

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «Робофест» по ФИЗИКЕ
ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП 2021-2022 года, вопросы по физике.
Ответы, решения и критерии оценивания (8 классы)

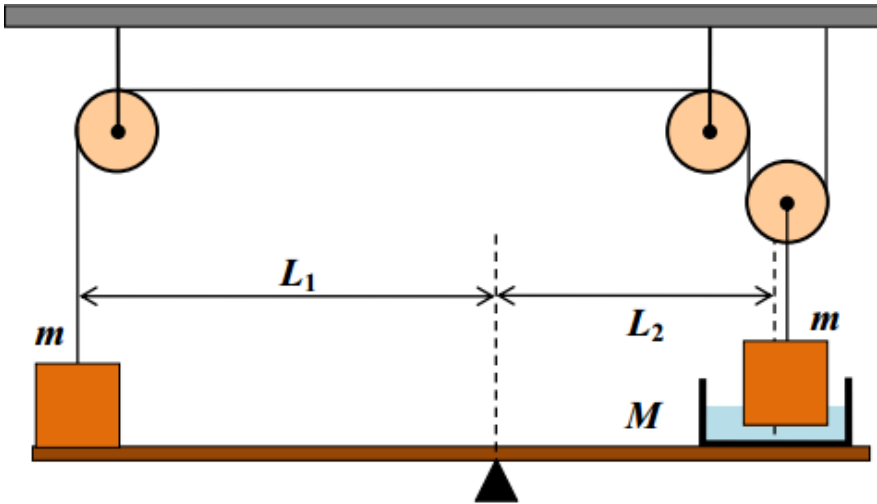
Вариант 2

1. Два одинаковых пластиковых цилиндра прикреплены к концам легкой нерастяжимой нити и подвешены к потолку с помощью трех идеальных блоков (см. рисунок). Первый цилиндр стоит на одной из сторон легкого рычага, а второй – опущен в сосуд с водой, который помещен на другую сторону того же рычага. Массы сосуда с водой и цилиндров относятся друг к другу как $M:m=5:8$. Расстояния от точки опоры рычага до центров площадей опоры первого груза и сосуда с водой $L_1:L_2=3:2$. Плотность пластика, из которого изготовлены цилиндры, в 2 раза меньше плотности воды. Система находится в равновесии.

1.1. Найдите отношение величин сил давления сосуда с водой и первого груза на рычаг $N_2:N_1$. Ответ запишите с точностью до десятых.

1.2. Найдите отношение величины силы тяжести, действующей на один груз, к величине силы натяжения нити $(mg):T$. Ответ запишите с точностью до целого значения.

1.3. Какая часть объема второго цилиндра находится под поверхностью воды в сосуде? Ответ запишите в процентах, с точностью до целого значения.



Возможное решение: Условие равновесия рычага позволяет ответить на первый вопрос:

$$L_1 N_1 = L_2 N_2 \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = \frac{3}{2} = 1,5.$$

Сила, действующая на левую сторону рычага со стороны груза, равна по величине силе, действующей на этот груз со стороны рычага, и ее можно найти из условия равновесия груза: $N_1 = mg - T$, где T – сила натяжения нити. Аналогично находим величину силы, действующей на правую сторону рычага со стороны дна сосуда (из условия равновесия сосуда с водой и погруженным в нее грузом): $N_2 = (M + m)g - 2T$. С учетом найденного ранее соотношения сил давления из этих уравнений находим силу натяжения нити: $T = (2M - m)g$. Таким образом,

$$\frac{mg}{T} = \frac{m}{2M - m} = \frac{1}{(5/4) - 1} = 4.$$

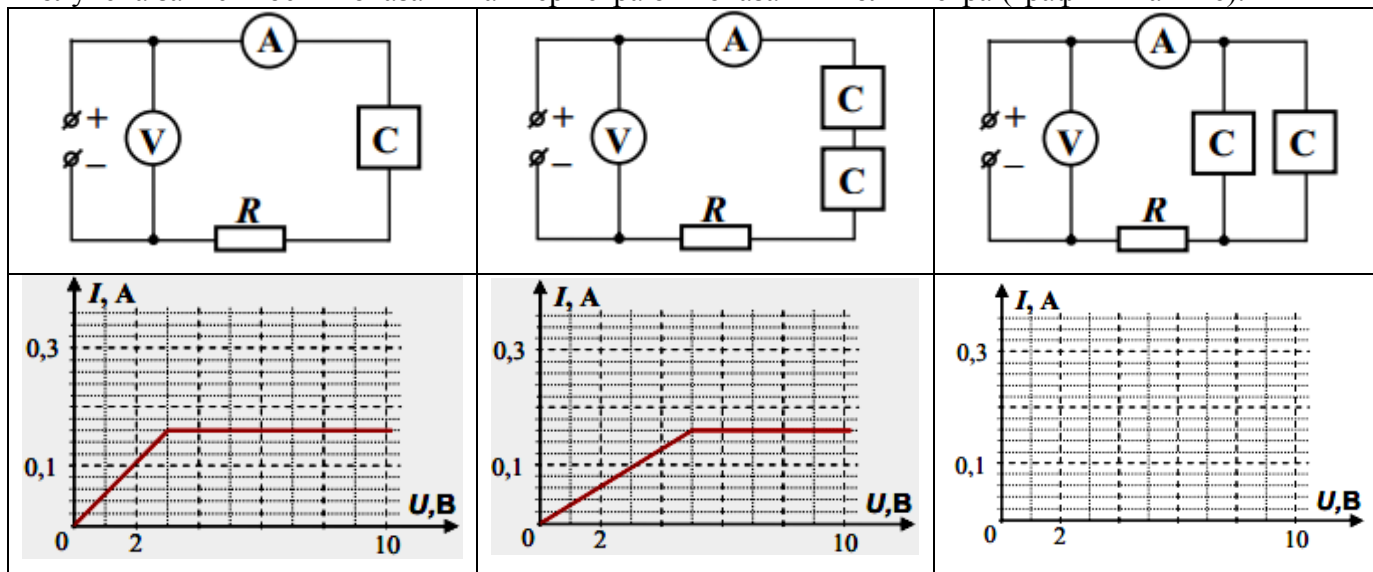
Запишем теперь условие равновесия груза, частично погруженного в воду $F_A + 2T = mg$, и найдем из него величину действующей на него силы Архимеда $F_A = (3m - 4M)g$. Так как по закону Архимеда $F_A = \rho_B V_{\text{погр}} g$, а $mg = \rho_{\text{пл}} V g$, то $\frac{V_{\text{погр}}}{V} = \frac{\rho_{\text{пл}}}{\rho_B} \frac{3m - 4M}{m} = \frac{1}{2} \frac{3 - (5/2)}{1} = 0,25$.

