



Кировское областное государственное автономное образовательное
учреждение дополнительного образования
«ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ОДАРЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ»

ФИЗИКА, 2022

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

личной олимпиады

Школьного учебно-научного турнира

по физике «ШУНТ»

(17 – 20 марта 2022 г.)



**Киров
2022**

Печатается по решению методического совета Кировского областного государственного автономного образовательного учреждения дополнительного образования «Центр дополнительного образования одарённых школьников» и методической комиссии Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ»

Задания, решения и результаты личной олимпиады Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ» (17 – 20 марта 2022 г.). – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2022. – 12 с.

Авторы и источники задач

Минина О. В.: 8.1, 8.2, 9.1

Сорокин А. П.: 7.1, 7.2, 9.2

Методической комиссией Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ» рассматриваются предложения по задачам для личной олимпиады
Адрес для переписки: shunt.ph@mail.ru

Компьютерная вёрстка

Минина О., Сорокин А. (сост.)

Подписано в печать 16.03.2022.

Формат 60×84¹/₁₆. Усл. печ. л. 0,35

Тираж 230 экз.

© Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного образования «Центр дополнительного образования одарённых школьников», Киров, 2022

ЗАДАНИЯ

7.1. ВЗАИМНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ

На лабораторной работе по физике Шунтик исследовал зависимость массы m жидкости, налитой в цилиндрический сосуд, от высоты h её столба. Для этого он наливал порции жидкости в стаканчик и с помощью весов определял их массы m , после чего переливал их в цилиндрический сосуд и с помощью линейки определял высоты h их столбов. В табл. 1 приведены полученные в ходе выполнения лабораторной работы результаты измерений.

Табл. 1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m , г	40	64	88	102	120	148	166	192	218
h , см	5,0	9,0	13,0	16,0	19,0	24,0	28,0	34,0	40,0

Затем Шунтик решил вычислить значение плотности для каждой порции жидкости по формуле $\rho = m/(Sh)$, после чего нашёл среднее значение, которое оказалось равным $\rho = 1,28 \text{ г/см}^3$, что соответствует глицерину. Но, как выяснилось позднее, исследуемой жидкостью была вода. Используя полученные результаты измерений, вычислите значение плотности для каждой порции жидкости, постройте график зависимости m от h и помогите Шунтику верно определить плотность воды.

Примечание: площадь поперечного сечения цилиндрического сосуда $S = 5 \text{ см}^2$.

7.2. ГУК И НЕ ГУК

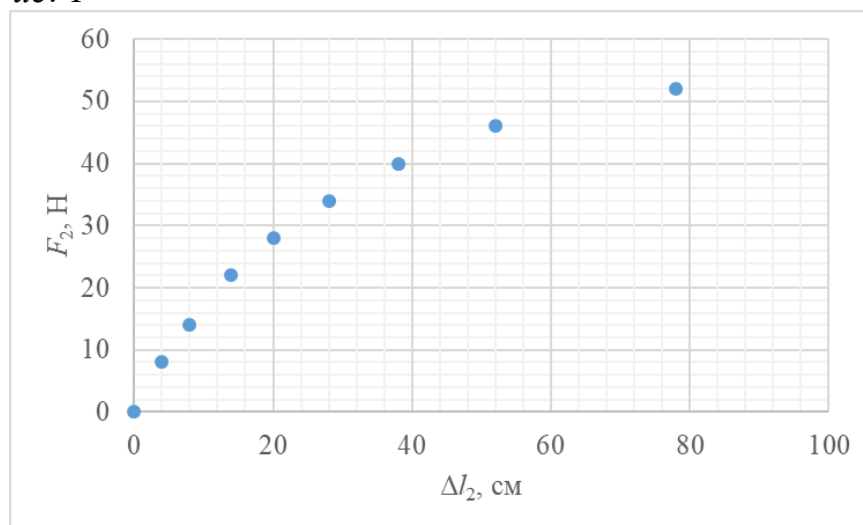
В лаборатории профессора Шунтик нашёл две пружинки. Как оказалось, одна из них подчиняется закону Гука, а вторая – нет. Зависимость силы упругости F_2 от удлинения Δl_2 для второй пружинки представлена на рис. 1.

Постройте графики зависимости сил упругости от удлинения для первой пружинки и для случая, когда первая и вторая пружинки соединены последовательно, если известно, что коэффициент жёсткости первой пружинки равен $k = 100 \text{ Н/м}$.

