

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра общей и технической физики

ОТЧЕТ

По дисциплине _____ Физика _____
(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

Тема работы: _____ Определение модуля упругости (модуля Юнга) _____

Выполнил: студент гр. _____ НБШ-22 _____ Чугуй К.А.
(шифр группы) (подпись) (Ф.И.О.)

Оценка: _____

Проверил

руководитель работы: _____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Санкт-Петербург

2023

1. Цель работы: определить модуль Юнга материала путем измерения прогиба стержня при механической нагрузке.

2. Схема установки:

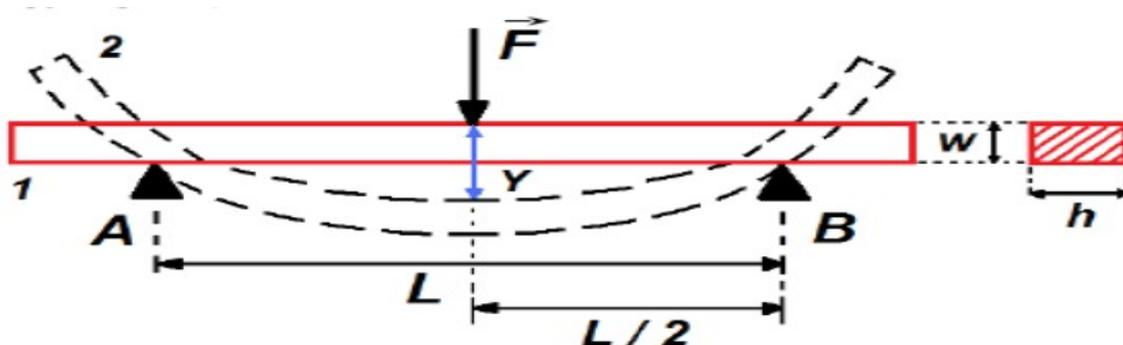


Рис. 1- Схематическое изображение деформации балки методом изгиба. 1 - недеформированная балка, 2 - деформированная балка, A и B - точки опоры, F – нагрузка

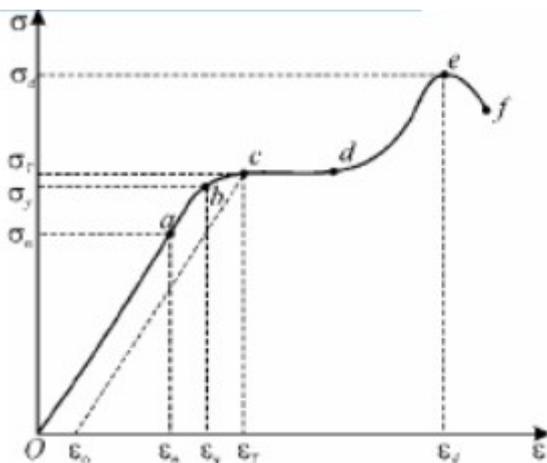


Рис. 2- Зависимость нормального напряжения от деформации

3. Краткие теоретические сведения:

1. Упругая деформация — деформация, исчезающая после прекращения действий на тело внешних сил.
2. Пластическая деформация — деформация, не исчезающая после прекращения действий на тело внешних сил.
3. Абсолютная деформация- величина, равная изменению размеров тела, вызванному внешним воздействием.
4. Относительная деформация — это величина, равная относительному изменению какого-либо линейного или углового размера, площади сечения или участка граничной поверхности элемента, выделенного в деформируемом теле, или всего тела.
5. Механическое напряжение — это физическая величина, которая выражает внутренние силы, которые соседние частицы в непрерывной среде оказывают друг на друга.
6. Закон Гука — утверждение, согласно которому, деформация, возникающая в упругом теле, пропорциональна приложенной к этому телу силе.

