

9 класс

1. Экспериментатор Кирилл и вечное равновесие (10 баллов)

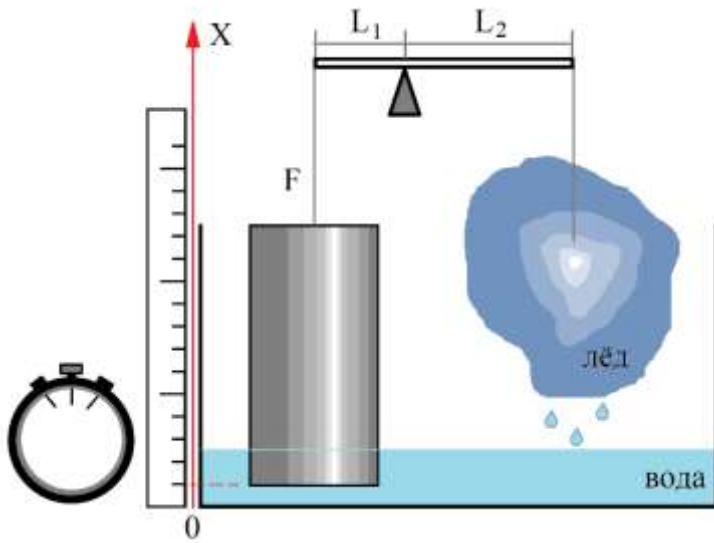


Таблица 1

X , см	t , мин
2	0
4	1
6	5

Таблица 2

F , Н	t , мин
1,20	0
0,72	1
0,24	5

Экспериментатор Кирилл уравнивал на невесомом стержне кусок льда и цилиндр, причем цилиндр уже оказался немного погруженным в талую воду в сантиметре от дна аквариума. Кирилл заметил, что в процессе таяния льда (и даже тогда, когда лёд полностью растает) горизонтальность стержня и вертикальность цилиндра не нарушается. Обрадовавшись этому факту, Кирилл начал записывать зависимость координаты x уровня воды от времени (таблица 1), а также зависимость от времени натяжения нити F удерживающей цилиндр (таблица 2).

номер	вопрос	ответ	Балл
1.1	Определите среднюю скорость подъема уровня воды за первую минуту. Ответ укажите в мм/с округляя ответ до сотых. Единицы измерения в ответе указывать не надо!	0,33	1
1.2	Определите среднюю скорость подъема уровня воды за всё время наблюдений. Ответ укажите в мм/с округляя ответ до сотых. Единицы измерения в ответе указывать не надо!	0,13	1
1.3	Чему равно натяжение нити F удерживающей цилиндр, в том момент, когда глубина талой воды в аквариуме равна 4 см. Ответ укажите в СИ округляя ответ до сотых. Единицы измерения в ответе указывать не надо!	0,72	1
1.4	При какой глубине талой воды в аквариуме натяжение нити F станет равно нулю. Ответ укажите в мм округляя ответ до целых. Единицы измерения в ответе указывать не надо!	70	1
1.5	Чему равна площадь основания цилиндра? Ответ укажите в см ²	24	1

1.6	Чему равна масса цилиндра? Ответ укажите в граммах.	144	1
-----	---	-----	---

Решение следующих пунктов задачи необходимо оформить на отдельном листке, сфотографировать (отсканировать) и загрузить в систему.

1.7. Чему равна средняя скорость подъёма уровня воды за последние три минуты наблюдения, если она оказалась в два раза меньше, чем за вторую минуту наблюдения. (2 балла)

1.8. Когда весь лёд растаял, Кирилл вынул цилиндр из аквариума, глубина воды при этом стала равна 2,5 см. Определите площадь дна аквариума.

1.9. Чему равно отношение длин плеч горизонтального стержня L_2/L_1 ? (2 балла)

РЕШЕНИЕ:

1.1. Определим среднюю скорость подъема уровня воды за первую минуту, для этого воспользуемся данными условия задачи

$$V = \frac{x_k - x_0}{t_k - t_0} = \frac{4 - 2}{1 - 0} = 2 \frac{\text{см}}{\text{мин}} = 0,33 \frac{\text{мм}}{\text{сек}}$$

1.2. Аналогичным образом определим среднюю скорость подъема уровня воды за всё время наблюдений

$$V_{\text{ср}} = \frac{6 - 2}{5 - 0} = \frac{4}{5} \frac{\text{см}}{\text{мин}} = 0,13 \frac{\text{мм}}{\text{сек}}$$

1.3. Определим натяжение нити F удерживающей цилиндр, в том момент, когда глубина талой воды в аквариуме равна 4 см. Из условия задачи видим, что при $x = 4$ см, $t = 1$ мин. Следовательно, $F = 0,72$ Н.

1.4. Используя данные задачи, либо запишем зависимость $F(x)$, либо построим график этой зависимости. Из двух таблиц, данных в условии задачи, получаем таблицу

	x , см	F , Н
1	2	1,20
2	4	0,72
3	6	0,24
...		