Используя построенный график, определите силу F_0 , под действием которой пружинки, соединённые последовательно, растягиваются на $\Delta l_0 = 100 \text{ см}$.

Примечание: пружинки считать невесомыми.

Рис. 1



ЗАДАНИЯ

8.1. ЗА ПРИОТКРЫТОЙ ДВЕРЬЮ

На лабораторной работе по физике Шунтик исследовал тепловое расширение воздуха. Результаты измерений зависимости объёма V порции воздуха от температуры t представлены в табл. 2.

Табл. 2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$t, ^\circ\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$V, \text{м}^3$	0,50	0,52	0,54	0,56	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69

1. Используя полученные результаты, постройте график зависимости объёма V воздуха от температуры t .
2. Выведите формулу зависимости плотности воздуха ρ от температуры t , учитывая, что при 0°C плотность воздуха равна $\rho_0 = 1,3 \text{ кг/м}^3$.
3. Определите, на сколько и как изменится масса Δm воздуха в открытом кабинете физики объёмом 60 м^3 при увеличении температуры с 20°C до 30°C при постоянном давлении.

8.2 РЕЖИМ ПРЕВРАЩЕНИЯ

В процессе исследования изменения агрегатного состояния вещества массой $m = 60 \text{ г}$ Шунтик заносил в табл. 3 показания температуры t вещества от времени τ . Однако в некоторый момент он решил увеличить мощность нагревателя и повернул тумблер. Больше до конца эксперимента мощность нагревателя он не изменял.

Изначально вещество находилось в твёрдом агрегатном состоянии. Удельная теплоёмкость вещества в твёрдом и жидком состояниях $280 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$, удельная теплота плавления 50 кДж/кг .

Примечание: теплопередача от нагревателя к веществу не зависит от его агрегатного состояния.

Табл. 3

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$\tau, \text{мин.}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$t, ^\circ\text{C}$	22	52	82	112	142	172	202	232	232	232	232	232	232	247	294	340	386	432

1. Используя полученные результаты, постройте график зависимости температуры t вещества от времени τ .
2. Используя построенный график, определите, спустя какое время τ_x после начала эксперимента Шунтик изменил мощность нагревателя.
3. Определите мощность нагревателя P_2 , которую установил Шунтик после переключения тумблера.

ЗАДАНИЯ

9.1. РАВНОВЕСИЕ-ПОГРУЖЕНИЕ

К одному из концов однородного стержня массой $m = 18$ г и длиной $L = 30$ см Шунтик прикрепил с помощью нити однородный цилиндр диаметром $d = 3,5$ см, после чего уравновесил стержень на лапке штатива так, чтобы он оказался в горизонтальном положении. Опуская лапку штатива, Шунтик медленно погружал цилиндр в жидкость, при этом смещал стержень так, чтобы он всегда оставался в горизонтальном положении (рис. 2). В процессе погружения цилиндра в жидкость он заносил в табл. 4 значения H , h и x .

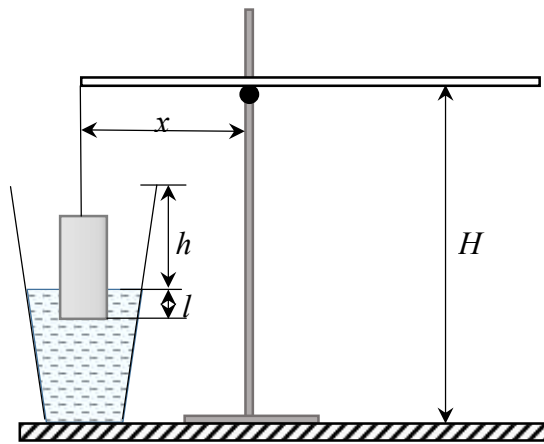
1. Для соответствующих значений x из табл. 4, вычислите силу натяжения нити T и глубину погружения l цилиндра в жидкость.

2. Используя полученные в п. 1 результаты, постройте график зависимости T от l .

3. Используя построенный график, определите плотность жидкости.

Примечание: в положении, когда цилиндр только касается поверхности воды, $H_0 = 260$ мм, $h_0 = 70$ мм.

Рис. 2



Примечание: в ходе эксперимента цилиндр не соприкасается со дном и стенками сосуда.