4. Основные расчетные формулы:

1. Теоретический расчет дает следующую формулу для определения модуля Юнга E:

$$E = \frac{F}{Y} \frac{1}{4w} \left(\frac{L}{h} \right)^3$$

, [E]=Па, [F]=Н, [w]=мм, [L]=мм, [h]=мм

2. Относительная погрешность косвенных измерений E

$$\frac{\sigma E}{E_{\text{ф}}} = \sqrt{\left(\frac{\sigma(F/Y)}{\langle F/Y \rangle} \right)^2 + \left(\frac{\sigma w}{w} \right)^2 + \left(3 \frac{\sigma L}{L} \right)^2 + \left(3 \frac{\sigma h}{h} \right)^2}$$

δi

, [Y]=мм, []=Па, [F]=Н,

[E]=Па, [w]=мм, [L]=мм, [h]=мм.

3. Нормальное механическое напряжение

$$\sigma = \frac{F}{S}, \quad \delta i$$

, []=Па, [F]=Н, [S]=м²

4. Сила тяжести

$$F = mg, \quad [F]=\text{Н}, [m]=\text{г}, [g]=\text{м/с}^2$$

5. Абсолютная деформация

$$\Delta l = l - l_0, \quad \text{мм}$$

6. Относительная деформация

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}, \quad [\varepsilon]=\text{Па}, [l]=\text{мм}.$$

7. Закон Гука для растяжения однородного стержня

$$\delta = E \varepsilon, \quad [\delta]=\text{Па}, [E]=\text{Па}, [\varepsilon]=\text{Па}.$$

5. Погрешности прямых измерений:

1. $\Delta l = 0,05 \text{ мм}$

2. $\Delta m = 0,5 \text{ гр}$

3. $\Delta w = \Delta h = 0,05 \text{ мм}$

4. $\Delta n = 0,5 \text{ гр}$

6. Исходные данные:

a – цена деления тензометра = 0,01

L- от А до В (точки опоры) = 39,5 см = 0,395 м

Таблица 1

№	h	h _{ср}	Δh	w	w _{ср}	Δw
Ном. изм\ Ед. изм.	мм	мм	мм	мм	мм	мм
1	10,15	10,198	0,048	3,05	3,056	0,056
2	10,15	10,198	0,047	3,05	3,056	0,056
3	10,20	10,198	0,043	3,10	3,056	0,047
4	10,25	10,198	0,04	3,10	3,056	0,047
5	10,25	10,198	0,04	3,10	3,056	0,046

Таблица 2

№	Масса груза	F	n	Y	F/Y	<F/Y>	E
Ном. изм\ Ед. изм.	кг	Н	делений	мм	Н/м	Н/м	Н/м ²
1	0,200	1,960	74	0,74	2648,64	3343,55	140,89*10 ⁹
2	0,400	3,920	114	1,14	3438,60	3343,55	182,92*10 ⁹
3	0,736	7,210	198	1,98	3678,70	3343,55	195,69*10 ⁹
4	1,250	12,250	330	3,30	3641,41	3343,55	193,71*10 ⁹
5	1,560	15,228	408	4,08	3732,35	3343,55	198,54*10 ⁹
6	1,130	11,074	315	3,15	3164,20	3343,55	168,32*10 ⁹
7	1,024	10,056	287	2,87	3503,83	3343,55	186,39*10 ⁹
8	0,51	4,998	156	1,56	3203,86	3343,55	170,43*10 ⁹

9	0,33	3,234	105	1,05	3080,40	3343,55	163,86*10 ⁹
---	------	-------	-----	------	---------	---------	------------------------

7. Пример вычисления для таблицы 1:

$$h_{cp} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k h_i = \frac{1}{5} (10,15 + 10,15 + 10,2 + 10,25 + 10,25) * 10^{-3} \text{ м} = 10,198 * 10^{-3} \text{ м}$$

$$w_{cp} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k w_i = \frac{1}{5} (3,05 + 3,05 + 3,10 + 3,10 + 3,10) * 10^{-3} \text{ м} = 3,056 * 10^{-3} \text{ м}$$