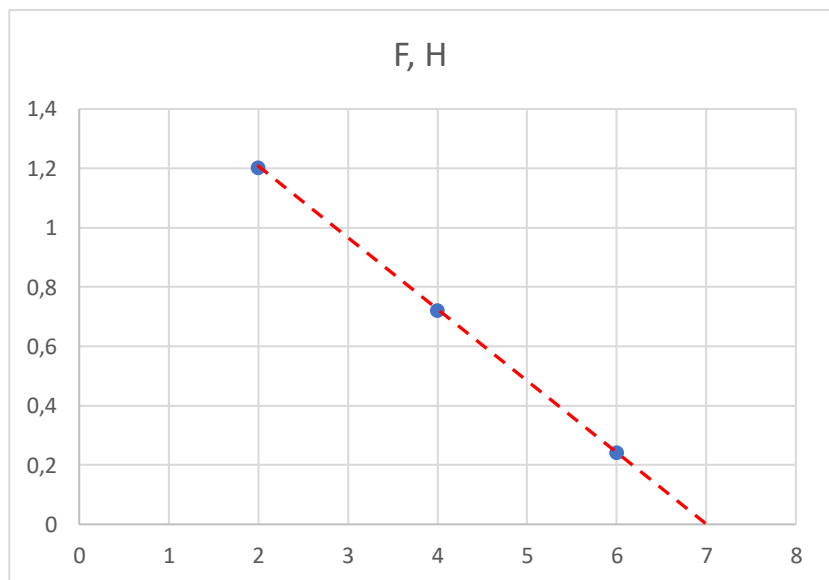
Строим график полученной зависимости, продолжаем прямую до пересечения с осью x , получаем нужное значение.

Либо можно записать зависимость $F(x)$, для этого в общем виде записываем зависимость

$$F(x) = kx + b.$$

Используя данные задачи, определяем угловой коэффициент наклона k и коэффициент b

$$\begin{cases} F(2) = 1,2 = 2k + b; \\ F(6) = 0,24 = 6k + b. \end{cases}$$



Решаем записанную систему относительно k и b , получаем

$$k = -0,24 \frac{\text{Н}}{\text{см}}; \quad b = 1,68 \text{ Н.}$$

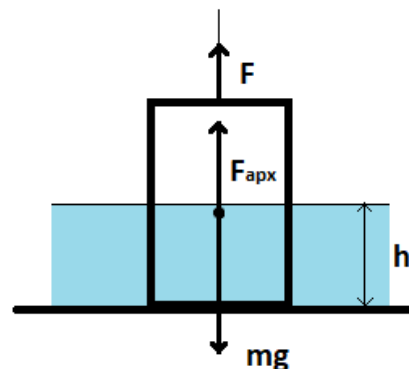
Тогда зависимость $F(x)$ выглядит следующим образом:

$$F(x) = -0,24x + 1,68.$$

Зная зависимость $F(x)$, найдем значение x' . При котором сила F равна нулю

$$0 = -0,24x' + 1,68;$$

$$x' = \frac{1,68}{0,24} = 7 \text{ (см)}.$$



Можно то же самое определить и немного по-другому: проанализировав данные, делаем вывод, что при изменении x на 2 см, сила натяжения F меняется на $0,72 - 1,20 = -0,48$ (Н) ($0,24 - 0,72 = -0,48$ (Н)), то есть при изменении уровня воды на 1 см сила натяжения F уменьшается на 0,24 Н. Рассмотрим уровень жидкости 6 см, сила натяжения равно 0,24 Н. Таким образом, если уровень жидкости увеличится еще на 1 см, то есть станет равным 7 см, то сила натяжения станет равной 0.

1.5. Определим площадь основания цилиндра. Определим силу натяжения при двух различных уровнях воды h_k и h_n

$$F_k + \rho g S_{\text{ц}} h_k - mg = 0;$$

$$F_n + \rho g S_{\text{ц}} h_n - mg = 0;$$

Вычитаем уравнения друг из друга, получаем

$$\Delta F + \rho g S_{\text{ц}} (h_k - h_n) = 0$$

$$S_{\text{ц}} = \frac{-\Delta F}{\rho_{\text{жс}} g (h_k - h_n)} = 24 \text{ см}^2.$$

1.6. Для определения массы цилиндра, найдем силу натяжения (любым способом – по графику, из аналитической зависимости ...) при нулевой силе Архимеда, ему соответствует $x = 1$ см (цилиндр в воду не погружен)

$$F_0 = 1,44 \text{ Н.}$$

Запишем условие равновесия цилиндра в этом случае

$$F_0 = mg.$$

Из записанного соотношения определяем масс

$$m = \frac{F_0}{g}; \quad m = 144 \text{ г.}$$

1.7. Обозначим путь, пройденный за вторую минуту – S_1 , а путь, пройденный за последние 3 минуты – S_2 . Исходя из таблицы:

$$S_1 + S_2 = S_0 = 2 \text{ см} \quad (0,5 \text{ б})$$

Время обозначим соответствующими индексами.

