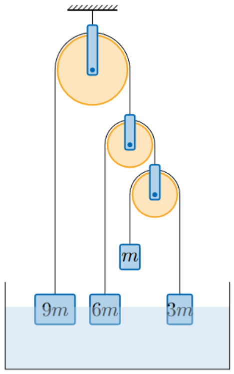
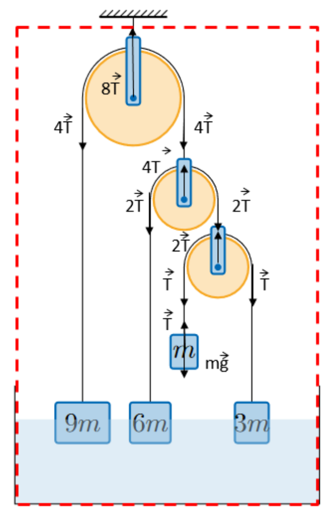
Физика, 9 класс (варианты решения)



Задание 1. На рисунке представлена установка из легких блоков и легких нерастяжимых нитей, к которым прикреплены льдинки разной массы. Система помещена в емкость с площадью дна S, в которую налита жидкость плотностью ρ так, как показано на рисунке, причем если более тяжелые льдинки частично погружены в жидкость, а самая легкая массой m остается в воздухе, то система находится в равновесии. Определите, на сколько изменится уровень жидкости в стакане после того, как льдинки растают. Считать, что после таяния льдинок блоки и нити в емкость не попадают.

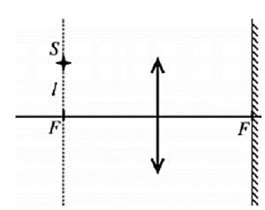


Возможное решение задания. Пусть первоначальный уровень жидкости в емкости h_1, тогда можно записать величину силы давления системы на дно сосуда: $F_1 = \rho g h_1 S$. Так как блоки и нити невесомы, можно рассмотреть как единое целое систему блоков, нитей, льдинок и жидкости (на рисунке система выделена красным прямоугольником). Тогда силы натяжения, силы Архимеда будут внутренними силами этой системы. Внешними силами будут сила со стороны крепления верхнего блока и сила реакции дна емкости с жидкостью, а также сила тяжести. Найдем их. Для этого расставим действующие внутри системы силы, начиная с сил, действующих на самую маленькую льдинку. Для всего содержимого сила тяжести уравновешивается силой со стороны дна: $m_c g = N_1 + 8T$. После таяния всего льда система также в равновесии, и её масса не изменилась: $m_c g = N_2$. Сила давления системы на дно сосуда: $F_2 = \rho g h_2 S$. Так как масса системы не изменилась, то $N_1 + 8T = N_2$. Дно давит на систему также, как система давит на дно, поэтому $N_1 = F_1, N_2 = F_2$. Силу T найдем из равновесия маленькой льдинки: $mg = T$. Тогда $\rho g h_1 S + 8mg = \rho g h_2 S$. Отсюда $h_2 - h_1 = \frac{8mg}{\rho g S}$.

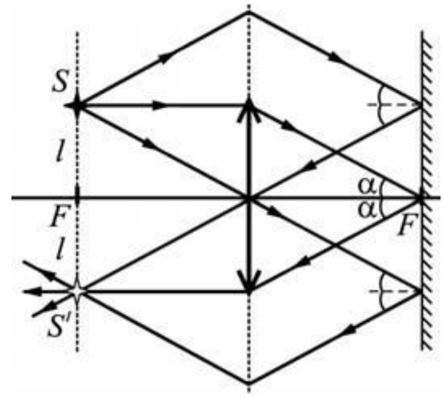
Система оценивания задания:

Баллы	Критерии оценивания
3 балла	Верно указаны действующие в системе силы
2 балла	Использовано условие равновесия
2 балла	Записано и использовано соотношение для силы давления на дно сосуда
3 балла	Получено соотношение для изменения высоты жидкости в сосуде

Задание 2. Точечный источник света S находится в передней фокальной плоскости собирающей линзы на расстоянии l = 2 см от ее главной оптической оси. За линзой в ее задней фокальной плоскости находится плоское зеркало. Постройте изображение S' источника в данной оптической системе и найдите расстояние между точками S и S'.



