

Работа 1.3.1

Определение модуля Юнга на основе исследования деформаций
растяжения и изгиба

Трунов Владимир
Б01-103

12 декабря 2021 г.

Цель работы: экспериментально получить зависимость между напряжением и деформацией (закон Гука) для двух простейших напряженных состояний упругих тел: одноосного растяжения и чистого изгиба; по результатам измерений вычислить модуль Юнга.

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

Определение модуля Юнга по измерениям растяжения проволоки (рис.1)

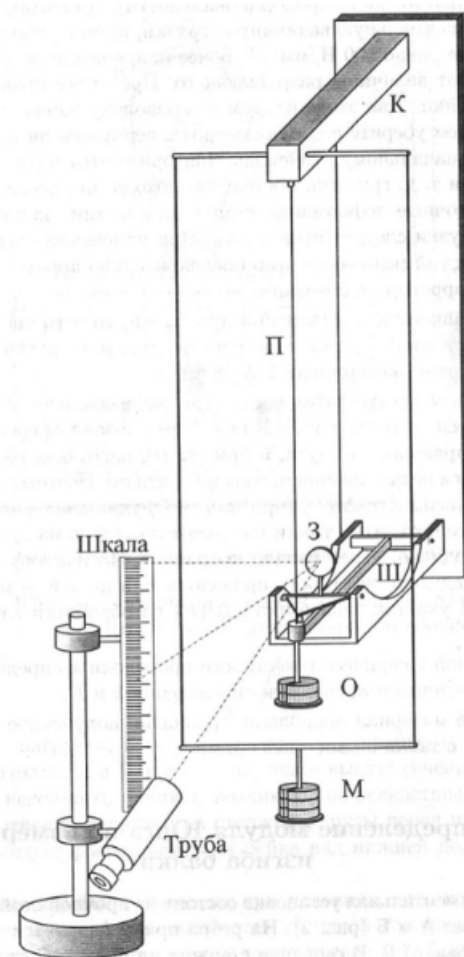


Рис. 1. Прибор Лермантова

1. $d = (0,73 \pm 0,01) \text{ мм}$.

Так как данные о диаметре проволоки были написаны на установке, будем считать их погрешность равной погрешности микрометра (т.е. $\sigma_d = 0,01 \text{ мм}$)

2. Измеряем площадь поперечного сечения проволоки

$$S = \frac{\pi(\bar{d})^2}{4} = 0,41 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_S = S \sqrt{2 \left(\frac{\sigma_d}{\bar{d}} \right)^2} = 0,008 \text{ мм}^2$$

$$S = (0,41 \pm 0,008) \text{ мм}^2$$

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

P, Н	7,92	10,38	12,84	15,29	17,75	20,21	22,66	25,17	27,568
Δl , см	1,3	1,3	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2
$\sigma_{\Delta l}$	0,028	0,028	0,024	0,026	0,024	0,026	0,026	0,024	0,026
P, Н	7,92	10,38	12,84	15,29	17,75	20,21	22,66	25,17	27,568
Δl , см	1,2	1,3	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0
$\sigma_{\Delta l}$	0,026	0,028	0,024	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0
P, Н	7,92	10,38	12,84	15,29	17,75	20,21	22,66	25,17	27,568
Δl	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
$\sigma_{\Delta l}$	0,03	0,028	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
P, Н	7,92	10,38	12,84	15,29	17,75	20,21	22,66	25,17	27,568
Δl , см	1,3	1,2	1,3	1,1	1,5	1,1	1	1,2	0
$\sigma_{\Delta l}$	0,028	0,026	0,028	0,024	0,03	0,026	0,026	0,026	0

Таблица 1: Зависимость удлинения проволоки от нагрузки

	Значение	σ	ε
k	$1,73 \cdot 10^3$ Н/м	$0,027 \cdot 10^3$ Н/м	0,016
E	$18,3 \cdot 10^{10}$ Па	$0,7 \cdot 10^{10}$ Па	0,04