Условие для средних скоростей дает следующее равенство:

$$\frac{S_1}{t_1} = 2 \frac{S_2}{t_2} \quad (0,5 \text{ б})$$

$$S_1 = 2S_2 \frac{t_1}{t_2}$$

$$2S_2 \frac{t_1}{t_2} + S_2 = S_0$$

$$S_2 = \frac{S_0}{2 \frac{t_1}{t_2} + 1}$$

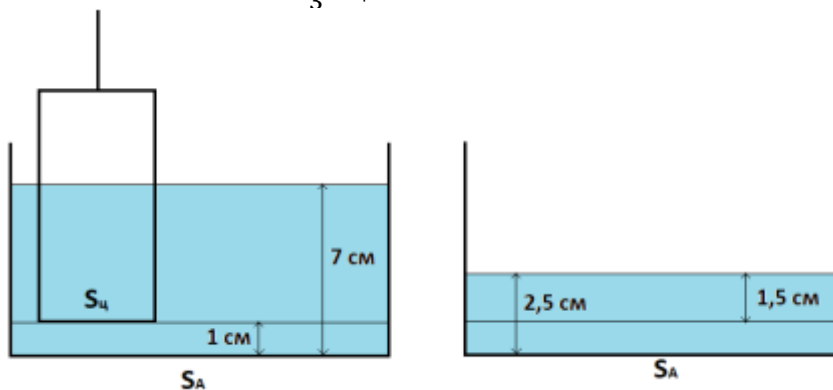
$$V_2 = \frac{S_2}{t_1} = \frac{S_0}{2t_1 + t_2} = 0,067 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 4 \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \quad (0,5 \text{ б})$$

1.8. Определим площадь дна цилиндра

$$(S_A - S_{\text{Ц}}) \cdot 6 \text{ см} = S_A \cdot 1,5 \text{ см} \quad (0,5 \text{ б})$$

$$4S_A - 4S_{\text{Ц}} = S_A$$

$$S_A = \frac{4}{3} S_{\text{Ц}} = 32 \text{ см}^2 \quad (0,5 \text{ б})$$



1.9. Определим отношение длин рычага. Запишем условие равновесия

$$(m + \Delta m)gL_2 = (Mg - \rho_{\text{ж}}gS_{\text{Ц}}h_{\text{погр}})L_1 \quad (0,25 \text{ б})$$

$$mgL_2 = (Mg - \rho_{\text{ж}}gS_{\text{Ц}}(h_{\text{погр}} + \Delta h))L_1 \quad (0,25 \text{ б})$$

Вычтем уравнения друг из друга.

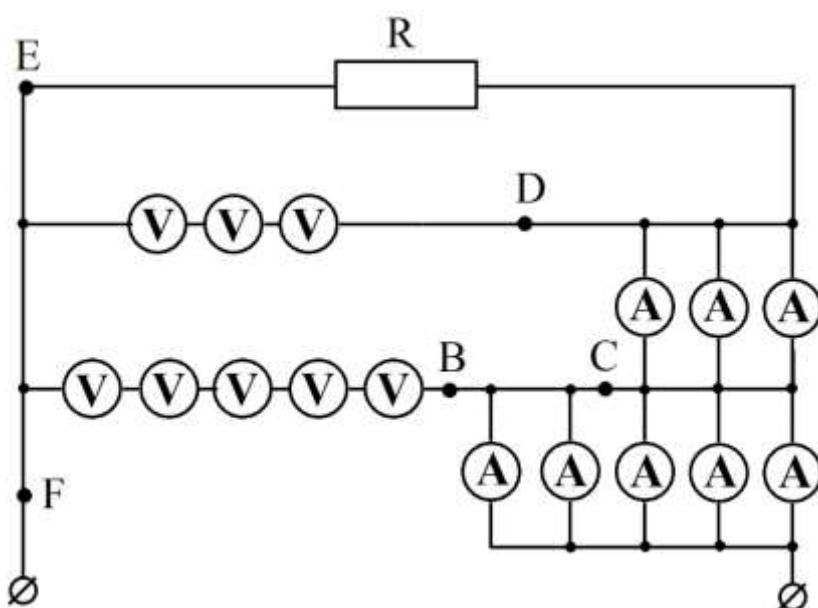
$$\Delta mgL_2 = \rho_{\text{ж}}gS_{\text{Ц}}\Delta hL_1 \quad (0,25 \text{ б})$$

$$\Delta m = \rho_{\text{ж}}(S_A - S_{\text{Ц}})\Delta h \quad (0,25 \text{ б})$$

$$(S_A - S_{\text{Ц}})L_2 = S_{\text{Ц}}L_1$$

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{S_{\text{Ц}}}{S_A - S_{\text{Ц}}} = 3 \quad (0,5 \text{ б})$$

2. У Кирилла был паяльник.... (15 баллов)



У экспериментатора Кирилла было восемь одинаковых вольтметров, восемь одинаковых миллиамперметров, резистор и очень большое желание паять. После того как схема была спаяна, Кирилл подсоединил её к источнику внешнего питания. Какого же было его удивление, когда показания всех миллиамперметров оказались одинаковы и

равны 2 мА, и на всех вольтметрах также одинаково высветилось 4 В.