Табл. 4

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
H , мм	258	257	256	254	253	252	251	249	248	247	246	245	243
h , мм	69	68	67	66	65	64	62	61	59	58	56	54	52
x , мм	42	44	46	48	51	54	58	64	70	75	86	97	116

9.2. СМЕШАННОЕ СОЕДИНЕНИЕ

На лабораторной работе по физике Шунтик исследовал зависимость силы тока от напряжения для двух потребителей электрической энергии. Результаты измерений он занёс в табл. 5.

Постройте график зависимости силы тока I от напряжения U для смешенного соединения этих потребителей (рис. 3), для этого предварительно постройте графики зависимости силы тока от напряжения для первого потребителя, второго потребителя и их параллельного соединения.

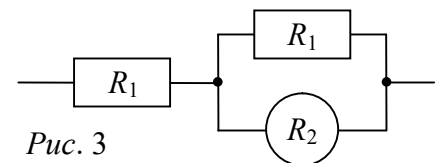


Рис. 3

Примечания: для первого потребителя зависимость силы тока от напряжения подчиняется линейному закону, для второго – нет; измерительные приборы и источник идеальные.

Табл. 5

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I_1 , А	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
U_1 , В	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
I_2 , А	0	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11
U_2 , В	0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ

7.1. ВЗАИМНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ

Вычислим плотность каждой порции жидкости по формуле, приведённой в условии задачи. Результаты вычислений занесём в табл. 6.

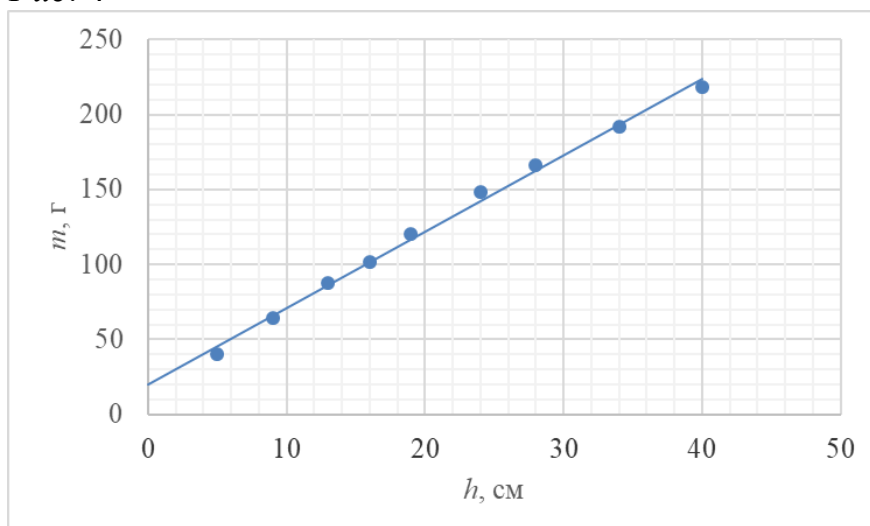
Табл. 6

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m , г	40	64	88	102	120	148	166	192	218
h , см	5,0	9,0	13,0	16,0	19,0	24,0	28,0	34,0	40,0
ρ , г/см ³	1,60	1,42	1,35	1,28	1,26	1,23	1,19	1,13	1,09

Анализируя полученные результаты, можно заметить, что с увеличением массы каждой последующей порции жидкости её плотность уменьшается. Отсюда можно сделать предположение, что в процессе измерений присутствовала систематическая ошибка, которая привела к неправильному ответу среднего значения плотности.

Чтобы проверить наше предположение, построим график зависимости m от h (рис. 4).

Рис. 4



Из графика можно заметить, что экспериментальные точки ложатся на прямую, но она не проходит через начало координат, а смещена вверх, что подтверждает предположение о том, что в процессе измерений присутствовала систематическая ошибка. Чтобы её исключить, можно найти координату пересечения графика с вертикальной осью и вычесть полученную добавку по массе $\Delta m \approx 20$ г из показаний весов или сдвинуть полученный график так, чтобы он проходил через начало координат.

В результате вычислений плотность воды получается равной $\rho \approx 1$ г/см³.