Итак, под водой находится 25% объема груза.

ОТВЕТЫ: 1.1. 1,5. 1.2. 4. 1.3. 25.

2. Стабилизатор тока – нелинейный элемент электрических цепей, то есть он не всегда подчиняется закону Ома. Пусть у нас есть два одинаковых стабилизатора, у которых существует

«пороговое» напряжение: если на стабилизатор подается напряжение меньше порогового, то сила текущего через него тока растет прямо пропорционально этому напряжению. При любых напряжениях, которые больше или равны пороговому, сила тока через стабилизатор остается неизменной. Для двух схем, в состав которых были включены эти стабилизаторы (левый и центральный столбцы таблицы ниже, стабилизаторы обозначены квадратом с буквой «С»), была получена зависимость показаний амперметра от показаний вольтметра (графики там же).



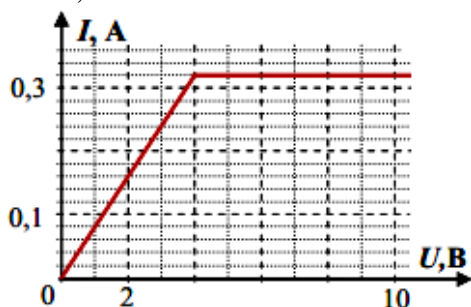
Считая амперметр и вольтметр идеальными, постройте график для аналогичной зависимости для третьей схемы (в правом столбце) и ответьте на вопросы:

- 2.1. Чему равна сила тока через амперметр в третьей схеме, если вольтметр показывает напряжение 5 В? Ответ запишите в амперах, с точностью до сотых.
- 2.2. Чему равна сила тока через амперметр в третьей схеме, если вольтметр показывает напряжение 2 В? Ответ запишите в амперах, с точностью до сотых.

Возможное решение: В случае с первой схемой ясно, что одинаковая сила тока для разных значений напряжения отвечает ситуации, когда напряжение на стабилизаторе больше или равно «пороговому» значению U_0 , а сила тока как раз равна упомянутой в условии неизменной величине, то есть $I_0 = 0,16\text{ A}$. Точка излома на графике соответствует напряжению на стабилизаторе, равному U_0 , то есть фиксируемое вольтметром напряжение $U_1 = U_0 + I_0 R = 3\text{ В}$.

Для второй схемы «неизменный» ток, текущий через два последовательно соединенных стабилизатора, очевидно, остается прежним (это видно и на графике), а точка излома отвечает $U_2 = 2U_0 + I_0 R = 5\text{ В}$. Значит, $U_0 = 2\text{ В}$, а $I_0 R = 1\text{ В}$.

Для третьей схемы график будет иметь аналогичный «пороговый» вид, но сила тока в «режиме стабилизации», когда напряжение на пара параллельно соединенных стабилизаторов больше или равно $U_0 = 2\text{ В}$, будет, конечно, равна $2I_0 = 0,32\text{ A}$. Точка излома на этом графике должна соответствовать напряжению $U_3 = U_0 + 2I_0 R = 4\text{ В}$, поэтому график имеет вид, показанный на рисунке. Пользуясь им, находим, что при $U = 5\text{ В}$ сила тока $I = 0,32\text{ A}$, а при $U = 2\text{ В}$ сила тока $I = 0,16\text{ A}$.



ОТВЕТЫ: 2.1. 0,32. 2.2. 0,16.

3. В трех одинаковых термосах находятся одинаковые количества жидкой воды с одинаковой температурой. В первый бросили кубик замороженного льда массой 48 г, во второй два точно таких же (по массе и температуре) кубика, а в третий – три. В первом термосе до установления равновесия растаяло 36 г льда, во втором – 22 г льда.