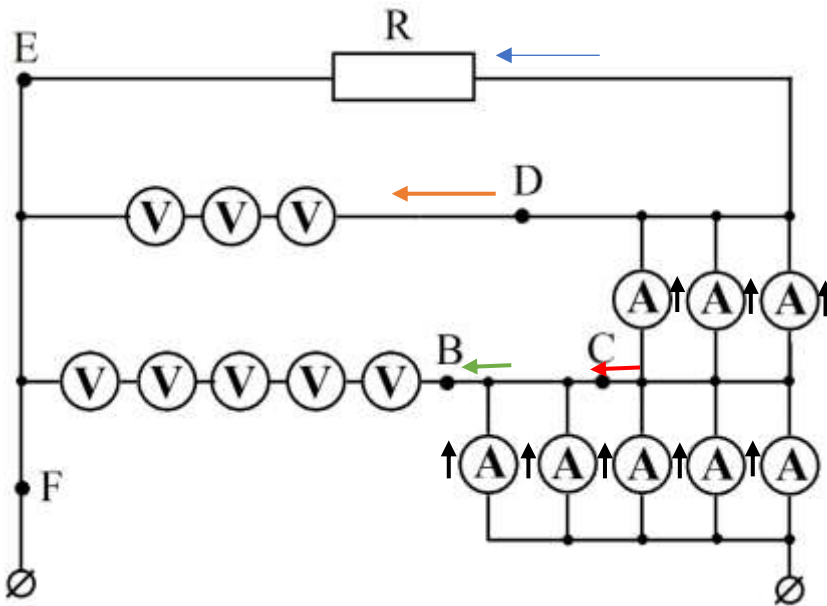
номер	вопрос	ответ	Балл
2.1	Определите ток, протекающий через точку В. Ответ укажите в мА, округляя до целого числа.	4	1
2.2	Определите ток, протекающий через точку С. Ответ укажите в мА, округляя до целого числа.	0	1
2.3	Определите ток, протекающий через точку D. Ответ укажите в мА, округляя до целого числа.	4	1
2.4	Определите ток, протекающий через точку E. Ответ укажите в мА, округляя до целого числа.	2	1
2.5	Определите ток, протекающий через точку F. Ответ укажите в мА, округляя до целого числа.	10	1
2.6	Чему равно напряжение на резисторе R. Ответ укажите в СИ, округляя до целого числа.	12	1
2.7	Чему равно сопротивление резистора R. Ответ укажите в кОм, округляя до целого числа.	6	1
2.8	Чему равно сопротивление вольтметра R_V . Ответ укажите в кОм, округляя до целого числа.	1	1

Решение следующих пунктов задачи необходимо оформить письменно, сфотографировать (отсканировать) и загрузить в систему.

2.9. Чему равно сопротивление миллиамперметра R_A ? (2 балла)

2.10. Чему равно напряжение внешнего источника питания $U_{\text{вых}}$. (2 балла)

2.11. Чему равно полное сопротивление схемы, которую спаял Кирилл? (3 балла)

РЕШЕНИЕ:

Обозначим разными цветами токи, протекающие через разные ветви цепи. Синяя стрелка – ток через резистор I_R , оранжевая стрелка – ток через три вольтметра I_D , зелёная стрелка – ток через 5 вольтметров I_B , красная стрелка – ток через точку С I_C .

2.1. Примем за направление тока движение против часовой стрелки. Полный ток через цепь $I_F = 5 \cdot 2 \text{ мА} = 10 \text{ мА}$. Выше отрезка цепи ушло $3 \cdot 2 \text{ мА} = 6 \text{ мА}$, следовательно, через точку В протекает ток $I_B = 2 \cdot 2 \text{ мА} = 4 \text{ мА}$ (1 балл)

2.2 Через точку С ток не протекает, так как 6 мА ушло в верхнюю часть цепи, 4 мА ушло через точку В. $I_C = 0$ (1 балл)

2.3 Через точку D протекает ток $I_D = 2 \cdot 2 \text{ мА} = 4 \text{ мА}$ (1 балл)

2.4 Через точку E протекает тот же ток, что и через резистор. $I_E = I_R = 2 \text{ мА}$ (1 балл)

2.5 Через точку F протекает тот же ток, что и на входе цепи, т.е. $I_F = 10 \text{ мА}$ (1 балл)

2.6 К резистору R параллельно подключены три последовательно соединённых вольтметра, каждый из которых показывает напряжение 4 В. Тогда $U_R = 3 \cdot 4 \text{ В} = 12 \text{ В}$. (1 балл)

2.7 По закону Ома для участка цепи: $I_R = U_R/R$. Отсюда $R = 12 \text{ В} / 2 \text{ мА} = 6 \text{ кОм}$. (1 балл)

2.8 По закону Ома для участка цепи: $I_V = U_V/R_V$. Через каждый вольтметр протекает одинаковый ток ($I_D = I_B = 4 \text{ мА}$). Отсюда $R_V = 4 \text{ В} / 4 \text{ мА} = 1 \text{ кОм}$ (1 балл)

