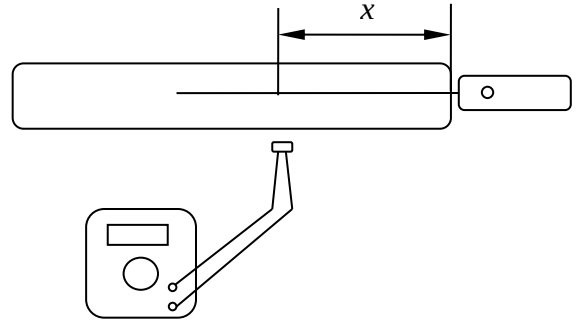


Задача 10.1. Рассеяние света

Исследуйте экспериментально зависимость интенсивности рассеянного света в выданных вам стержнях разных диаметров от расстояния от источника света для лазерного излучения и для излучения светодиодного фонарика. Определите коэффициент затухания света в законе Ламберта–Бугера–Бэра $I = I_0 e^{-\alpha x}$.



Включайте источник света только кратковременно для измерений, во избежание преждевременной разрядки батарей и изменения яркости источника.

Оборудование: прозрачный стержень термокля, лазерная указка, линейка, фоторезистор, мультиметр, черная изолента, миллиметровая бумага, ножницы по требованию.

Решение

Будем считать, что проводимость фоторезистора пропорциональна интенсивности рассеянного света. Интенсивность рассеянного света пропорциональна интенсивности света при заданном x .

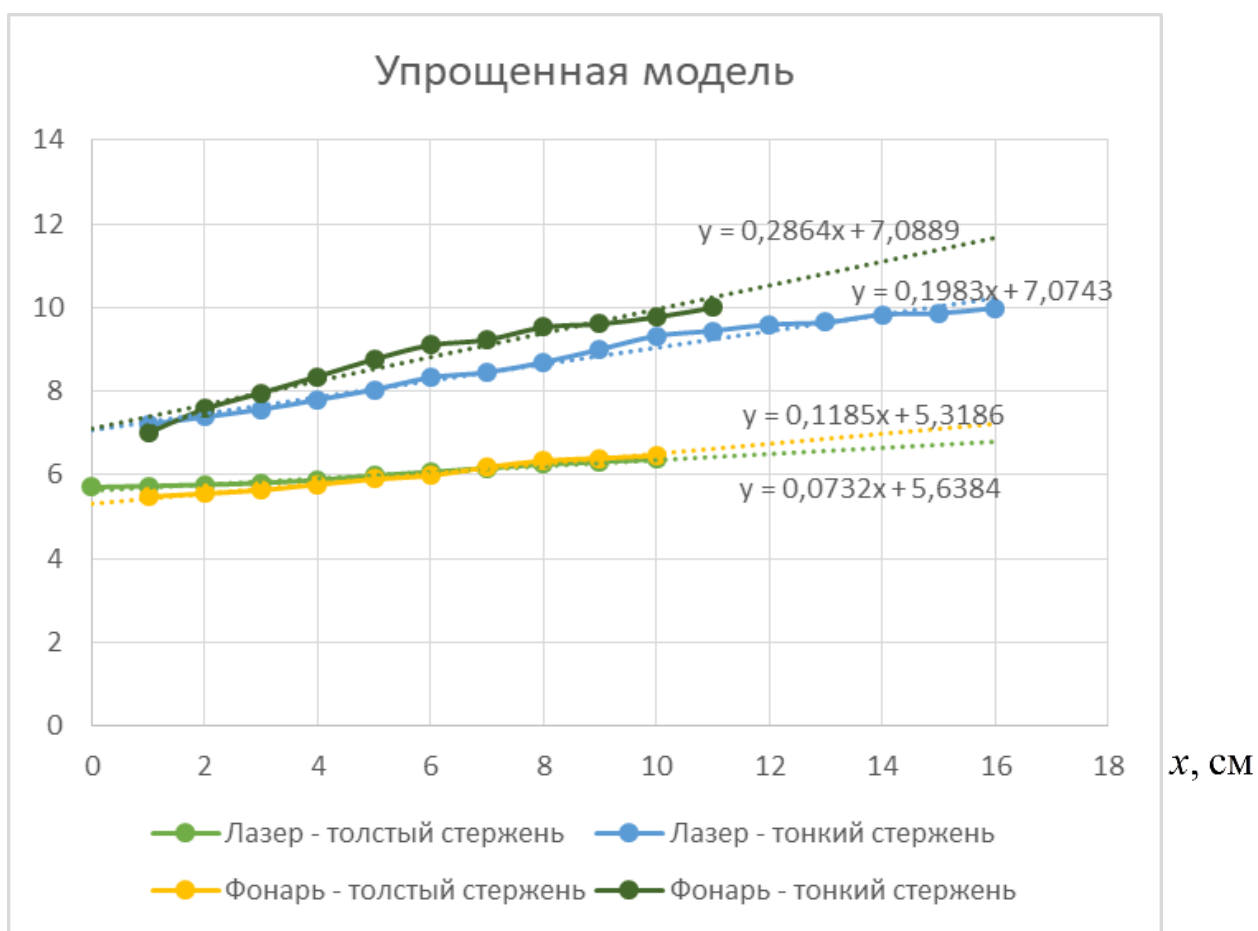
$$G = \frac{1}{R} = kI = kI_0 e^{-\alpha x}$$