3.1. Какая масса льда растаяла в третьем термосе? Теплоемкостью колбы термоса пренебречь.

Ни один термос не переполняется. Ответ дайте в граммах, с точностью до целого значения.

3.2. Пусть все массы из условия известны с ошибкой не более 0,5 г. Оцените максимальную возможную ошибку полученного ответа на первый вопрос этого задания. В ответе поставьте:

- 1, если Вы считаете, что эта ошибка не более 0,25 г;
- 2, если Вы считаете что она более 0,25 г, но не более 0,5 г;
- 3, если Вы считаете что она более 0,5 г, но не более 1 г;
- 4, если Вы считаете что она более 1 г, но не более 1,5 г;
- 5, если Вы считаете что она более 1,5 г.

Возможное решение: Из данных задачи видно (масса растаявшего льда меньше массы брошенного), что в конечном состоянии в термосе лед и вода находятся в равновесии, то есть конечная температура содержимого термоса равна 0°C (вода остыла до этой температуры, а лед до начала таяния прогрелся до нее). Учитывая это, запишем уравнение теплового баланса для установления равновесия в первом термосе (обозначив M массу воды в термосе, m – массу кубика, $t_1 > 0^{\circ}\text{C}$ и $t_2 < 0^{\circ}\text{C}$ – начальные температуры воды и льда, m_1 – масса растаявшего льда): $c_B M t_1 = c_{\text{л}} m (-t_2) + \lambda m_1$, а также аналогичное уравнение для второго термоса: $c_B M t_1 = c_{\text{л}} 2m (-t_2) + \lambda m_2$. Из этих уравнений находим, что $c_{\text{л}} m (-t_2) = \lambda (m_1 - m_2)$. Из первого уравнения и уравнения теплового баланса для установления равновесия в третьем термосе $c_B M t_1 = c_{\text{л}} 3m (-t_2) + \lambda m_3$ аналогично получим $2c_{\text{л}} m (-t_2) = \lambda (m_1 - m_3)$. Из двух полученных соотношений находим массу льда, растаявшего в третьем термосе $m_3 = 2m_2 - m_1 = 8$ г. Видно, что лед все же начал таять, так что конечная температура действительно равна 0°C .

При подстановке числовых значений масс в полученную формулу максимальная допустимая (при указанной ошибке измерения) величина $m_{2\text{max}} = m_2 + \Delta m = 22,5$ г, а минимальная возможная величина $m_{1\text{min}} = m_1 - \Delta m = 35,5$ г. Значит, максимальная возможная величина $m_{3\text{max}} = 2m_2 - m_1 + 3\Delta m = 9,5$ г. Аналогичное рассуждение показывает, что $m_{3\text{min}} = 2m_2 - m_1 - 3\Delta m = 6,5$ г. То есть ошибка в определении m_3 не превышает 1,5 г, что отвечает предложению 4.

ОТВЕТЫ: 3.1. 8. 3.2 4.

4. Световое излучение – это разновидность *электромагнитных волн*, причем разные цвета отличаются друг от друга *длиной волны* λ (это расстояние между двумя «гребнями» волны). В таблице ниже приведена связь между длиной волны в нанометрах ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$) и видимым цветом:

красный	оранжевый	желтый	зеленый	голубой	синий	фиолетовый
625–740 нм	590-625 нм	565-590 нм	500-565 нм	485-500 нм	440-485 нм	380-440 нм
78%	77%	75%	72%	68%	62%	54%

«Белый цвет» - это равномерная смесь всех этих цветов, то есть в «белом» световом пучке во всем диапазоне длин волн от 380 нм до 740 нм на одинаковые интервалы ее значений $\Delta\lambda$ приходится одинаковые доли от общей *интенсивности* пучка I (так называют энергию светового излучения, проходящую за единицу времени через единицу площади поперечного сечения пучка). Пусть белый свет падает на поверхность зеркала, которую мы разглядываем через «зеленый» светофильтр (то есть этот светофильтр пропускает «зеленые» световые лучи практически без потери энергии, а все остальные поглощает или отражает). В нижней строке таблицы указано, какую долю падающей энергии (в процентах) отражает зеркало для диапазона длин волн, соответствующему каждому из цветов. Определите, какую часть от интенсивности падающего на зеркало света составляет интенсивность света, прошедшего светофильтр. Ответ запишите в процентах, с точностью до целого значения.

Возможное решение: Обратим внимание, что определения интенсивности света после светофильтра мы можем не рассматривать никакие лучи, кроме «зеленых», так как все остальные лучи не пройдут светофильтр. Поэтому сразу заметим, что, если интенсивность исходного белого светового пучка принять равной I_0 , то интенсивность «зеленого» света в этом пучке

$$I' = \frac{65\text{нм}}{360\text{нм}} I_0 = \frac{13}{72} I_0. \text{ Здесь } 65 \text{ нм} = 565 \text{ нм} - 500 \text{ нм} \text{ соответствуют ширине диапазона длин волн}$$

зеленого цвета, а $360 \text{ нм} = 740 \text{ нм} - 380 \text{ нм}$ есть полная ширина диапазона длин волн видимого света (то есть всех цветов, составляющих белый цвет). При отражении от зеркала эта интенсивность понизится (в соответствии с таблицей) до $I'' = 0,72 \cdot I' = 0,13 \cdot I_0$. Итак, интенсивность света, прошедшего светофильтр, составляет 13% от интенсивности света, падающего на зеркало.

