

Работа 1.3.1

Определение модуля Юнга по измерениям растяжения проволоки.

Работу выполнил Павлов Михаил Б01-109

1. Аннотация

В данной работе с помощью прибора Лермантова и проволоки экспериментально доказывается зависимость между напряжением и деформацией проволоки, а также рассчитывается модуль Юнга и сравнивается с табличным значением.

2. Теоретические сведения

Основное уравнение для описания одноосного напряженного состояния:

$$\varsigma = E\varepsilon \quad (1)$$

где ε — деформация в точке, E — модуль Юнга, а ς — напряжение.

3. Инструментальные погрешности

Рулетка: $\sigma_{rul} = \pm 0.5$ мм (половина цены деления)

Микрометр: $\sigma_{mic} = \pm 0.01$ мм (маркировка производителя)

Шкала: $\sigma_{sc} = \pm 0.1$ см (маркировка производителя)

4. Экспериментальная установка

Для определения модуля Юнга используется прибор Лермантова, изображенный на рис. 1.

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 r , связанный с зеркальцем З. Таким образом, удлинение проволоки можно измерить по углу поворота зеркала.

Натяжение проволоки можно менять, переключая 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.

Стоит отметить, что при отсутствии нагрузки проволока П всегда несколько изогнута, поэтому вначале она не столько растягивается, сколько распрямляется.

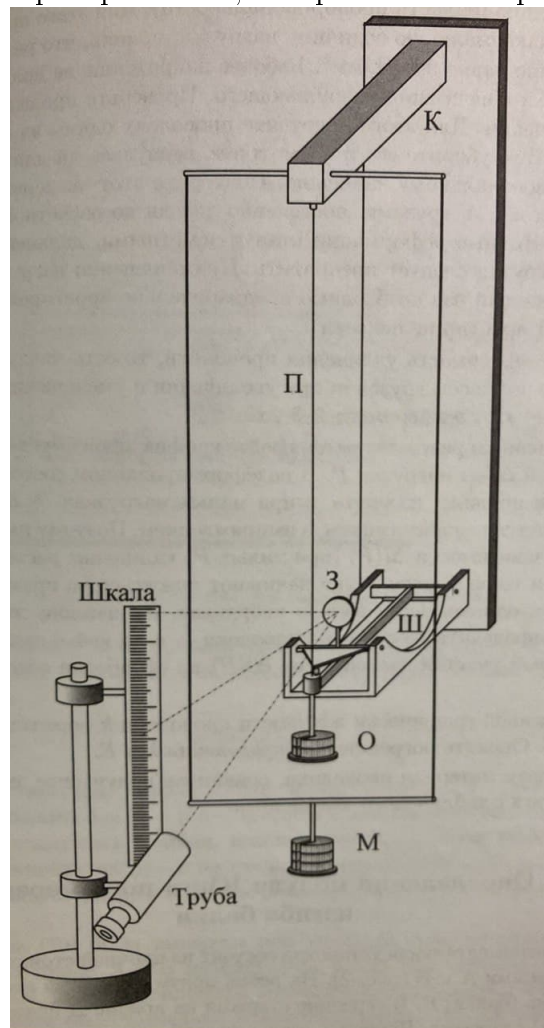


Рис. 1. Прибор Лермантова

5. Результаты измерений и обработка данных

1. $d = (0,46 \pm 0,01)\text{мм}$.

2. Измеряем площадь поперечного сечения проволоки

$$S = \frac{\pi(\bar{d})^2}{4} = 0,166 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_S = S \sqrt{2 \left(\frac{\sigma_d}{d} \right)^2} = 0,005 \text{ мм}^2$$

$$S = (0,166 \pm 0,005) \text{ мм}^2$$

3. Измеряем длину проволоки $l = 176,5 \text{ см}$

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

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

P, Н	9,48	14,41	18,87	23,60	28,53	28,53	23,60	18,87	14,41	9,48
Δl , см	0,326	0,641	0,897	1,168	1,440	1,440	1,163	0,902	0,641	0,342
$\sigma_{\Delta l}$	0,007	0,014	0,020	0,025	0,031	0,031	0,025	0,020	0,014	0,008
P, Н	9,48	14,41	18,87	23,60	28,53	28,53	23,60	18,87	14,41	9,48
Δl , см	0,331	0,630	0,886	1,152	1,429	1,429	1,152	0,886	0,630	0,326
$\sigma_{\Delta l}$	0,007	0,014	0,019	0,025	0,031	0,031	0,025	0,019	0,014	0,007
P, Н	9,48	14,41	18,87	23,60	28,53	28,53	23,60	18,87	14,41	9,48
Δl	0,315	0,630	0,880	1,158	1,429	1,424	1,152	0,870	0,614	0,337
$\sigma_{\Delta l}$	0,007	0,014	0,019	0,025	0,031	0,031	0,025	0,019	0,013	0,008

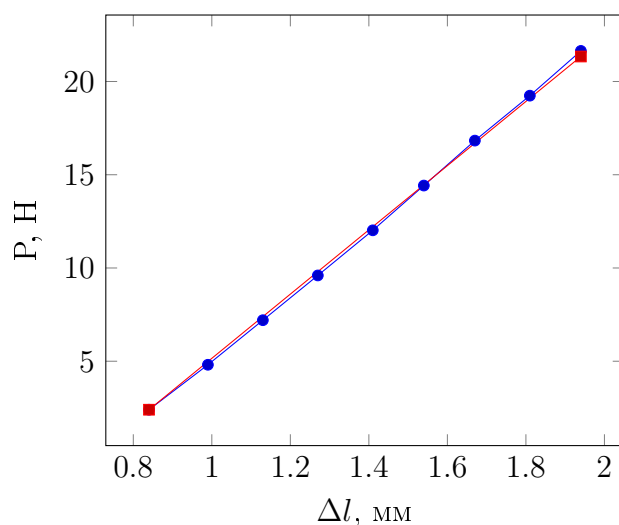
Таблица 1. Зависимость удлинения проволоки от нагрузки

$$\sigma_{\Delta l} = \Delta l \sqrt{\left(\frac{\sigma_n}{n}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_h}{h}\right)^2}$$

где $r = 15$ см - длина рычага, разность показаний шкалы - n , расстояние от шкалы до проволоки - $h = (134,5 \pm 0,1)$ см.

- Занесем полученные данные в таблицу
- Построим график зависимости удлинения проволоки от нагрузки. Найдем уравнение получившейся прямой по МНК. По наклону прямой определим жесткость проволоки, а по ней — модуль Юнга.

Рис. 2. Зависимость удлинения проволоки от нагрузки



Отсюда находим $k = 1,72 \cdot 10^3 \pm 0,027 \cdot 10^3$ Н/м.

- Наконец, по найденной графически жёсткости проволоки найдем модуль Юнга по формуле

$$E = \frac{k * l_0}{S}$$

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

Окончательный результат: $E = 18,4 \pm 0,7 \cdot 10^{10}$ Па