Разбалловка

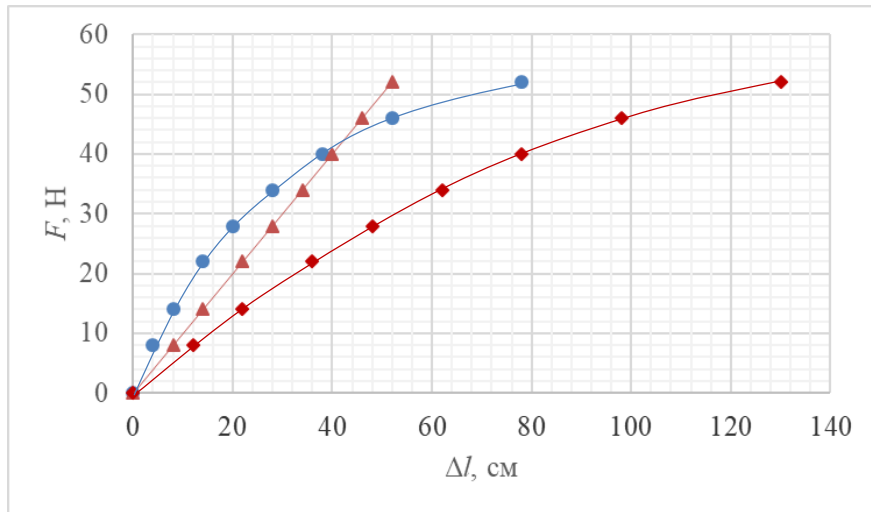
№	Критерий	Баллы
1	Посчитано значение плотности для каждой порции жидкости	2
2	Сделан вывод о наличии систематической ошибки	2
3	Построен график зависимости m от h (по 0,5 б за: подписи осей, разумный масштаб, экспериментальные точки, верную кривую)	2
4	Определена добавка по массе Δm или сдвинут график	2
5	Вычислена плотность воды ρ	2

7.2. ГУК И НЕ ГУК

На график, изображённый на рис. 1, для тех же значений силы нанесём точки, соответствующие удлинению первой пружинки. На рис. 5 они отмечены символом ▲.

При последовательном соединении пружинки будут растягиваться под действием той же силы, а их удлинения будут складываться. График зависимости F от Δl изображён на рис. 5. Точки, соответствующие этому графику, отмечены символом ◆.

Рис. 5



Пружинки, соединённые последовательно, будут растягиваться на $\Delta l_0 = 100$ см под действием силы $F_0 \approx 47$ Н.

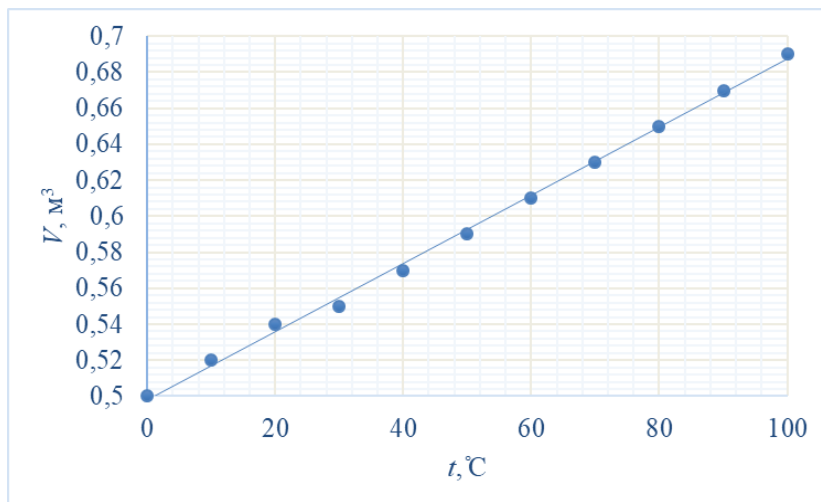
Разбалловка

№	Критерий	Баллы
1	Построен график для первой пружинки (по 0,5 б за: подписи осей, разумный масштаб, экспериментальные точки, верную кривую)	2
2	Обоснован принцип построения графика для случая последовательного соединения пружинок	2
3	Построен график для последовательного соединения пружинок (по 1 б за: подписи осей, разумный масштаб, экспериментальные точки, верную кривую)	4
4	Вычислена сила F_0	2

8.1. ЗА ПРИОТКРЫТОЙ ДВЕРЬЮ

Используя полученные результаты, построим график зависимости V от t (рис. 6).