Таблица 2: Значения k и E

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

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

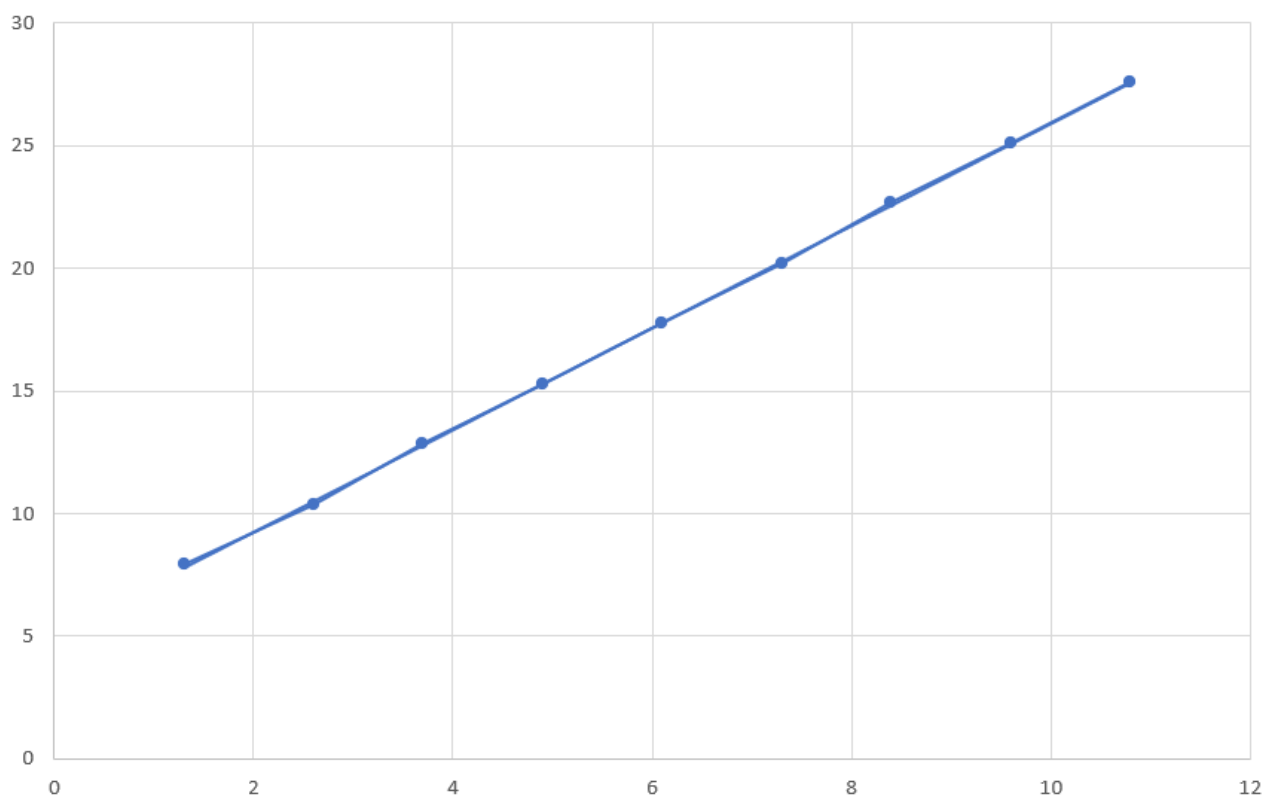
$$\sigma_{\Delta l} = \Delta l \sqrt{\left(\frac{\sigma_n}{n}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_h}{h}\right)^2}$$

где $r = 15$ см - длина рычага, разница показаний шкалы - n , расстояние от шкалы до проволоки - $h = (138 \pm 0,1)$ см.

5. Исходя из того, что $\sigma_{\text{предел}} = 900$ Н/мм² получаем, что предельный вес, который можно повесить, чтобы не выйти за пределы $P_{\text{предел}} = 0,3\sigma_{\text{предел}}S \approx 110,7$ Н.
6. Снимем зависимость удлинения проволоки от массы грузов при увеличении и уменьшении нагрузки 2-3 раза (табл.1).
7. Построим график зависимости удлинения проволоки от нагрузки. В недеформированном состоянии проволока, как правило, изогнута, и при малых нагрузках её "удлинение" определяется не растяжением, а выпрямлением. Найдем уравнение получившийся прямой по МНК. По наклону прямой определим жесткость проволоки, а по ней - модуль Юнга (табл.2). Начальный участок графика при обработке следует исключить.
8. По найденной графически жёсткости проволоки найдем модуль Юнга по формуле

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

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



Обсуждение результатов и выводы

В ходе работы мы определили модуль Юнга для проволоки:

- $E = (18,3 \cdot 10^{10} \pm 0,7 \cdot 10^{10}) \text{ Па}, (\varepsilon = 4\%)$

Полученный модуль Юнга в пределах погрешности совпадает с табличным значением модуля Юнга железа. Можно сделать вывод, что исследуемым материалом было железо. На точность результата достаточно сильно влияет погрешность измерений параметров установки (длина проволоки, ее диаметр и т.д.).