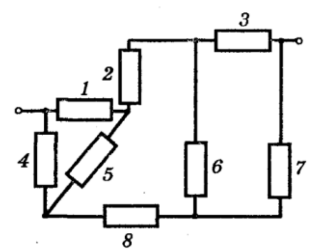
Возможное решение задания. Лучи от точечного источника S, находящегося в фокальной плоскости собирающей линзы, после линзы образуют пучок параллельных лучей, идущих под углом α к главной оптической оси линзы. Согласно закону отражения света, этот пучок отразится от плоского зеркала симметрично относительно перпендикуляра к зеркалу под тем же углом α и пойдет в обратном направлении, к линзе (см. рисунок). После преломления в собирающей линзе этот параллельный пучок света превратится в сходящийся и сформирует в передней фокальной плоскости изображение S' источника в виде точки, расположенной симметрично с S относительно главной оптической оси, то есть также на расстоянии l = 2 см от нее, следовательно, расстояние между точками S и S' составляет $2l$ = 4 см.



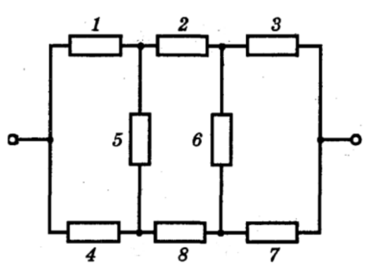
Система оценивания задания:

Баллы	Критерии оценивания
2 балла	Указано на параллельность лучей от источника после преломления в линзе из-за нахождения в фокальной плоскости
2 балла	Верно выполнено построение лучей, падающих на зеркало
1 балл	Использован закон отражения для лучей, падающих на зеркало
2 балла	Сделан вывод о ходе лучей после вторичного преломления в линзе и получении изображения источника симметрично с самим источником относительно главной оптической оси
2 балла	Верно выполнено построение лучей, сходящихся в фокальной плоскости, и изображена точка S'
1 балл	Определено верно расстояние S и S'

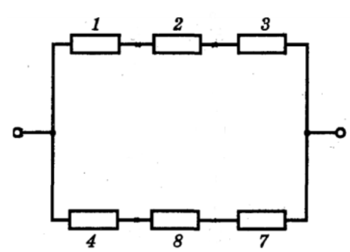
Задание 3. В электрической цепи сопротивления резисторов R_1 = R_5 = R_8 = 12 Ом, R_2 = R_6 = R_7 = 6 Ом, R_4 = 24 Ом и R_3 =3 Ом. Определите силу тока через каждый из резисторов, если к цепи приложено напряжение U= 84 В.



Возможное решение задания. Изобразим эквивалентную схему



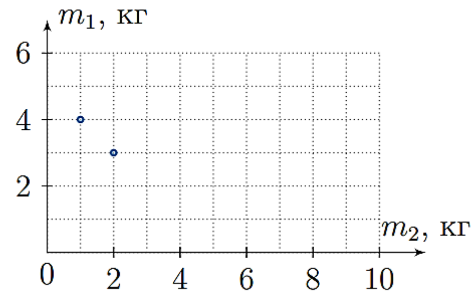
цепи. Обратим внимание, что полное сопротивление ветки R_{123} = 21 Ом, полное сопротивление ветки R_{487} = 42 Ом. Отношение токов в верхней и нижней ветке относятся как 2:1. Ток, протекающий через R_1, в два раза больше, чем через R_4, но при этом сопротивление R_1 в два раза меньше сопротивления R_4, следовательно, напряжение на них будет одинаковым. Аналогично можно рассмотреть сопротивления R_2 и R_8, R_3 и R_7. Таким образом, через резисторы R_5 и R_6 ток не протекает: $I_5 = I_6 = 0$.



Тогда можно изобразить новую эквивалентную схему, в которой ток протекает через резисторы R_1, R_2 и R_3, а также через параллельную им ветку резисторов R_4, R_8, и R_7. Токи через ветки будут составлять $I_1 = I_2 = I_3 = \frac{U}{R_1+R_2+R_3} = 4$ А; $I_4 = I_7 = I_8 = \frac{U}{R_4+R_7+R_8} = 2$ А.