Рис. 6



По двум точкам, лежащим на графике, определим зависимость $V(t)$ (используем точки при $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ и $t = 80 \text{ }^\circ\text{C}$).

$$V_t = V_0 + t \cdot k, \quad 0,65 = 0,5 + 80 \cdot k, \quad V_t = V_0 + \frac{3}{1600}t,$$

$$\rho = \frac{m}{V_t} = \frac{m}{V_0 + \frac{3}{1600} \cdot t} = \frac{m}{V_0 \cdot (1 + \frac{3}{1600 \cdot V_0} \cdot t)} = \frac{m}{V_0 \cdot (1 + \frac{3}{1600 \cdot 0,5} \cdot t)}, \quad \rho = \frac{\rho_0}{(1 + \frac{3}{800} \cdot t)}$$

Используя полученную зависимость плотности ρ воздуха от температуры t , определим, как изменится масса Δm воздуха в открытом кабинете физики объёмом 60 м^3 при увеличении температуры с 20°C до 30°C .

$$m_{t=20} = V \cdot \rho_{t=20} = \frac{1,3 \cdot 60}{1 + \frac{3}{800} \cdot 20} = 72,56 \text{ кг}, \quad m_{t=30} = V \cdot \rho_{t=30} = \frac{1,3 \cdot 60}{1 + \frac{3}{800} \cdot 30} = 70,11 \text{ кг},$$

$$\Delta m = m_{t=20} - m_{t=30} = 72,56 - 70,11 = 2,45 \text{ кг}.$$

Масса воздуха в кабинете физики уменьшится на $\Delta m = 2,45 \text{ кг}$.

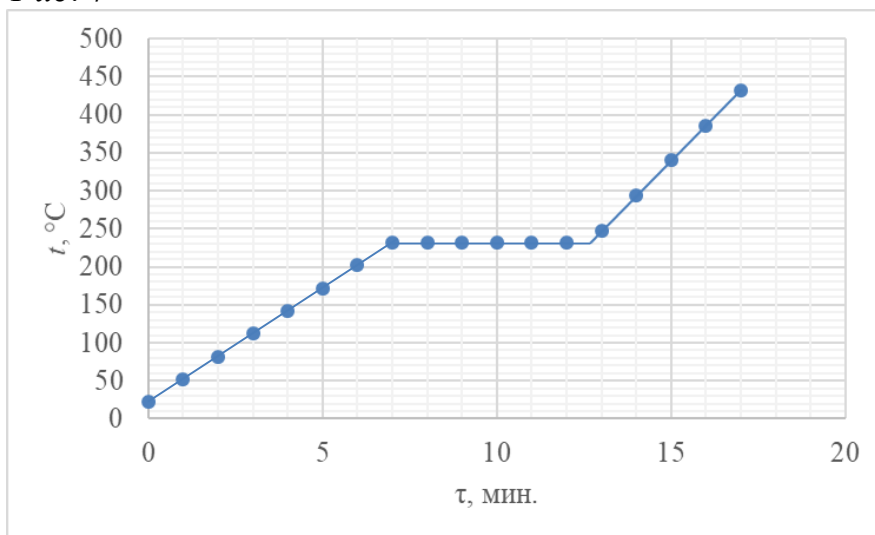
Разбалловка

№	Критерий	Баллы
1	Построен график зависимости V от t (по 0,5 б за: подписи осей, разумный масштаб, экспериментальные точки, верную кривую)	2
2	Выведена зависимость плотности воздуха ρ от температуры t	5
3	Определено изменение массы воздуха в кабинете и сделан вывод	3

8.2. РЕЖИМ ПРЕВРАЩЕНИЯ

Используя полученные результаты, построим график зависимости температуры t вещества от времени τ (рис. 7)

Рис. 7



На участках графика, соответствующих нагреванию, нет изломов, следовательно, Шунтик переключил тумблер нагревателя в процессе плавления вещества. Значит, в твёрдом агрегатном состоянии вещество нагревалось при мощности, изначально установленной Шунтиком. Найдем эту мощность:

$$P_1 = \frac{mc(T_{пл} - T_1)}{\Delta \tau_1} = \frac{0,06 \cdot 280 \cdot (232 - 22)}{7 \cdot 60} = 8,4 \text{ Вт}.$$

В жидком состоянии вещество нагревалось при увеличенной мощности. Для расчёта этой мощности возьмём две точки, лежащие на участке графика, соответствующем нагреванию вещества в жидком состоянии (например, в интервале от 13 до 17 мин):

$$P_2 = \frac{mc(T_3 - T_2)}{\Delta\tau_2} = \frac{0,06 \cdot 280 \cdot (432 - 247)}{(17 - 13) \cdot 60} = 12,95 \text{ Вт.}$$

Обозначим момент времени, в который произошло увеличение мощности τ_x , время начала процесса плавления τ_1 , время окончания процесса плавления τ_2 .