ОТВЕТ: 13.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ варианта 2:

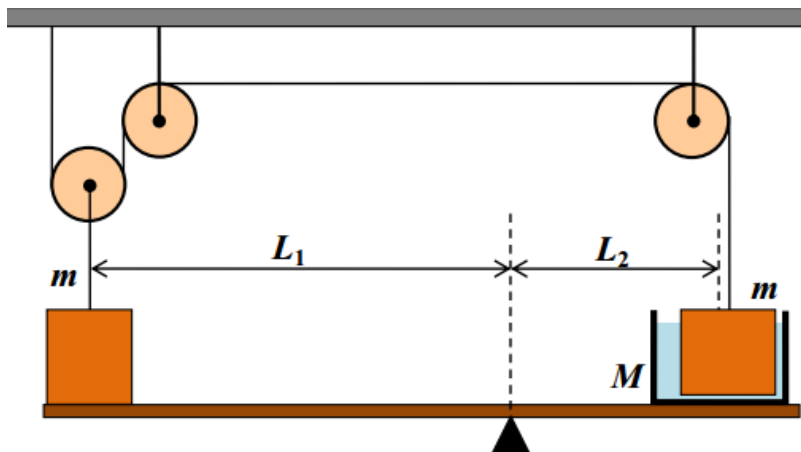
вопрос	ответ участника	балл
1.1	1,5	2
	1	1
1.2	4	4
	3 или 5	2
1.3	25	4
	от 22 до 24 или от 26 до 28	2
2.1	0,32	6
	0,31 или 0,33	3
2.2	0,16	10
	0,15 или 0,17	5
3.1	8	10
	7 или 9	5
3.2	4	4
	3	2
4	13	10
	12 или 14	5
Максимальная оценка		50

Вариант 6

1. Два одинаковых пластиковых цилиндра массой по $m = 2$ кг прикреплены к концам легкой нерастяжимой нити и подвешены к потолку с помощью трех идеальных блоков (см. рисунок). Первый цилиндр стоит на одной из сторон легкого рычага, а второй – опущен в сосуд с водой, который помещен на другую сторону того же рычага. Массы сосуда с водой $M = 0,5$ кг.

Расстояния от точки опоры рычага до центров площадей опоры первого груза и сосуда с водой относятся как $L_1:L_2=2:1$. Плотность пластика, из которого изготовлены цилиндры, в 1,2 раза больше плотности воды. Система находится в равновесии.

- 1.1. Найдите отношение величин сил давления сосуда с водой и первого груза на рычаг $N_2:N_1$. Ответ запишите с точностью до целого значения.
- 1.2. Считая ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, найдите величину силы натяжения нити. Ответ запишите в ньютонах с точностью до целого значения.
- 1.3. Какая часть объема второго цилиндра находится под поверхностью воды в сосуде? Ответ запишите в процентах, с точностью до целого значения.



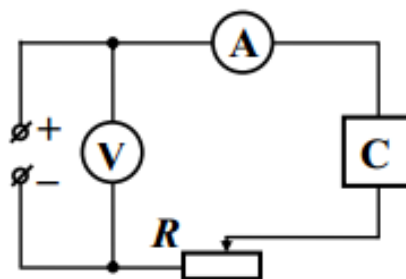
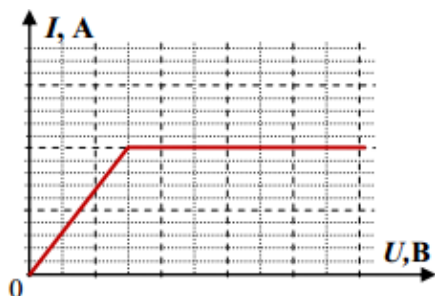
Решение может быть полностью аналогично решению задачи 1 из варианта 2.

ОТВЕТЫ: 1.1. 2. 1.2. 5. 1.3. 90.

2. Стабилизатор тока – нелинейный элемент электрических цепей, то есть он не всегда подчиняется закону Ома. Школьники нашли в лаборатории стабилизатор тока и паспорт к нему. Однако текст и многие надписи в паспорте выцвели, и они не смогли прочитать числа в подписях к осям на графике ВАХ стабилизатора, показанной на рисунке слева. Тогда они собрали цепь по схеме, приведенной на правом рисунке, и измерили с помощью практически идеальных приборов напряжение и силу тока при разных сопротивлениях реостата. Результаты измерений они занесли в таблицу:

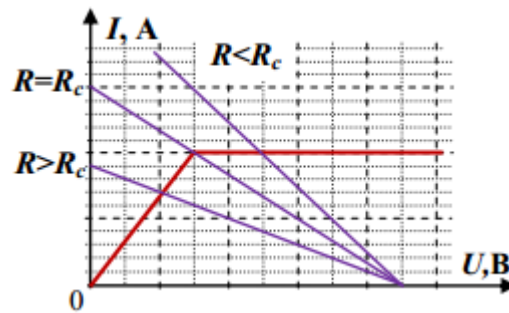
$R, \text{ Ом}$	15	30	45
$U, \text{ В}$	$9,0 \pm 0,1$	$9,0 \pm 0,1$	$9,0 \pm 0,1$
$I, \text{ А}$	$0,20 \pm 0,01$	$0,20 \pm 0,01$	$0,15 \pm 0,01$

- 2.1. Найдите величину силы тока, соответствующей участку стабилизации (на графике – параллельный оси напряжений). Ответ запишите в А, с точностью до сотых.
- 2.2. Предскажите величину силы тока, которую покажет амперметр при $R = 60 \text{ Ом}$. Ответ запишите в А, с точностью до сотых.