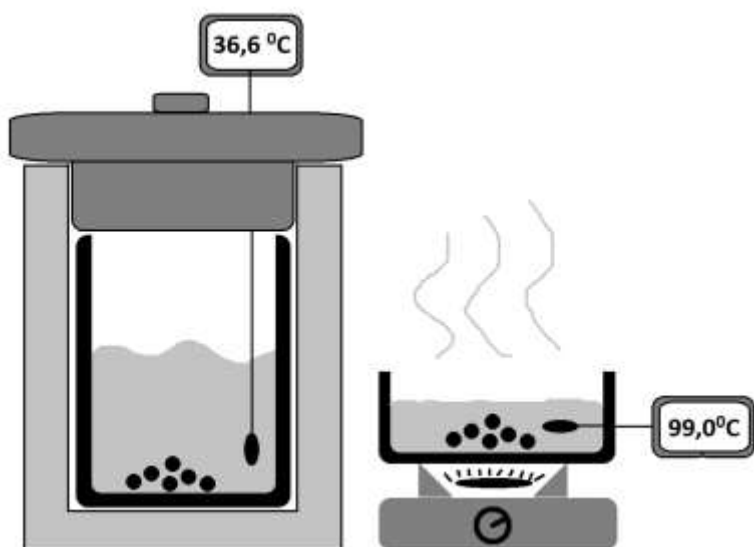
2.9 Чтобы найти сопротивление амперметра, найдём напряжение на амперметре и воспользуемся законом Ома для участка цепи с одним амперметром. Напряжение на амперметре равно разности потенциалов между точками В и D. $U_{BD} = U_A = (5 \cdot 4 \text{ В}) - (3 \cdot 4 \text{ В}) = 2 \cdot 4 \text{ В} = 8 \text{ В}$ (1 балл). По закону Ома для участка цепи находим $R_A = 8 \text{ В} / 2 \text{ мА} = 4 \text{ кОм}$ (1 балл)

2.10 Напряжение на внешнем источнике складывается из напряжений на нижних 5 вольтметрах и пяти амперметрах.

Следовательно, $U_{вх} = 5 \cdot U_V + U_A$ (1 балл) = $5 \cdot 4 + 8 = 28$ В (1 балл)

2.11 Чтобы найти полное сопротивление, воспользуемся законом Ома для участка цепи, содержащего внешний источник. $I_{полн} = U_{вх} / R_{полн}$ (2 балла). Отсюда $R_{полн} = 28В / 10мА = 2.8$ кОм (1 балл)

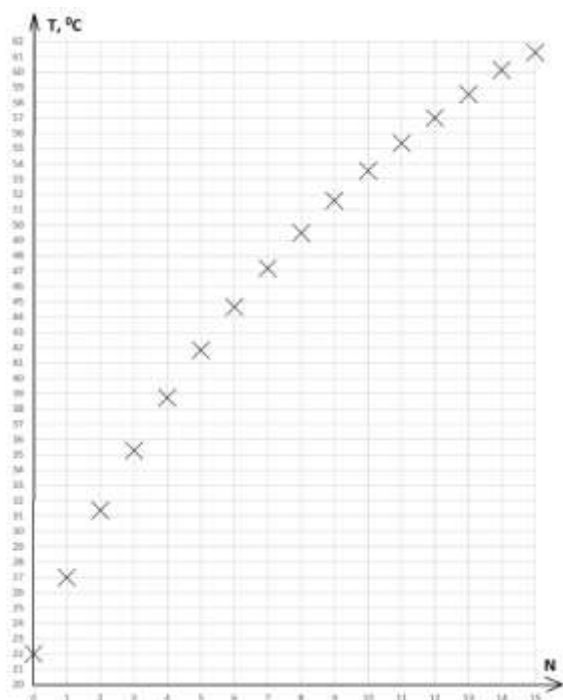
3. Экспериментатор Кирилл и 36 шариков (10 баллов)



Экспериментатор Кирилл проводит эксперименты по теплообмену. В теплоизолированный сосуд (калориметр), состоящий из пенопластовой основы и крышки (теплоёмкостями которых можно всегда пренебрегать), а также внутреннего толстостенного алюминиевого стакана (нужен для температурной однородности), налил 100 г

воды комнатной температуры. Далее Кирилл по очереди с большими интервалами времени в калориметр перемещал металлические шарики предварительно нагретые до $99,0^{\circ}\text{C}$ и очень аккуратно с хорошей точностью отмечал на графике крестиками зависимость установившейся температуры в калориметре от количества шариков в калориметре (см. график).

Удельная теплоемкость воды $4200 \text{ Дж/кг }^{\circ}\text{C}$.



номер	вопрос	ответ	Балл
3.1	Чему равна температура в комнате? Ответ укажите в $^{\circ}\text{C}$, округляя до целого числа	22	1
3.2	Насколько поменялась температура самого первого внесенного в калориметр шарика после установления равновесия? Ответ укажите в $^{\circ}\text{C}$, округляя до целого числа.	-72	1
3.3	Чему равна энергия, которую получила вода от первого шарика? Ответ укажите в Дж, округляя до целого числа	2100	1
3.4	Оцените теплоёмкость шарика, если пренебречь собственной теплоемкостью калориметра	29	1

(теплоемкость внутреннего стакана считать равным нулю). Ответ укажите в Дж/°С, округляя до целого числа.			
--	--	--	--

Решение следующих пунктов задачи необходимо оформить письменно, сфотографировать (отсканировать) и загрузить в систему.

