

Лабораторная работа 1.6

Определение модуля Юнга на основе исследования деформации растяжения

Зотов Алексей 496 гр.

24 мая 2016 г.

Цель работы: экспериментально получить зависимость между напряжением и деформацией (закон Гука) для одноосного растяжения. По результатам измерений вычислить модуль Юнга.

Закон Гука для малых упругих деформаций:

$$T = E \frac{\Delta l}{l_0} = E \varepsilon \quad (1)$$

где T - сила натяжения, Δl — приращение длины стержня, l_0 — длина недеформированного стержня. Если принять коэффициент упругости стержня: $k = E \frac{S}{l_0}$, то $T = k \Delta l$.

В работе используются: прибор Лермантова (рис.1), проволока из исследуемого материала, зрительная труба со шкалой, набор грузов, микрометр, рулетка или линейка.

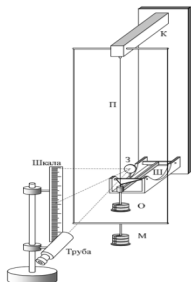


Рис. 1: Экспериментальная установка.

Ход работы:

- Диаметр проволоки $d = 0.46 \text{ mm}$
Площадь поперечного сечения $S = \frac{\pi d^2}{4} \approx 0.17 \text{ мм}^2$
- Измеренная длина проволоки $l_0 = 177.0 \pm 0.5 \text{ см}$
- Длина рычага $r = 13 \text{ мм}$
Расстояние от рычага до зеркала $h = 138.7 \pm 0.05 \text{ см}$
Удлинение проволоки :

$$\Delta l = \frac{2r \Delta n}{h} \quad (2)$$

Погрешность Δl рассчитывается по формуле:

$$\left(\frac{\sigma_{\Delta l}}{\Delta l} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_r}{r} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\Delta n}}{\Delta n} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_h}{h} \right)^2 \quad (3)$$

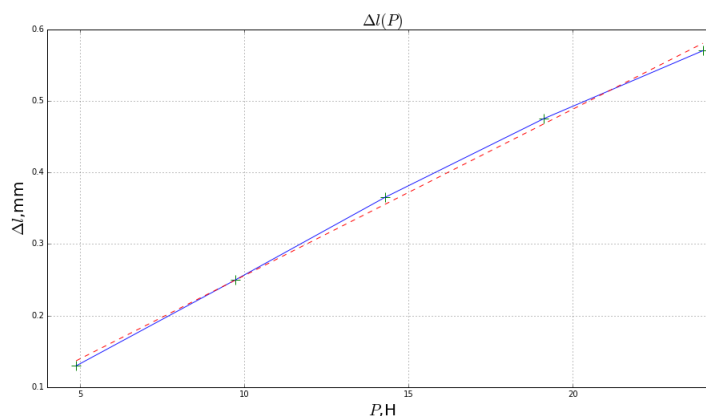
4. Чтобы не выйти за пределы области, где удлинение проволоки пропорционально ее натяжению, оценим максимальную величину нагрузки. Примем, что разрушающее напряжение равно $\sigma_{max} = 900 \text{ Н/мм}^2$, а допустимое напряжение не превышает 30% от разрушающего. Тогда получим ограничение на величину нагрузки $F = \sigma S \leq 0.3 * \sigma_{max} S \approx 44.9 \text{ Н}$. Допустимая масса груза $m_{max} \approx 4.6 \text{ кг}$.
5. Снимем зависимость удлинения проволоки Δl (по формуле (2)) от величины нагрузки :

$m, \text{г}$	0	498	992	1455	1948	2442	1948	1455	992	498	0
$n, \text{дел}$	53.3	47.4	41.9	36.2	31.1	26.4	31.1	35.8	41.6	47.2	53.2
$\Delta l, \text{мм}$	0	0.13	0.25	0.36	0.48	0.58	0.48	0.37	0.25	0.13	0.002

$m, \text{г}$	0	498	992	1455	1948	2442	1948	1455	992	498	0
$n, \text{дел}$	53.2	47.3	41.6	36.8	31.2	26.9	30.9	35.7	41.5	47.3	53.2
$\Delta l, \text{мм}$	0	0.13	0.25	0.35	0.47	0.57	0.48	0.38	0.25	0.13	0

$m, \text{г}$	498	992	1455	1948	2442
$\Delta l_{cp}, \text{мм}$	0.13	0.25	0.365	0.475	0.57

6. Построим график зависимости $\Delta l(P)$, где $P = mg$ - нагрузка



$$y = ax + b, a \approx 0.023, b = 0.0234, \sigma_a = 0.0005, \sigma_b = 0.003$$

Тогда жесткость проволоки $k = \frac{P}{\Delta l} \approx \frac{1}{a} \approx 43 \text{ Н/мм}$, $\sigma_k \approx \frac{1}{a^2} \sigma_a \approx 1 \text{ Н/мм}$

7. Найдем модуль Юнга:

$$E = \frac{k l_0}{S} = 448 \text{ ГПа} \quad (4)$$

Оценим погрешность модуля Юнга:

$$\left(\frac{\sigma_E}{E}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_k}{k}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{l_0}}{l_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_S}{S}\right)^2 \approx E \left(\frac{\sigma_k}{k}\right) \Rightarrow \sigma_E = 10 \text{ ГПа}$$

Наиболее близкое значение к модулю Юнга для вольфрама $E_w = 415 \text{ ГПа}$.