8. Пример вычисления для таблицы 2 опыта 1 (аналогично для всех):

$$F = mg = 0,2 * 9,8 = 1,96 \text{ Н}$$

$$Y = an = 74 * 0,01 * 10^{-3} \text{ м} = 7,4 * 10^{-4} \text{ м}$$

$$\frac{F}{Y} = \frac{1,96 \text{ Н}}{7,4 * 10^{-4} \text{ м}} = 2648,64 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$E_{теор} = \frac{F}{4h} * 1 * \left(\frac{L}{w}\right)^3 = 2648,64 * \frac{64 * 1}{4 * 10,19 * 10^{-3}} * \left(\frac{39,5 * 10^{-2}}{3,056 * 10^{-3}}\right) = 140,89 * 10^9 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

$$\frac{F}{Y_{cp}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{F}{Y} = \frac{1}{9} (2648,64 + 3438,60 + 3678,70 + 3641,41 + 3732,35 + 3164,20 + 3503,83 + 3203,86 + 3000,00)$$

E_{cp}

$$\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k E_i = \frac{1}{9} (140,89 + 182,92 + 195,69 + 193,71 + 198,54 + 168,32 + 186,39 + 170,43 + 163,86) * 10^9 = 170,89 * 10^9 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

9. Погрешность

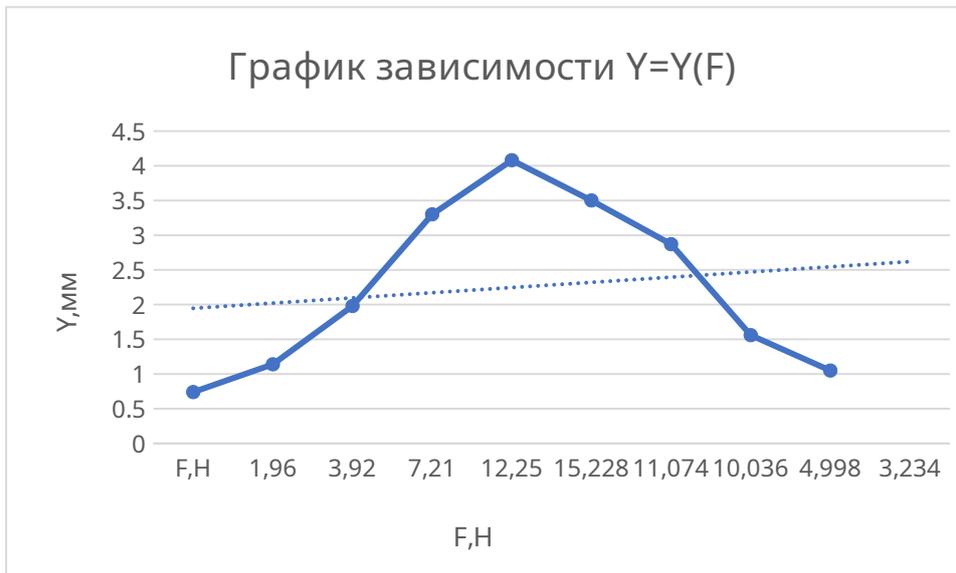
$$m_{cp} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k m_i = \frac{1}{9} (0,2 + 0,4 + 0,736 + 1,25 + 1,56 + 1,13 + 1,024 + 0,51 + 0,33) \text{ кг} = 0,771 \text{ кг}$$

$$n_{cp} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k n_i = \frac{1}{9} (74 + 114 + 198 + 330 + 408 + 315 + 287 + 156 + 105) \text{ дел} = 220 \text{ дел}$$

$$\delta_{\frac{F}{Y}} = \frac{F}{Y_{cp}} * \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m_{cp}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta n}{n_{cp}}\right)^2} = 23,9 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$\Delta E = E_{cp} * \sqrt{\left(\frac{\delta \frac{F}{Y}}{\frac{F}{Y_{cp}}}\right)^2 + \left(\frac{3 * \Delta w}{w_{cp}}\right)^2 + \left(\frac{3 * \Delta l}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{h_{cp}}\right)^2} = 3,02 * 10^9 \frac{H}{m^2}$$

11. График зависимости прогиба балки от силы тяжести



11. Результат

$$E = (177,86 \mp 3,02 \cdot 10^9)$$

Теоретическое значение модуля Юнга стали:

$$E_{теор} = 210 * 10^9$$

$$\% = \frac{E_{cp} - E_{теор}}{E_{теор}} * 100\% = 14,2\%$$

12. Вывод

В ходе работы было найдено приблизительное значение модуля Юнга стержня. Расхождение с теоретическим значением составило 14,2%