Система оценивания задания:

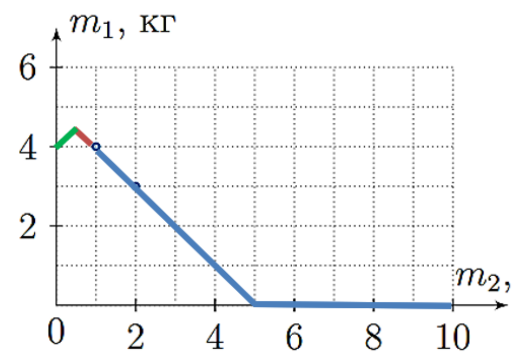
Баллы	Критерии оценивания
2 балла	Изображена эквивалентная схема соединения всех резисторов
2 балла	Верно проанализированы токи в параллельных ветвях и напряжения на симметрично расположенных резисторах
1 балл	Сделан верный вывод об отсутствии токов через резисторы 5 и 6
2 балла	Использован закон Ома для участка цепи
1 балл	Указано на равенство токов через резисторы 1, 2, 3
1 балл	Указано на равенство токов через резисторы 4, 7, 8
1 балл	Записаны верные соотношения для токов в каждой из веток и получены их верные числовые значения



Задание 4. В ходе эксперимента в сосуд помещали 4 кг льда и добавляли воду. Фрагменты графика зависимости массы m_1 оставшегося в сосуде после установления теплового равновесия льда от массы m_2 добавленной воды приведены на рисунке. Восстановите график и найдите начальные температуры льда и воды. Определите, при какой массе m_2 масса m_1 будет максимальной, и найдите это значение. Укажите, при каких значениях массы m_2 масса m_1 обратится в ноль. При решении примите удельную теплоемкость льда равной $2100\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot{}^\circ\text{C}}$, удельную теплоемкость воды $4200\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot{}^\circ\text{C}}$, удельную теплоту плавления льда $330\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Возможное решение задания. Левая точка графика соответствует ситуации, в которой при добавлении в сосуд 1 кг воды после установления теплового равновесия в сосуде остается 4 кг льда. Первоначально в сосуде уже находилось 4 кг льда, следовательно, количество льда не изменилось, фазовых переходов не происходило, лед нагревался, а вода охлаждалась до температуры теплового равновесия, которая может быть только 0°С. Можно записать для первого случая уравнение теплового баланса: $c_л m_л(0 - t_л) + c_в m_в(0 - t_в) = 0$ или $-c_л m_л t_л = c_в m_в t_в$. Учтём, что удельная теплоемкость льда в 2 раза меньше удельной теплоемкости воды, подставим значения масс льда и воды, получим соотношение между начальной температурой воды и льда: $-2t_л = t_в$ или $|2t_л| = t_в$. Для второй точки. При добавлении в емкость с 4 кг льда 2 кг воды в сосуде окажется льда меньше (3 кг из графика). Следовательно, первоначально добавленная вода, охлаждаясь, отдала тепло на нагрев 4 кг льда и плавление 1 кг льда, далее установилось тепловое равновесие – температура вновь стала равной 0°С. Запишем для данного случая уравнение теплового баланса $c_л m_л(0 - t_л) + \lambda\Delta m_л + c_в m_в(0 - t_в) = 0$. С учетом предыдущего условия выразим температуру льда: $t_л = \frac{\lambda\Delta m_л}{-2c_в m_в + c_л m_л} \approx -39{,}3°\text{C}$. Тогда температура льда составит $t_в \approx 78{,}5°\text{C}$. Рассмотрим ситуации, которые возможны при различных количествах льда, которые остаются в сосуде после установления теплового равновесия. Представим уравнение теплового баланса в следующем виде: $-c_л m_л t_л + \lambda(m_л - m_1) - c_в m_{в2} t_в = 0$. Если выражение в скобках положительное, то в сосуде вода, охлаждаясь, отдает тепло на нагревание льда и его частичное плавление. Если выражение отрицательное, то в сосуде вода, охлаждаясь, начинает кристаллизоваться. При этом m_1 не может превышать массу воды $m_{в2}$. Преобразуем выражение, выразив