3.5. Дополнительно Кирилл провел еще один эксперимент. В пустой калориметр комнатной температуры налил 100 мл кипящий воды и тут же закрыл крышкой. Температура установилась 67,5 °С. Определите теплоёмкость калориметра, а затем и теплоемкость шариков. Оформите решение данного пункта на отдельном листке. (2 балла)

3.6. Какая температура установится в калориметре в первом эксперименте после перемещения в него 36 шариков? Оформите решение данного пункта на отдельном листке. (2 балла)

3.7. Какой по счету шарик увеличит температуру системы в первом эксперименте ровно на 1 °С? Оформите решение данного пункта на отдельном листке. (2 балла)

РЕШЕНИЕ:

3.1 Когда ни один шарик не брошен, термометр показывает комнатную температуру Т. Её находим по графику.

3.5 Запишем уравнение теплового баланса для системы калориметр-кипяток:

$$C_k(T_{67,5} - T_{22}) + C_v m_v (T_{67,5} - T_{100}) = 0 \quad (0,5 \text{ балла})$$

Откуда получаем теплоёмкость калориметра:

$$C_k = -C_v m_v (T_{67,5} - T_{100}) / (T_{67,5} - T_{22}) = \\ = 4200 * 0,1 * (100 - 67,5) / (67,5 - 22) = 300 \text{ Дж/С} \quad (0,5 \text{ балла})$$

Зная теплоемкость калориметра, запишем в уравнение теплового баланса для системы с одним шариком и калориметром с водой (1 опыт):

$$C_k(T_{27} - T_{22}) + C_v m_v (T_{27} - T_{22}) + C_{ш}(T_{27} - T_{99}) = 0 \quad (0,5 \text{ балла})$$

Из этого уравнения выразим теплоемкость шарика:

$$C_{ш} = (C_k(T_{27} - T_{22}) + C_v m_v (T_{27} - T_{22})) / (T_{99} - T_{27}) = \\ = (300 + 4200 * 0,1) * (27 - 22) / (99 - 27) = 50 \text{ Дж/С} \quad (0,5 \text{ балла})$$

3.6 Запишем уравнение теплового баланса для системы калориметр+вода+36 шариков:

$$C_k(T_x - T_{22}) + C_v m_v (T_x - T_{22}) + 36C_{ш}(T_x - T_{99}) = 0 \quad (1 \text{ балл})$$

Найдем установившуюся температуру Т_х:

$$T_x = (C_k T_{22} + C_v m_v T_{22} + 36C_{ш} T_{99}) / (C_k + C_v m_v + 36C_{ш}) = \\ = ((300 + 4200 * 0,1) * 22 + 36 * 50 * 99) / (300 + 4200 * 0,1 + 36 * 50) = 77^\circ\text{С} \quad (1 \text{ балл})$$

3.7 Пусть N-ый шарик увеличивает температуру системы на t=1°С. Запишем дважды уравнение теплового баланса для N-1 шарика и для Nго:

$$C_k(T_x - T_{22}) + C_v m_v (T_x - T_{22}) + (N-1)C_{ш}(T_x - T_{99}) = 0$$

$$C_k(T_x + t - T_{22}) + C_v m_v (T_x + t - T_{22}) + NC_{ш}(T_x + t - T_{99}) = 0 \quad (0,5 \text{ балла})$$

Выразим Т_х из этих уравнений:

$$T_x = (C_k T_{22} + C_v m_v T_{22} + (N-1)C_{ш} T_{99}) / (C_k + C_v m_v + (N-1)C_{ш})$$

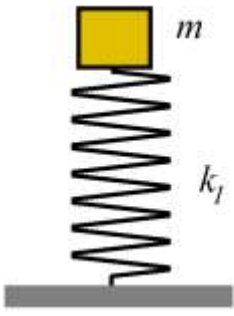
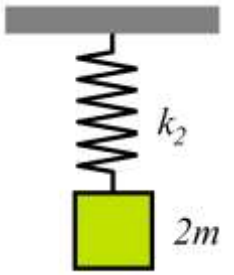
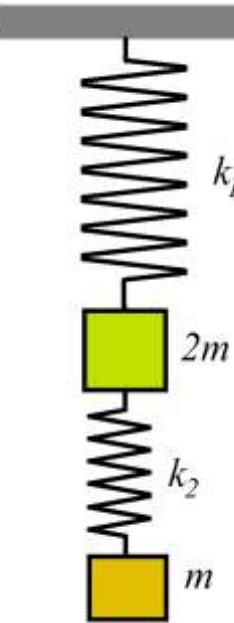
$$T_x + t = (C_k T_{22} + C_v m_v T_{22} + NC_{ш} T_{99}) / (C_k + C_v m_v + NC_{ш}) \quad (0,5 \text{ балла})$$

Подставим верхнее в нижнее и получим одно уравнение с одним неизвестным, решим его. (0,5 балла)

Получим $N=19$ (можно считать правильными ответами еще $N=18$ и $N=20$). (0,5 балла)

4.Теоретик Лёша и пружинки (4 балла)

У теоретик Лёша взял в лаборатории у экспериментатора Кирилла две гири массы m и $2m$ и две пружинки. Коэффициент жёсткости одной пружинки Лёша знал $k_1 = 100$ Н/м, а как настоящий теоретик коэффициент жесткости второй он обозначил k_2 . Весами пользоваться Лёша умел и определил, что $m = 200$ г. А дальше Алексей придумал несколько задач, решил их и проверил их экспериментально. Эти задачи предлагаются вам.