Возможное решение: Постоянство напряжения, фиксируемого вольтметром, в данной схеме означает, что напряжение источника практически не зависит от сопротивления нагрузки, то есть источник можно считать идеальным и не учитывать его внутреннее сопротивление. Более того, ясно, что напряжение, создаваемое этим идеальным источником равно $U_0 \approx 9,0 \text{ В}$.

Напряжение на стабилизаторе равно $U = U_0 - IR$, и поэтому сила тока при каждом значении определяется точкой пересечения прямой $I = \frac{U_0 - U}{R}$ с графиком ВАХ стабилизатора. Представив себе ход этой прямой, можно заметить, что существует «критическое» значение сопротивления резистора R_c , при котором эта прямая проходит точно через точку излома ВАХ стабилизатора (U_c, I_c). При любом $R < R_c$ сила тока в цепи равна I_c . Из результатов измерений видно, что значения 15 Ом и 30 Ом принадлежат области $R \leq R_c$, и $I_c = 0,2$ А.



На наклонном участке ВАХ зависимость напряжения от силы тока можно описать выражением $U = \frac{I}{I_c} U_c$. Значит, сила тока определяется из уравнения $U_0 - IR = \frac{I}{I_c} U_c$, откуда ясно, что при

$R > R_c$ сила тока убывает с ростом R по закону $I = \frac{U_0}{(U_c / I_c) + R}$. Ясно, что значение 45 Ом и 60

Ом относится к этой области, то есть $0,15 \text{ А} \approx \frac{9,0 \text{ В}}{(U_c / I_c) + 45 \text{ Ом}}$. Следовательно $\frac{U_c}{I_c} \approx 15 \text{ Ом}$, и

$U_c \approx 3,0 \text{ В}$. Теперь можно предсказать силу тока при $R = 60 \text{ Ом}$: $I \approx \frac{9,0 \text{ В}}{15 \text{ Ом} + 60 \text{ Ом}} = 0,12 \text{ А}$.

ОТВЕТЫ: 2.1. 0,20. 2.2. 0,12.

3. В двух одинаковых термосах находятся по 100,0 г льда с температурой 0°C . В первый термос налили 200,0 г горячей воды, и после установления равновесия температура содержимого термоса оказалась равна 40°C . Во второй термос налили 300,0 г воды с той же температурой. Известно, что удельная теплоемкость воды равна $4,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$, а удельная теплота плавления использованного льда – $336 \text{ кДж}/\text{кг}$.

3.1. Какая температура установится во втором термосе? Теплоемкостью колбы термоса пренебречь. Ни один термос не переполняется. Ответ дайте в $^\circ\text{C}$, с точностью до целого значения.

3.2. Пусть все массы из условия известны с ошибкой не более 0,1 г, характеристики воды и льда можно считать точными, а температура в первом термосе была измерена с ошибкой не более 1°C . Оцените максимальную возможную ошибку полученного ответа на первый вопрос этого задания. В ответе поставьте:

- 1, если Вы считаете, что эта ошибка не более $0,5^\circ\text{C}$;
- 2, если Вы считаете что она более $0,5^\circ\text{C}$, но не более 1°C ;
- 3, если Вы считаете что она более 1°C , но не более 2°C г;
- 4, если Вы считаете что она более 2°C , но не более 3°C ;
- 5, если Вы считаете что она более 3°C .

Возможное решение: Введем обозначения: M – начальная масса льда, m_1 – масса горячей воды, залитой в первый термос, c – удельная теплоемкость воды, а λ – удельная теплота плавления льда. Пусть также t_0 – начальная температура горячей воды. Уравнение теплового баланса для установления равновесия в первом термосе, в котором установилась температура t_1 , имеет вид

$M(\lambda + ct_1) = cm_1(t_0 - t_1)$. Из него следует, что $t_0 = \frac{M \lambda}{m_1 c} + \frac{M + m_1}{m_1} t_1$. Ясно, что для второго

термоса это уравнение будет аналогичным, то есть $t_0 = \frac{M \lambda}{m_2 c} + \frac{M + m_2}{m_2} t_2$. Приравняв левые

части этих выражений, находим, что $t_2 = \frac{M(m_2 - m_1) \lambda}{m_1(M + m_2) c} + \frac{m_2(M + m_1)}{m_1(M + m_2)} t_1 = \frac{1}{8} \frac{\lambda}{c} + \frac{9}{8} t_1 = 55^\circ\text{C}$.