m_1 и записав зависимость $m_1(m_2)$ для первого случая: $m_1 = \frac{-c_л m_л t_л + \lambda m_л}{\lambda} - \frac{c_в t_в m_2}{\lambda}$. Зависимость линейная (синяя линия на графике). Подставив значение для массы воды, равной 5 кг, получим точку пересечения с горизонтальной осью, следовательно, при любых больших значениях массы добавляемой воды в сосуде, большей 5 кг, лед будет полностью плавиться. Преобразуем выражение, выразив m_1 и записав зависимость $m_1(m_2)$ для второго случая: $-c_л m_л t_л - \lambda \Delta m - c_в m_2 t_в = 0$; $m_1 = m_л + \Delta m = m_л - \frac{c_л m_л t_л}{\lambda} - \frac{c_в t_в m_2}{\lambda}$. Функциональная зависимость также линейна, но она ограничена двумя условиями. Во-первых, $\Delta m \le m_2$ – кристаллизоваться может не более той массы, чем масса добавленной воды. Во-вторых, уравнение теплового баланса записано для случая, когда тепловое равновесие наступает при температуре 0°С. При определенном значении массы добавленной воды тепловое равновесие может наступать при температуре ниже 0°С – добавляемая вода не только остывает и кристаллизуется, но и образовавшийся лед охлаждается. Подставив значение для $\Delta m = m_2$ получим 0,5 кг. Поэтому график идет от точки с координатами (1; 4) к точке с координатой (0,5; 4,5) (красная линия на графике). Это и будет максимальное значение массы льда, которое может содержаться в сосуде после установления теплового равновесия. Далее уравнение теплового баланса будет иметь следующий вид $c_л m_л (t - t_л) - \lambda m_2 + c_в m_2 (0 - t_в) + c_л m_2 (t - 0) = 0$. Данная зависимость $m_1(m_2)$ также будет линейна $m_1 = m_л + m_2 = m_л + \frac{c_л m_л (t - t_л)}{\lambda + c_в t_в - c_л t}$ (зеленый отрезок прямой на участке от точки (0,5; 4,5) до точки (0; 4).

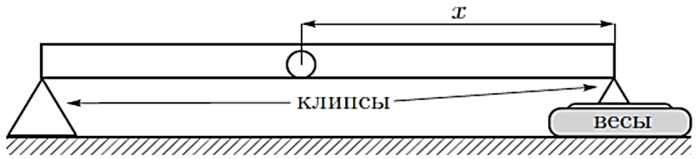


Система оценивания задания:

Баллы	Критерии оценивания
1 балл	Записано уравнение теплового баланса для случая установления теплового равновесия при 0°С
1 балл	Найдена начальная температура льда
1 балл	Найдена начальная температура воды
1 балл	Верно указаны условия ограничения массы возникающего льда массой воды в случае её дальнейшей кристаллизации
1 балл	Найдено максимальное значение массы льда, который будет содержаться в сосуде после установления теплового равновесия
1 балл	Записано уравнение теплового баланса для случая установления теплового равновесия при температуре ниже 0°С
1 балл	Верно изображен участок графика от точки (0,5; 4,5) до точки (1; 4)
1 балл	Верно изображен участок графика от точки (0; 4) до точки (0,5; 4,5)
1 балл	Верно изображен участок графика от точки (1; 4) до точки (5; 0)
1 балл	Указано, при каких значениях массы воды в емкости отсутствует лед после установления теплового равновесия

Задание 5. На занятии кружка по физике учащиеся исследовали зависимость показаний электронных весов от расстояния между шариком и правой опорой, которая была установлена на весах. Стальной шарик помещался в находящуюся в

горизонтальном положении закрытую полую трубку длиной 100 см. Трубка опиралась на две металлические клипсы (опоры) разного размера так, как показано на рисунке.



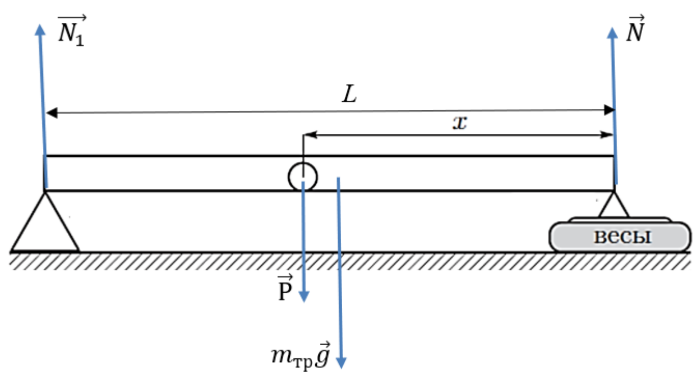
Перед проведением измерений электронные весы тарировались на массу установленной на них клипсы (т.е. при установке клипсы на поверхность весов их показания выставлялись на 0). Чтобы шарик при снятии показаний оставался неподвижным, его фиксировали маленьким не очень мощным неодимовым магнитом массой 10 г. В таблице представлены полученные учащимися в ходе исследования результаты:

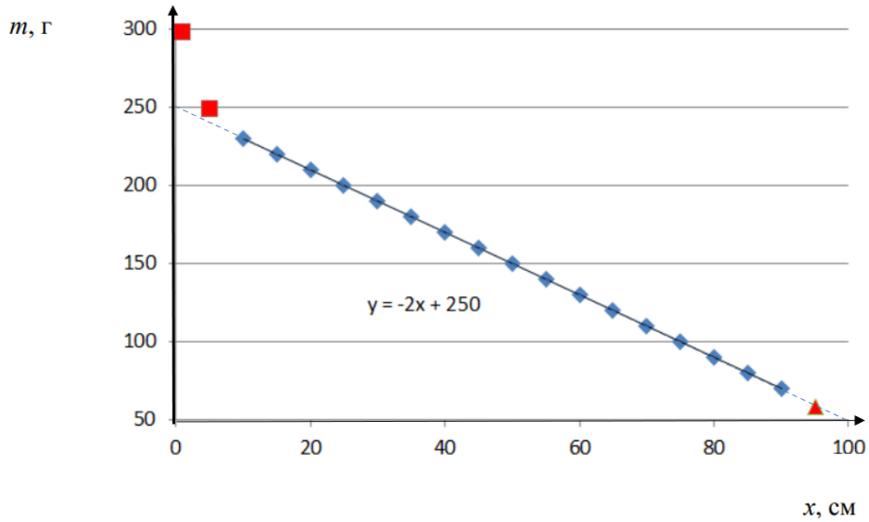
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x, см	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45
m, г	298,4	249,1	230,0	220,0	210,0	200,0	190,0	180,0	170,0	160,0

№	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
x, см	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
m, г	150,0	140,0	130,0	120,0	110,0	100,0	90,0	80,0	70,0	58,3

В ходе эксперимента учащиеся смогли вывести теоретическую модель показаний весов m от расстояния x между шариком и правой опорой – зависимость $m\ (x)$. Далее они определили массу трубки и массу шарика. Найдите полученные учащимися значения указанных параметров, общий вид зависимости $m\ (x)$, а также поясните, какие значения расстояния между шариком и правой опорой при построении модели не учитывались и почему.

Возможное решение задания. Укажем действующие на трубку силы и запишем уравнение моментов сил относительно левой опоры (клипсы): $m_{тр}g\frac{L}{2} + \mathrm{P}(L-x) = NL$; $m_{тр}g\frac{L}{2} + (m_ш + m_м)g(L-x) = NL$. Показания весов $m_в = \frac{N}{g} = \frac{m_{тр}}{2} + \ (m_ш + m_м)\frac{L-x}{L}$ или $m\ (x) = \left(\frac{m_{тр}}{2} + m_ш + m_м\right) - \frac{m_ш + m_м}{L}x$. При построении модели не учитывались точки, полученные в измерениях № 1, 2 и 20. При нахождении шарика в данных точках магнит, которым он крепился к трубе, притягивался к ближней опоре. В отличие от остальных точек для указанных трех при построении теоретической модели показаний весов m от расстояния x между шариком и правой опорой необходимо было бы учесть силу взаимодействия шарика и соответствующей клипсы (опоры). Построим график зависимости $m\ (x)$, представляющий собой линейную зависимость вида $y = ax + c$.





Геометрически экстраполируем график до пересечения с осями, получим точки пересечения с ними: при *y = 0 x=125,* при *x =0 y=250.* Отсюда *c=250, a= –2.* Возвращаясь к физической системе, найдем значения массы шарика и трубки: $\frac{m_ш+m_м}{L}=2\ \frac{г}{см}$, тогда $m_ш$=190 г, $\frac{m_{тр}}{2}+m_ш+m_м=250$ г, откуда $m_{тр}$=100 г.

Система оценивания задания:

Баллы	Критерии оценивания
1 балл	Верно указаны действующие на трубку силы
1 балл	Записано верное уравнение моментов сил
2 балла	Получена зависимость показаний весов *m* от расстояния *x* между шариком и правой опорой
1 балл	Указаны верно три точки, которые не учитывались при построении модели
1 балл	Обоснован выбор точек, не учитываемых при построении модели
2 балла	Получено верное значение массы шарика
2 балла	Получено верное значение массы трубки