Время окончания процесса плавления найдем по графику, записав уравнение прямой, соответствующей нагреванию в жидком состоянии.

$$t = 46,2 \cdot \tau - 353,2$$

Учитывая, что температура плавления вещества равна 232 °С, найдем τ_2 :

$$232 = 46,25 \cdot \tau_2 - 354,25$$

$$\tau_2 = \frac{232 + 354,25}{46,25} \approx 12,7 \text{ мин.}$$

Запишем уравнение теплового баланса и выразим τ_x :

$$m\lambda = P_1(\tau_x - \tau_1) + P_2(\tau_2 - \tau_x), \quad m\lambda = P_1\tau_x - P_1\tau_1 + P_2\tau_2 - P_2\tau_x, \quad \tau_x = \frac{P_2\tau_2 - m\lambda - P_1\tau_1}{P_2 - P_1}$$

$$\tau_x = \frac{12,95 \cdot 12,7 \cdot 60 - 0,06 \cdot 50000 - 8,4 \cdot 7 \cdot 60}{12,95 - 8,4} \approx 12,2 \text{ мин.}$$

Разбалловка

№	Критерий	Баллы
1	Построен график зависимости t от τ (по 0,5 б за: подписи осей, разумный масштаб, экспериментальные точки, верную кривую)	2
2	Сделан вывод о том, на котором участке графика была изменена мощность нагревателя	1
3	Определена начальная мощность нагревателя	2
4	Определена конечная мощность нагревателя	2
5	Определен момент времени изменения мощности нагревателя	3

9.1. РАВНОВЕСИЕ-ПОГРУЖЕНИЕ

Запишем условие равновесия рычага $T \cdot x = mg \cdot (\frac{L}{2} - x)$, выразим $T = \frac{mg \cdot (L - 2x)}{2x}$.

Выразим $l = H_0 + h_0 - h - H$.

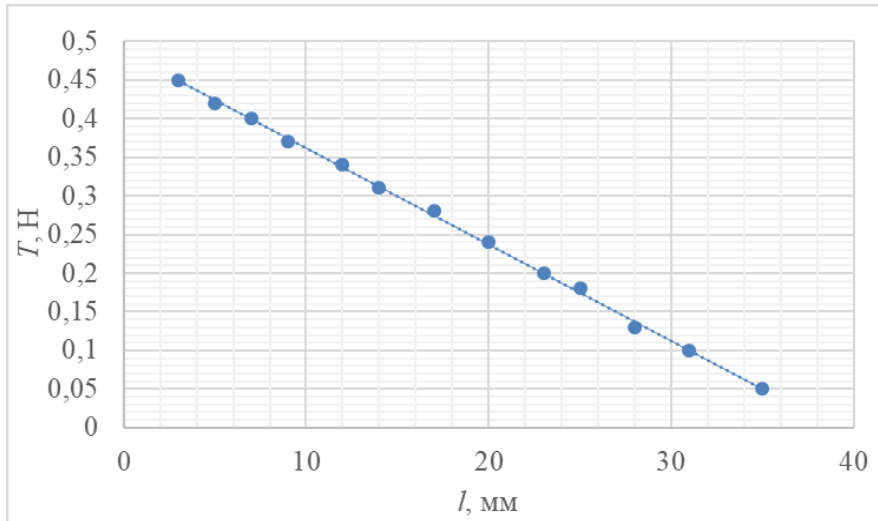
Рассчитаем T и l для каждого значения x . Результаты вычислений занесём в табл. 7.