При подстановке числовых значений масс и температур в полученные формулы в первую очередь заметим, что влияние на ошибку результата ошибок в измерении температуры намного сильнее, чем ошибок в определении масс (Δm составляет от значений масс не более 0,1%, а Δt – это 2,5 % от значения t_1). Поэтому для оценки точности можно пренебречь ошибками измерения массы и считать, что мы определяем итоговый результат по формуле $t_2 = \frac{1}{8} \frac{\lambda}{c} + \frac{9}{8} t_1$. Значит, максимальная допустимая (при указанной ошибке измерения t_1) величина $t_{2\max} = 10^\circ\text{C} + \frac{9}{8}(t_1 + \Delta t) = 56,125^\circ\text{C}$, а минимальная возможная величина $t_{2\min} = 10^\circ\text{C} + \frac{9}{8}(t_1 - \Delta t) \approx 53,875^\circ\text{C}$. Таким образом, ошибка в определении t_2 не превышает $1,125^\circ\text{C}$, что соответствует предложению 3.

ОТВЕТЫ: 3.1. 55. 3.2 3.

4. Сила тока фотодатчика прямо пропорциональна энергии светового излучения, поступающего в его «входное окно» в единицу времени. Этот датчик разместили на некотором расстоянии от маленькой лампы, излучающей свет одинаково во всех направлениях, развернули прямо на центр лампы, и ток датчика оказался равен 9 мА. Датчик отодвинули от лампы на 2 м, так что он по-прежнему был направлен прямо на ее центр. Сила тока фотодатчика стала равна 4 мА. Тогда его отодвинули от лампы еще на 6 м, сохранив направление на центр лампы. Какой будет сила тока датчика? Воздух между лампой и фотодатчиком считать полностью прозрачным. Ответ запишите в мА, с точностью до целого значения.

Возможное решение: По мере удаления от лампы площадь поверхности сферы, по которой распределена энергия излучения, растет пропорционально квадрату ее радиуса. Поэтому мощность излучения лампочки, попадающего в окно фотодатчика, расположенного на расстоянии r от нее, убывает обратно пропорционально r^2 , и точно так же убывает сила тока фотодатчика. Так как при отодвигании датчика на 2 м сила тока уменьшилась в 9/4 раза, то расстояние от лампы до датчика при отодвигании увеличилось в $\sqrt{\frac{9}{4}} = 1,5$ раза. Это означает, что 2 м – это в точности половина начального расстояния от лампы до датчика. После отодвигания еще на 6 м расстояние станет уже в 3 раза больше начального, и поэтому сила тока фотодатчика станет в 9 раз меньше начальной, то есть 1 мА.

ОТВЕТ: 1.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ варианта 6:

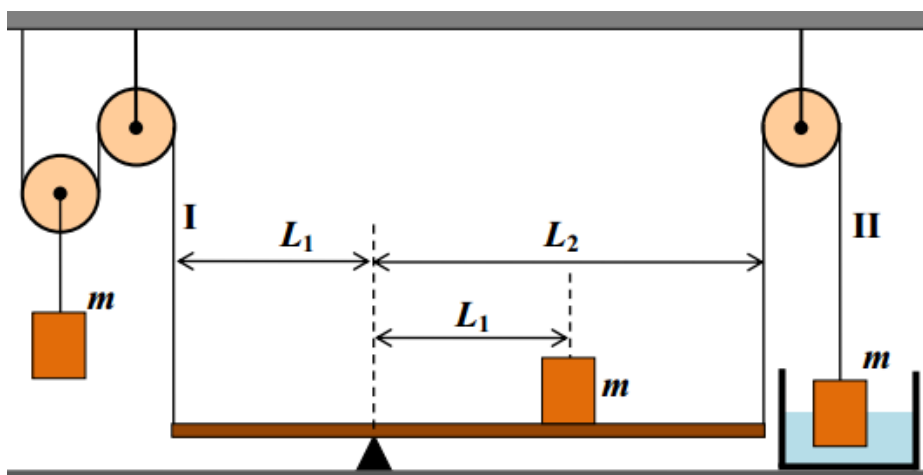
вопрос	ответ участника	балл
1.1	2	2
	3	1
1.2	5	4
	4 или 6	2
1.3	90	6
	от 80 до 89 или от 91 до 95	3
2.1	0,20	4
	0,15	2

2.2	0,12	10
	от 0,10 до 0,11 или от 0,13 до 0,14	5
3.1	55	10
	от 50 до 54 или от 56 до 60	5
3.2	3	4
	2 или 4	2
4	1	10
	2	5
Максимальная оценка		50

Вариант 10

1. К двум концам легкого рычага прикреплены две легких нерастяжимых нити, на которых с помощью трех идеальных блоков подвешены к потолку два одинаковых пластиковых цилиндра массой по $m = 800$ г. Один из них (будем называть его «вторым», и аналогично – «второй» – будем называть нить, на которой он подвешен) опущен в сосуд с водой, стоящий рядом с рычагом. Еще один («третий») такой же цилиндр поставлен на правую сторону рычага (см. рисунок). Расстояния от точки опоры рычага до первой и второй нити относятся как $L_1:L_2=1:2$, центр площади основания третьего цилиндра находится на расстоянии L_1 от точки опоры рычага. Плотность пластика, из которого изготовлены цилиндры, в 2 раза больше плотности воды. Система находится в равновесии. Ускорение свободного падения считать равным $g = 10$ м/с²

- 1.1. Найдите величину силы натяжения первой нити T_1 . Ответ запишите в ньютонах с точностью до целого значения, без указания единиц измерения.
- 1.2. Найдите величину силы натяжения второй нити T_2 . Ответ запишите в ньютонах с точностью до целого значения, без указания единиц измерения.
- 1.3. Какая часть объема второго цилиндра находится под поверхностью воды в сосуде? Ответ запишите в процентах, с точностью до целого значения.