$$R = \frac{1}{kI_0} e^{\alpha x}$$

$$\ln R = -\ln kI_0 + \alpha x = \alpha x - A$$

x , см	R_1 (лаз-тол), Ом	R_2 (лаз-тон), Ом	R_3 (фон-тол), Ом	R_4 (фон-тон) , Ом
0	300			
1	309	1350	240	1100
2	319	1613	258	1950
3	332	1933	280	2860
4	357	2430	321	4230
5	398	3100	364	6400

6	433	4140	398	8960
7	475	4690	485	10180
8	520	5960	567	13750
9	553	8100	600	14880
10	586	11200	637	17520
11		12640		21900
12		14660		
13		15430		
14		18620		
15		19200		
16		21800		

$$\ln \frac{R}{O_M}$$


Угловые коэффициенты зависимостей – искомые коэффициенты затухания света

В толстом стержне для лазера $\alpha_{\text{л}} = 0.073 \text{ см}^{-1}$, $\alpha_{\text{ф}} = 0.12 \text{ см}^{-1}$.

В тонком стержне для лазера $\alpha_{\text{л}} = 0.20 \text{ см}^{-1}$, $\alpha_{\text{ф}} = 0.29 \text{ см}^{-1}$.

Различие связано с тем, что различаются материалы стержней и длины волн излучения.

Критерии оценивания 10.1

1. Сняты зависимости сопротивления фоторезистора R от x (таблица):	1.5
1) лазер толстый стержень, 2) лазер тонкий стержень,	1.5
3) фонарик толстый стержень, 4) фонарик тонкий стержень	1.5
3-6 точек – 0.5 балла, 6-9 точек – 1 балл, 10 и более точек – 1.5 балла	
2. Построены графики линеаризованных зависимостей (шкалы, единицы измерения, масштаб, точки, прямые)	2
3. Определены коэффициенты α для каждого из случаев (по 1 б.)	4
4. Проанализированы полученные значения, сделан содержательный вывод	3