Табл. 7

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
H , мм	258	257	256	254	253	252	251	249	248	247	246	245	243
h , мм	69	68	67	66	65	64	62	61	59	58	56	54	52
x , мм	42	44	46	48	51	54	58	64	70	75	86	97	116
T , Н	0,45	0,42	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28	0,24	0,20	0,18	0,13	0,10	0,05
l , мм	3	5	7	10	12	14	17	20	23	25	28	31	35

Построим график зависимости силы натяжения T нити от глубины погружения l цилиндра в жидкость (рис. 8).

Рис. 8



Запишем условие равновесия для цилиндра $T + F_{арх} = m_цg$ или $T + \frac{\rho g l \pi d^2}{4} = m_цg$.

Возьмем две точки на графике, подставим для них значения в условие равновесия для цилиндра и выразим ρ :

$$T_1 + \frac{\rho g l_1 \pi d^2}{4} = m_цg, \quad T_2 + \frac{\rho g l_2 \pi d^2}{4} = m_цg, \quad \rho = \frac{4 \cdot (T_1 - T_2)}{g \pi d^2 \cdot (l_2 - l_1)}, \quad \rho \approx 1326 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Разбалловка

№	Критерий	Баллы
1	Получено выражение для расчета силы натяжения нити T	2
2	Получено выражение для расчета глубины погружения l цилиндра	2
3	Построен график зависимости T от l (по 0,5 б за: подписи осей, разумный масштаб, экспериментальные точки, верную кривую)	2
4	Записано условие равновесия цилиндра	2
5	По графику определена плотность жидкости	2

9.2. СМЕШАННОЕ СОЕДИНЕНИЕ

Для начала построим графики зависимости силы тока от напряжения для первого и второго потребителей электрической энергии.

График зависимости силы тока от напряжения для первого потребителя (рис. 9):

Рис. 9

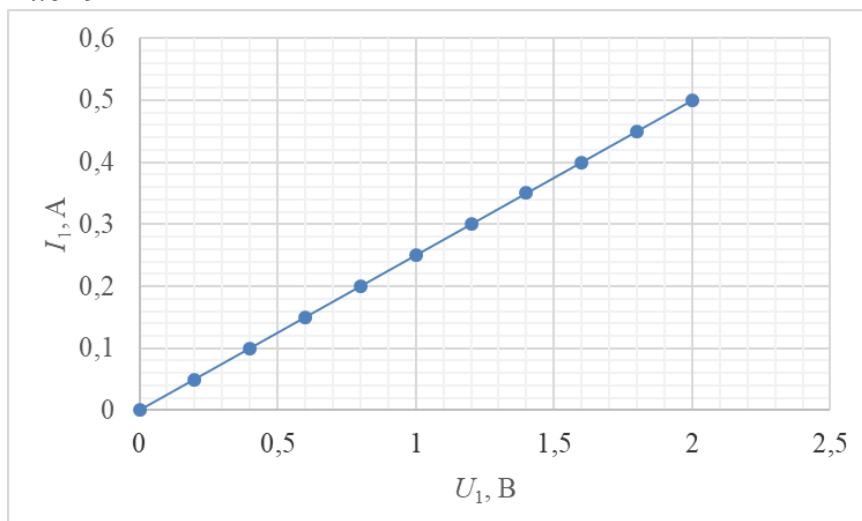


График зависимости силы тока от напряжения для второго потребителя (рис. 10):

Рис. 10

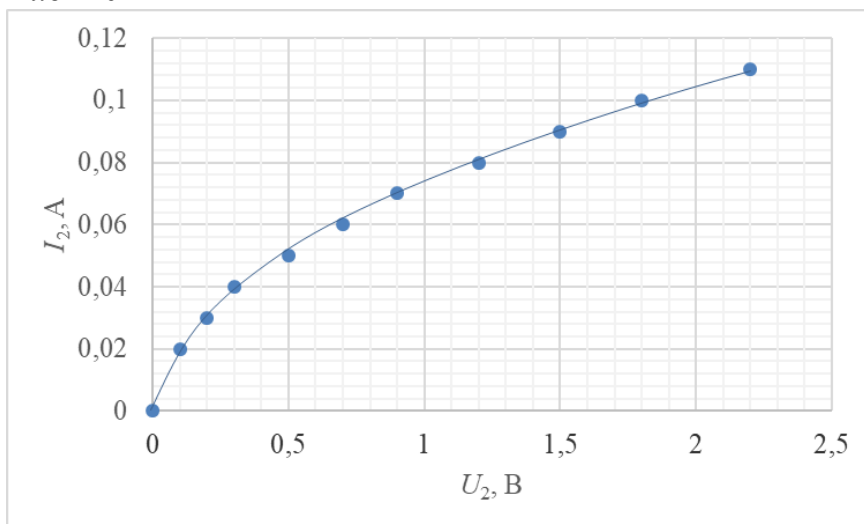


График зависимости силы тока от напряжения для параллельно соединенных первого и второго потребителей (рис. 11):