Возможное решение: Условие равновесия первого груза (прикрепленного к подвижному блоку) дает: $2T_1 = mg \Rightarrow T_1 = \frac{mg}{2} \approx 4$ Н.

Условие равновесия рычага $L_1T_1 + L_1mg = L_2T_2$ с учетом найденной ранее силы натяжения T_1 позволяет найти и силу натяжения второй нити: $T_2 = \frac{1}{2}(T_1 + mg) = \frac{3mg}{4} \approx 6$ Н.

Запишем теперь условие равновесия второго груза, частично погруженного в воду $F_A + T_2 = mg$, и найдем из него величину действующей на него силы Архимеда $F_A = \frac{mg}{4}$. Так как по закону

Архимеда $F_A = \rho_B V_{погр} g$, а $mg = \rho_{пл} V g$, то $\frac{V_{погр}}{V} = \frac{\rho_{пл}}{\rho_B} \frac{1}{4} = 0,5$. Итак, под водой находится 50% объема второго груза.

ОТВЕТЫ: 1.1. 4. 1.2. 6. 1.3. 50.

2. Школьники нашли в лаборатории полупроводниковый диод и его описание. Однако текст в описании сохранился не полностью: они узнали, что ВАХ диода с хорошей точностью описывается выражением $I(U) = I_0 \frac{U}{U_0}$ при $U < U_0$, а увеличение силы тока выше I_0

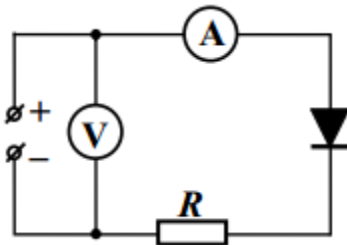
происходит практически без увеличения напряжения (можно считать, что при всех $I > I_0$ $U = U_0$). Однако они не смогли выяснить, каковы значения U_0 и I_0 . Тогда они собрали цепь по схеме, приведенной на рисунке, и измерили с помощью практически идеальных приборов напряжение и силу тока при разных сопротивлениях реостата. Результаты измерений они занесли в таблицу:

$R, \text{ Ом}$	5	10	20
$U, \text{ В}$	$4,5 \pm 0,1$	$4,5 \pm 0,1$	$4,5 \pm 0,1$
$I, \text{ А}$	$0,60 \pm 0,01$	$0,30 \pm 0,01$	$0,18 \pm 0,01$

2.1. Найдите величину U_0 . Ответ запишите в В, с точностью до десятых.

2.2. Найдите величину I_0 . Ответ запишите в А, с точностью до десятых.

2.3. Предскажите величину силы тока, которую покажет амперметр при $R = 40 \text{ Ом}$. Ответ запишите в А, с точностью до десятых.



Возможное решение: Постоянство напряжения, фиксируемого вольтметром, в данной схеме означает, что напряжение источника практически не зависит от сопротивления нагрузки, то есть источник можно считать идеальным и не учитывать его внутреннее сопротивление. Более того, ясно, что напряжение, создаваемое этим идеальным источником равно $U_{ист} \approx 4,5 \text{ В}$. Существуют два режима работы диода. В первом ток больше I_0 , а напряжение на диоде равно U_0 . С другой стороны, оно равно $U = U_{ист} - IR$. Поэтому, если диод находится в этом режиме, то произведение $IR = U_{ист} - U_0$ является постоянным. Из таблицы видно, что первые две точки относятся именно к этому режиму: $U_{ист} - U_0 = I_1 R_1 = I_2 R_2 \approx 3,0 \text{ В}$. Следовательно, $U_0 \approx 1,5 \text{ В}$.

Третья точка этим свойством не обладает ($I_3 R_3 \approx 3,6 \text{ В}$), то есть эта точка соответствует другому режиму работы диода, когда $U = U_{ист} - I_3 R_3 = 0,9 \text{ В} < U_0$. Сила тока при таком напряжении

$$I = I_0 \frac{U}{U_0} = 0,18 \text{ А} = I_0 \cdot 0,6. \text{ Значит, } I_0 \approx 0,3 \text{ А}.$$

При произвольной величине R в режиме $U < U_0$ сила тока определяется из уравнения

$$U_{ист} - IR = U_0 \frac{I}{I_0} \Rightarrow I = \frac{U_{ист} I_0}{U_0 + I_0 R}, \text{ и при } R = 40 \text{ Ом } I \approx 0,1 \text{ А}.$$

ОТВЕТЫ: 2.1. 1,5. 2.2. 0,3. 2.3. 0,1.

3. В термосе находился кипяток. В него засыпали порцию мокрого снега (смесь ледяных кристаллов и жидкой воды в равновесии), и после установления равновесия температура содержимого термоса стала равна $t_1 = 82,4^\circ\text{C}$. После засыпания еще одной такой же порции мокрого снега и установления равновесия температура упала до $t_2 = 68^\circ\text{C}$. Найдите долю (по массе) ледяных кристаллов в мокром снеге. Удельная теплоемкость воды $c \approx 4,2 \text{ Дж}/(\text{г}\cdot^\circ\text{C})$, удельная теплота плавления льда $\lambda \approx 336 \text{ Дж}/\text{г}$.