№	Вопрос	Ответ	Балл
4.1.	 <p>Тело массы m помещено на пружину с коэффициентом жёсткости k_1. Найти величину деформации пружины (см).</p>	2	1
4.2.	 <p>Тело массой $2m$ прикреплено к нижнему концу пружины жесткости k_2. Верхним концом пружина прикреплена к потолку. Величина деформации пружины в этом случае оказалось в три раза больше, чем величина деформации пружины k_1 в первом случае. Найти коэффициент жесткости второй пружины (Н/м). Ответ округлить до целого.</p>	67	1
4.3.	 <p>Из двух пружин и двух тел собрана система, подвешенная к потолку и показанная на рисунке. Определить величины деформаций обеих пружин. В ответе сначала записать величину деформации первой пружины, затем через точку с запятой (;) величину деформации второй пружины. Единицы измерения ответов – см.</p>	6; 3	2

РЕШЕНИЕ:

4.1. В первом случае величину деформации пружины определяем из условия равновесия тела массой m

$$mg = k_1 x_1;$$
$$x_1 = \frac{mg}{k_1}; \quad x_1 = 2 \text{ см.}$$

4.2. Во втором случае коэффициент упругости второй пружины определяется из условия равновесия тела $2m$

$$2mg = k_2 3x_2;$$
$$k_2 = \frac{2}{3} k_1; \quad k_2 = 66,7 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

4.3. В третьем случае величину деформации второй пружины найдем из условия равновесия тела m

$$mg = k_2 x'_2;$$
$$x'_2 = \frac{mg}{k_2} = \frac{3}{2} x_1; \quad x'_2 = 3 \text{ см.}$$

Величину деформации первой пружины найдем из условия равновесия тела массой $2m$

$$k_1 x'_1 = 2mg + k_2 x'_2 = 2mg + mg = 3mg;$$

$$x_{11} = x_1; \quad x'_{11} = 6 \text{ см.}$$

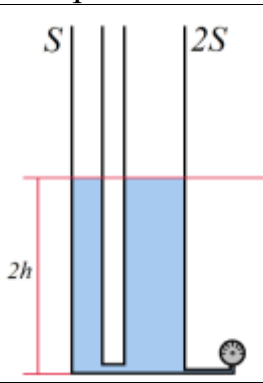
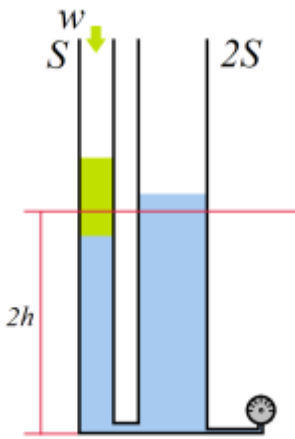
5. Теоретик Лёша изучает манометр (7 баллов)

Теоретик Лёша решил изготовить самодельный манометр. Две жесткие трубки сечения S и $2S$ он соединил внизу гибкой трубкой пренебрежимо малого объема. Затем в обе трубки он налил жидкость плотности ρ . В тетради появилась следующая запись «в начальный момент времени ($t = 0$) в обеих трубках находится жидкость плотности ρ , ее уровень равен $2h$, $h = 10$ см, $S = 10$ см²».

В стенку правой трубки вблизи дна Алексей вмонтировал манометр.

После этого в левую трубку, сечение которой равно S , Лёша стал медленно и равномерно наливать жидкость плотности $0,8\rho$, причём объем, который поступает за одну секунду, равен w , причём $w = 0,1$ л/с.

Примечание: манометр – это прибор, измеряющий давление.

№	Вопрос	Ответ	Балл
5.1.	 <p>Определите показания манометра при $t = 0$ (Па).</p>	2000	1
5.2.	 <p>Через сколько времени в левой трубке окажется только жидкость плотности $0,8\rho$ (с). Ответ дайте с точностью до сотых.</p>	3,75	2
5.3.	<p>Чему будут равны показания манометра в тот момент времени, когда вся жидкость плотности ρ будет вытеснена в правую трубку (Па).</p>	3000	1

Решение следующего пункта задачи необходимо оформить письменно, сфотографировать (отсканировать) и загрузить в систему.