Задача 10.2. Прогиб мембраны

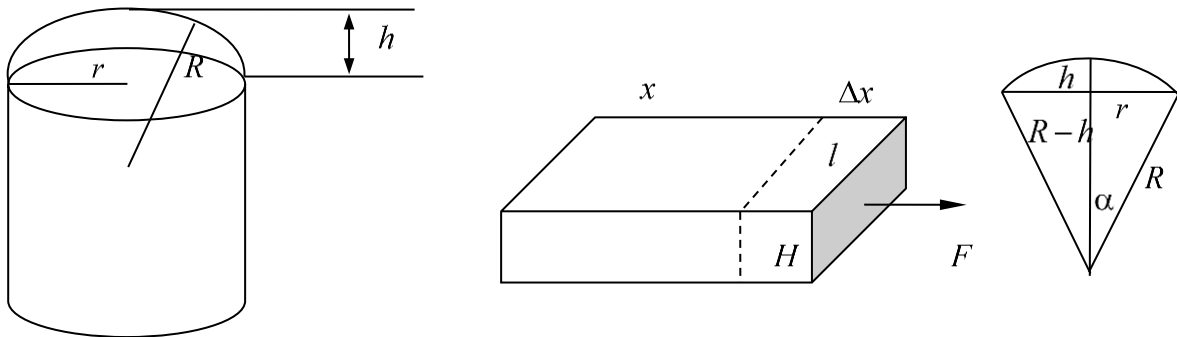
Охладите колбу в холодной воде. Вытащите колбу и сразу наденьте вырезанную из воздушного шарика круглую плоскую мембрану на отверстие колбы. Закрепите мембрану проволокой герметично.

1. После установления комнатной температуры на основе выпуклости мембраны определите коэффициент поверхностного натяжения W/S резиновой мембраны.
2. Определите модуль Юнга резины.

Оборудование: сосуд, резиновая или латексная пленка, проволока или резинка для фиксации пленки на горлышке сосуда, холодная вода в ведре по требованию, линейка, груз 100 г, термометр, миллиметровка.

Решение

1.



$$P_0 V_0 = \nu R_0 T_0$$

Обозначим σ коэффициент поверхностного натяжения.

$$\left(P_0 + \frac{2\sigma}{R} \right) (V_0 + \Delta V) = \nu R_0 (T_0 + \Delta T)$$

$$\frac{2\sigma}{R} (V_0 + \Delta V) + P_0 \Delta V = \nu R_0 \Delta T$$

$$\frac{2\sigma}{R P_0} \left(1 + \frac{\Delta V}{V_0} \right) + \frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta T}{T_0}$$

$$\sigma = \frac{RP_0}{2} \frac{\frac{\Delta T}{T_0} - \frac{\Delta V}{V_0}}{1 + \frac{\Delta V}{V_0}} \quad (1)$$

$$\Delta V = \pi h^2 \left(R - \frac{h}{3} \right), \quad S = 2\pi R h$$

$$R^2 = (R - h)^2 + r^2 = R^2 - 2Rh + h^2 + r^2 \Rightarrow R = \frac{h^2 + r^2}{2h}$$

$$\Delta V = \pi h^2 \left(\frac{h^2 + r^2}{2h} - \frac{h}{3} \right) = \frac{\pi h}{6} (h^2 + 3r^2)$$

$$\sigma = \frac{RP_0}{2} \frac{\frac{\Delta T}{T_0} - \frac{\pi h (h^2 + 3r^2)}{6V_0}}{1 + \frac{\pi h (h^2 + 3r^2)}{6V_0}}. \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{W}{S} = \frac{F}{l}$$

С другой стороны, из обобщенного закона Гука следует

$$\frac{F}{lH} = E \frac{\Delta x}{x}$$

$$\sigma = EH \frac{\Delta x}{x} \Rightarrow E = \frac{\sigma x}{H \Delta x} \quad (3)$$