Рис. 11

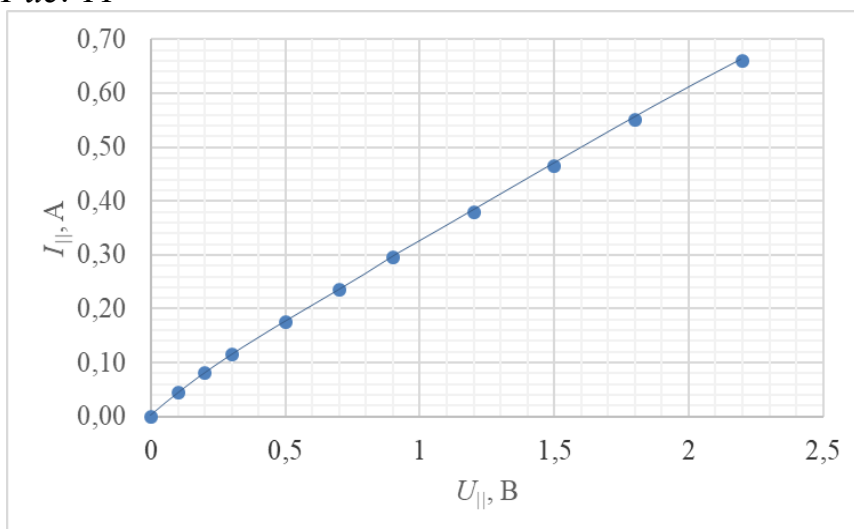
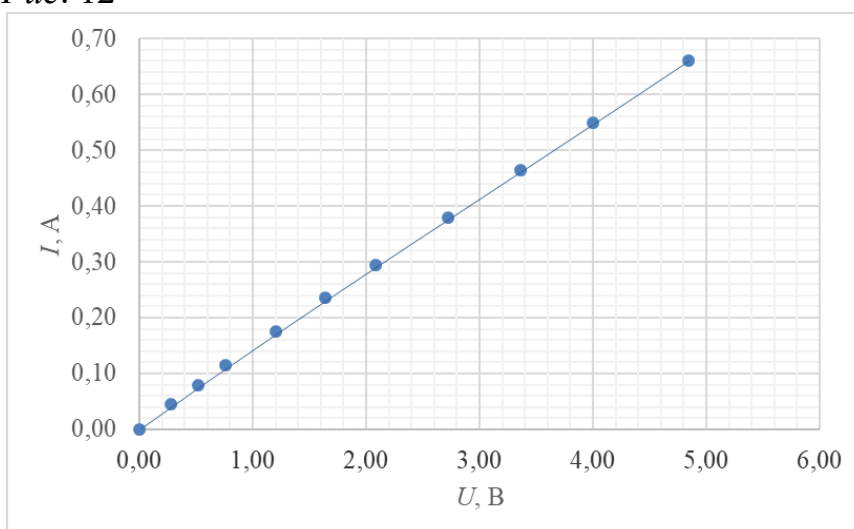


График зависимости силы тока от напряжения для смешанного соединения потребителей (рис. 12):

Рис. 12



Разбалловка

№	Критерий	Баллы
1	Построен график зависимости I_1 от U_1 (по 0,5 б за: подписи осей, разумный масштаб, экспериментальные точки, верную прямую)	2
2	Построен график зависимости I_2 от U_2 (по 0,5 б за: подписи осей, разумный масштаб, экспериментальные точки, верную гладкую кривую)	2
3	Построен график зависимости $I_{ }$ от $U_{ }$ (по 0,5 б за: подписи осей, разумный масштаб, экспериментальные точки, верную гладкую кривую)	2
4	Обоснован принцип построения графика для случая смешанного соединения потребителей	2
5	Построен график зависимости I от U (по 0,5 б за: подписи осей, разумный масштаб, экспериментальные точки, верную гладкую кривую)	2