Как с течением времени меняются показания манометра? Построить график этой зависимости. (3 балла)

РЕШЕНИЕ:

5.1. В начальный момент времени в правом колене находится жидкость плотности ρ , высота уровня которой $2h$, поэтому показания манометра (давление в правом колене вблизи дна) равны

$$p_0 = 2\rho gh; p_0 = 2000 \text{ Па.}$$

5.2. Полный объём жидкости плотности ρ равен

$$2hS + 2h2S = 6hS.$$

В тот момент времени, когда она полностью вытеснена в правое колено, её уровень равен

$$\frac{6hS}{2S} = 3h.$$

В этот момент времени давление на дно в правом колене равно

$$p_{\text{прав}} = 3\rho gh.$$

В левом колене в это время будет только жидкость плотности $0,8\rho$, её давление вблизи дна должно быть таким же, как в правом колене, поэтому для определения уровня жидкости в левом колене можно записать

$$0,8\rho gh_{\text{лев}} = 3\rho gh.$$

Уровень жидкости в левом колене равен

$$h_{\text{лев}} = \frac{3}{0,8}h = \frac{15}{4}h; \quad h_{\text{лев}} = 37,5 \text{ см.}$$

Для создания такого уровня в левое колено должен поступить объём жидкости

$$\frac{15}{4}Sh.$$

Время τ для поступления такого объёма равно

$$\tau = \frac{\frac{15}{4}Sh}{w}; \quad \tau = 3,75 \text{ с.}$$

5.3. Показания манометра в тот момент времени, когда вся жидкость плотности ρ будет вытеснена в правую трубку (уровень жидкости плотности ρ равен $3h$) равны

$$p_1 = 3\rho gh; \quad p_1 = 3000 \text{ Па.}$$

5.4. В левой части уровень жидкости плотности ρ понижается, в правой повышается. Если в левом колене уровень жидкости понизился на $2y$, то в правом повысился на y . (0,5)

Тогда давление вблизи дна в левом колене с течением времени меняется по закону (0,5 балла)

$$p_{\text{лев}} = \rho g(2h - 2y) + 0,8\rho g \frac{w}{S} t.$$

В правом колене давление вблизи дна равно (0,5 балла)

$$p_{\text{прав}} = \rho g(2h + y).$$

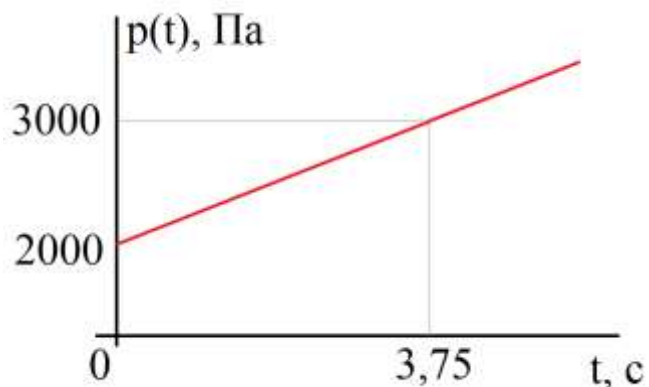
Из условия одинаковости давлений находим y

$$y = \frac{4}{15} \frac{w}{S} t.$$

Тогда с течением времени давление в правом колене, а, следовательно, и показания манометра меняются по закону

$$p_{\text{прав}} = \rho g(2h + y) = p_0 + \frac{4}{15} \rho g \frac{w}{S} t.$$

Подставив значения, получим



$$p_{\text{прав}}(t) = 2000 + 266,7 \cdot t.$$

График этой зависимости – прямая линия.

Наличие линейной зависимости, оформленной в виде формулы (1 балл), идея линейной зависимости без обоснования – не более 0,25 балла. График – 0,5 балла. В сумме график с аккуратными ключевыми точками и обоснованной линейной зависимостью – до 1,5 баллов.

6. Просто задача (4 балла)

Тело с внешним объемом $6V_0$, изготовленное из материала с плотностью ρ , имеет внутреннюю полость, заполненную материалом плотности 3ρ . Масса тела равна $10\rho V_0$.

№	Вопрос	Ответ	балл
6.1	Во сколько раз объем полости меньше объема тела?	3	1
6.2.	Во сколько раз средняя плотность тела больше плотности материала внешней оболочки? Ответ округлить до сотых.	1,67	1
6.3.	Пусть плотность внешней оболочки равна $\rho = 3000$ кг/м ³ . Объем тела по-прежнему $6V_0$. При каком минимальном объеме пустой полости тело будет плавать в воде? Плотность воды равна $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м ³ . В ответе следует указать, во сколько раз объем полости должен быть больше объема V_0 .	4	2

РЕШЕНИЕ:

6.1. Выразим массу тела через известные плотности и объемы, объем полости обозначим $V_{\text{пол}}$

$$10\rho V_0 = 3\rho V_{\text{пол}} + \rho(6V_0 - V_{\text{пол}}).$$

Объем тела $6V_0$, а объем полости $V_{\text{пол}} = 2V_0$, что в три раза меньше.

$$\frac{V_{\text{тела}}}{V_{\text{пол}}} = \frac{6V_0}{2V_0} = 3$$

6.2. Определим среднюю плотность тела

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{10\rho V_0}{6V_0} = \frac{5}{3}\rho.$$

Следовательно, отношение средней плотности тела к плотности оболочки равно

$$\frac{\rho_{\text{ср}}}{\rho} = \frac{5}{3} = 2,17.$$

6.3. Чтобы тело плавало, его средняя плотность должна быть не больше плотности воды $\rho_{\text{воды}}$, поэтому можно записать

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho(6V_0 - V_{\text{пол}})}{6V_0} \leq \rho_{\text{воды}}.$$

Проделав математические преобразования, получим, что для плавания тела объем полости $V_{\text{пол}}$ должен быть больше или равен $4V_0$. Итак, минимальный объем равен $4V_0$.