$$x = r, \quad \Delta x = R\alpha - r = R \arctg \frac{r}{R - h} - r$$

$$E = \frac{\sigma r}{H \left(R \arctg \frac{r}{R - h} - r \right)} =$$

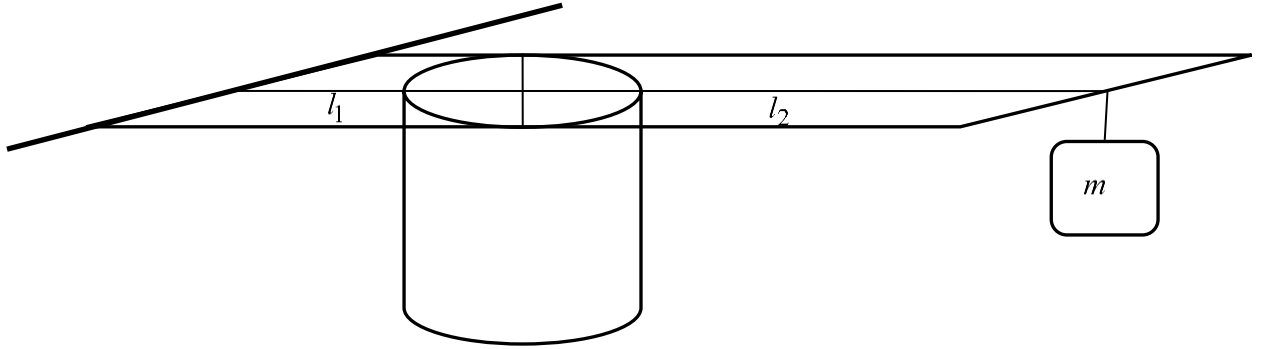
$$E = \frac{1}{H \left(\frac{h^2 + r^2}{2hr} \arctg \frac{r}{\frac{h^2 + r^2}{2h} - h} - 1 \right)} \frac{RP_0}{2} \frac{\frac{\Delta T}{T_0} - \frac{\pi h (h^2 + 3r^2)}{6V_0}}{1 + \frac{\pi h (h^2 + 3r^2)}{6V_0}}$$

$$E = \frac{RP_0 \left(\frac{\Delta T}{T_0} - \frac{\pi h(h^2 + 3r^2)}{6V_0} \right)}{2H \left(\frac{h^2 + r^2}{2hr} \operatorname{arctg} \left(\frac{2hr}{r^2 - h^2} \right) - 1 \right) \left(1 + \frac{\pi h(h^2 + 3r^2)}{6V_0} \right)} \quad (4)$$

Альтернативное решение

Положим линейку с подвешенным к ней грузом на выпуклость мембраны так, чтобы с помощью рычага вдавить газ из выпуклости в сосуд.

$$\Delta P = \frac{mg}{\pi r^2} \frac{l_1}{l_1 + l_2}$$



$$(P_0 + \Delta P)V_0 = \nu R_0 T$$

$$\left(P_0 + \frac{2\sigma}{R} \right) (V_0 + \Delta V) = \nu R_0 T$$

$$\left(P_0 + \frac{2\sigma}{R} \right) (V_0 + \Delta V) = (P_0 + \Delta P)V_0$$

$$\frac{2\sigma}{R}(V_0 + \Delta V) = (P_0 + \Delta P)V_0 - P_0(V_0 + \Delta V) = \Delta P V_0 - P_0 \Delta V$$

$$\sigma = \frac{R(\Delta P V_0 - P_0 \Delta V)}{2(V_0 + \Delta V)} \quad (5)$$

$$\sigma = \frac{R \left(\frac{mg}{\pi r^2} \frac{l_1}{l_1 + l_2} V_0 - P_0 \frac{\pi h}{6} (h^2 + 3r^2) \right)}{2 \left(V_0 + \frac{\pi h}{6} (h^2 + 3r^2) \right)}$$

$$E = \frac{\sigma}{H \left(\frac{h^2 + r^2}{2hr} \operatorname{arctg} \frac{r}{\frac{h^2 + r^2}{2h} - h} - 1 \right)} \quad (6)$$

Критерии оценивания 10.2

1. Описан метод	2
2. Получено выражение для σ : (1) или (5)	2
3. Записана связь σ и E : (3)	2
4. Получено выражение для E : (4) или (6)	3
5. Проведены измерения требуемых для расчета величин	2
6. Получено значение σ , оценена погрешность	2
7. Получено значение E , оценена погрешность	2