3.1. Найдите отношение начальной массы воды (кипятка) в термосе к массе одной порции мокрого снега. Ответ запишите в виде целого числа.

3.2. Найдите долю массы ледяных кристаллов от общей массы мокрого снега. Ответ дайте в процентах точно до целого значения.

3.3. Пусть температуры t_1 и t_2 из условия известны с ошибкой не более $0,1^\circ\text{C}$, характеристики воды и льда можно считать точными, а температура кипятка нам известна точно (давление строго равно нормальному атмосферному). Оцените максимальную возможную ошибку полученного ответа на первый вопрос этого задания. В ответе поставьте:

- 1, если Вы считаете, что эта ошибка не более 0,05;
- 2, если Вы считаете что она более 0,05, но не более 0,2;
- 3, если Вы считаете что она более 0,2, но не более 0,5;
- 4, если Вы считаете что она более 0,5, но не более 1,5;
- 5, если Вы считаете что она более 1,5.

Возможное решение: С самого начала ясно, что начальная температура кипятка $t_0 = 100^\circ\text{C}$, а температура мокрого снега равна 0°C . Введем обозначения: M – начальная масса кипятка в термосе, m – масса одной порции мокрого снега, n – массовая доля льда в мокром снеге. Запишем уравнение теплового баланса для определения температуры t_1 после засыпания одной порции: $cM(t_0 - t_1) = cmt_1 + \lambda nm$, и аналогичное для t_2 : $cM(t_0 - t_2) = c2mt_2 + \lambda n2m$. Умножив первое уравнение на 2 и вычитая из полученного равенства второе, находим:

$$\frac{M}{m} = \frac{2(t_1 - t_2)}{t_0 + t_2 - 2t_1} = 9.$$

Разделив эти два уравнения друг на друга, получаем уравнение на вторую искомую величину n :

$$\frac{2(t_0 - t_1)}{t_0 - t_2} = \frac{t_1 + (\lambda/c)n}{t_2 + (\lambda/c)n} \Rightarrow n = \frac{c}{\lambda} \frac{t_1(t_0 + t_2) - 2t_0t_2}{t_0 + t_2 - 2t_1} = 0,95. \text{ Таким образом, } n = 95 \%$$

Максимальная допустимая (при указанной ошибке измерения температур) величина

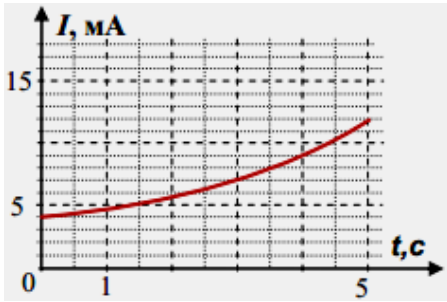
$$\left(\frac{M}{m}\right)_{\max} = \frac{2(82,5 - 67,9)}{167,9 - 165} \approx 10,07, \quad \text{а} \quad \text{минимальная} \quad \text{возможная} \quad \text{величина}$$

$$\left(\frac{M}{m}\right)_{\min} = \frac{2(82,3 - 68,1)}{168,1 - 164,6} \approx 8,11. \text{ Таким образом, максимальная ошибка в определении } \frac{M}{m} \text{ около}$$

1,1, что соответствует предложению 4.

ОТВЕТЫ: 3.1. 9. 3.2 95. 3.3. 4.

4. Сила тока фотодатчика прямо пропорциональна энергии светового излучения, поступающего в его «входное окно» в единицу времени. Этот датчик разместили на небольшом роботе модели «мотылек». Изначально робот находился на расстоянии 12 м маленькой лампы, излучающей свет одинаково во всех направлениях. Робот развернулся так, что окно фотодатчика «смотрело» прямо на лампочку. Робот поехал прямо к лампочке с постоянной скоростью, записывая данные о силе тока датчика I в зависимости от времени t , прошедшем от начала движения. По этим данным построен график, показанный на рисунке. Найдите скорость движения робота. Воздух между лампой и фотодатчиком считать полностью прозрачным. Ответ запишите в м/с, с точностью до целого значения.



Аналогично решению задачи 4 из варианта 6 можно заметить, что к моменту времени $t = 4$ с расстояние от робота до лампы уменьшилась на $1/3$ от начального, то есть на 4 м. Значит, его скорость была равна 1 м/с.

ОТВЕТ: 1.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ варианта 10:

вопрос	ответ участника	балл
1.1	4	2
	5	1
1.2	6	4
	5 или 7	2
1.3	50	6
	от 45 до 49 или от 51 до 55	3
2.1	1,5	4
	1,2 или 1,3 или 1,4 или 1,6	2
2.2	0,3	4
	0,2 или 0,4	2
2.3	0,1	6
	0,2	3
3.1	9	4
	8 или 10	2
3.2	95	6
	от 90 до 94 или от 96 до 98	3
3.3	4	4
	3 или 5	2
4	1	10
	2	5
Максимальная оценка		50