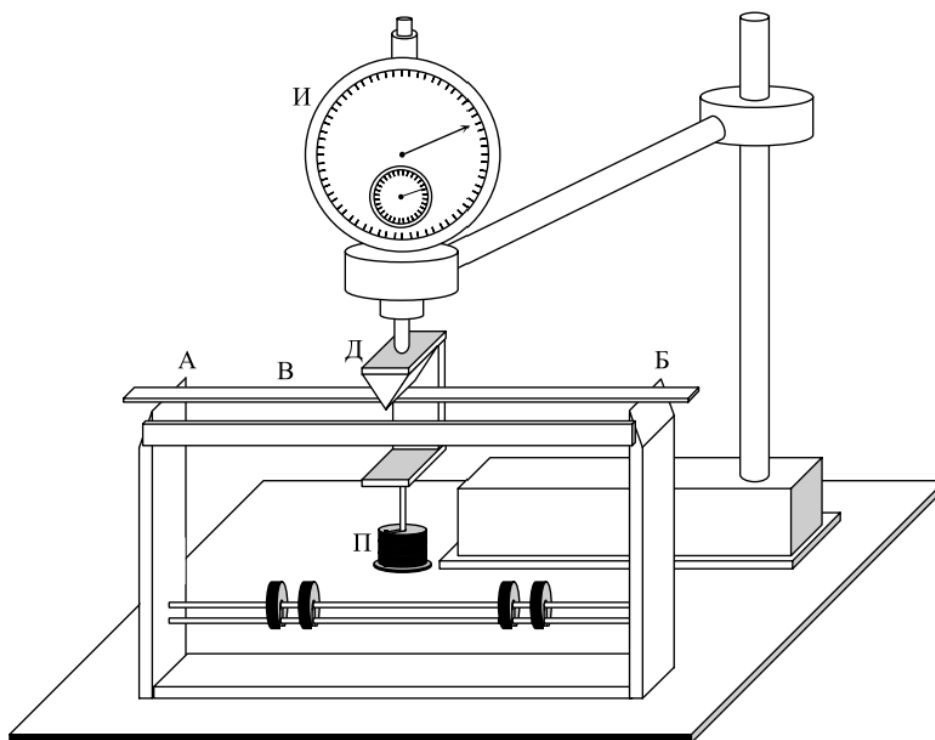
Модуль Юнга можем посчитать по формуле, где  $k$  угол наклона прямой зависимости удлинения от прикладываемой силы:

$$E = \frac{kl_0}{S} = 18,3 \cdot 10^{10} \pm 0,7 \cdot 10^{10} \text{ Па}$$

$$\sigma_E = \sqrt{\left(\frac{\sigma_k}{k}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_S}{S}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{l_0}}{l_0}\right)^2}$$

## 2.2 Определение модуля Юнга по измерениям изгиба балки

Экспериментальная установка состоит из стойки с опорными призмами **А** и **Б**:



На ребра призм опирается исследуемый стержень (балка) **В**. В середине стержня на призме **Д** подвешена площадка **П** с грузами.

Измерять стрелу прогиба можно с помощью индикатора И, укрепляемого на отдельной штанге. Полный оборот большой стрелки индикатора соответствует 1 мм и одному делению малого циферблата.

Модуль Юнга  $E$  материала стержня связан со стрелой прогиба  $Y_{max}$  (то есть с перемещением середины стержня) следующим соотношением:

$$E = \frac{Pl^3}{4ab^3y_{max}} \quad (1)$$

Здесь  $P$  - нагрузка, вызывающая прогиб стержня,  $l$  - расстояние между призмами А и Б, а  $a$  и  $b$  - ширина и высота сечения стержня.

Формула (1) была выведена при условиях, что, во-первых, ребра опорных призм А и Б находятся на одной горизонтали (высоте) и, во-вторых, сила  $P$  приложена точно посередине балки.

### 3 Методика измерений

1. (a) Измеряем площадь поперечного сечения проволоки с помощью микрометра  
(b) Измеряем длину проволоки  
(c) Измеряем расстояние от шкалы до зеркальца  
(d) Оцениваем максимальную величину нагрузки  
(e) Измеряем зависимость  $n(m)$  2 раза  
(f) Строим график  $\delta l(P)$   
(g) Из графика получаем модуль Юнга  
(h) Сравниваем с табличным
2. (a) Измеряем расстояние АВ  
(b) Снимаем зависимость  $y_{max}(P)$ , переворачиваем и снимаем снова. Повторяем это для стержней различных материалов  
(c) Для каждого стержня строим график и извлекаем модуль Юнга  
(d) Сравниваем с табличным

### 4 Используемое оборудование

**В работе используется следующее оборудование:** в первой части – прибор Лермантова, проволока из исследуемого материала, зрительная труба со шкалой, набор грузов, микрометр, рулетка; во второй части – стойка для изгибания балки, индикатор для измерения величины прогиба, набор исследуемых стержней, грузы, линейка, штангенциркуль.

**Погрешности измерений:**

1. штангенциркуль 0.05 мм
2. микрометр 0.01 мм
3. двухметровая линейка/рулетка 0.1 см
4. прибор Лермантова 2% (относительная погрешность)
5. установка для измерения прогиба балки 0.01 мм

### 5 Результаты измерений

$P$								
$y_{max}$								

Таблица 1: Стержень 1 центральное

$P$								
$y_{max}$								

Таблица 2: Стержень 1 сдвинутое

$P$								
$y_{max}$								

Таблица 3: Стержень 2 центральное

$P$								
$y_{max}$								

Таблица 4: Стержень 2 сдвинутое

$P$								
$y_{max}$								

Таблица 5: Стержень 3 центральное

$P$								
$y_{max}$								

Таблица 6: Стержень 3 сдвинутое

$m$								
$n$								

Таблица 7: Эксперимент 1

$m$								
$n$								

Таблица 8: Эксперимент 2