

9 КЛАСС

Задача 9.1. Лабораторная электроплитка, сопротивление спирали которой $R = 20$ Ом, включена в сеть последовательно с резистором, сопротивление которого $R_0 = 10$ Ом. При длительной работе плитка нагрелась от комнатной температуры $t_0 = 20$ °С до температуры $t_1 = 52$ °С. До какой температуры нагреется плитка, если параллельно ей включить еще одну такую же плитку?

Возможное решение

Схема электрической цепи показана на рис. 1

Количество теплоты, выделившееся в первом случае:

$$I_1^2 R = k(t_1 - t_0) \quad (1)$$

Где силу тока можно найти из закона Ома для участка цепи:

$$I_1 = \frac{U}{R + R_0} \quad (2)$$

Следовательно

$$\frac{U^2 R}{(R + R_0)^2} = k(t_1 - t_0) \quad (3)$$

Аналогично для второго случая:

$$I_2^2 R = k(t_x - t_0) \quad (4)$$

Где силу тока можно найти из закона Ома для участка цепи:

$$I_2 = \frac{1}{2} \frac{U}{(R/2 + R_0)} \quad (5)$$

Подставляя (5) в (4), получим:

$$\frac{U^2 R}{4(R/2 + R_0)^2} = k(t_x - t_0) \quad (6)$$

Разделив (6) на (3), получим:

$$\frac{t_x - t_0}{t_1 - t_0} = \frac{(R + R_0)^2}{4(R/2 + R_0)^2} \Rightarrow t_x - t_0 = (t_1 - t_0) \frac{(R + R_0)^2}{4(R/2 + R_0)^2} \quad (7)$$

$$t_x - t_0 = (52^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) \frac{(20 + 10)^2}{4\left(\frac{20}{2} + 10\right)^2} = 32^\circ\text{C} \frac{900}{1600} = 18^\circ\text{C}$$

$$t_x = 38^\circ\text{C} \quad (8)$$

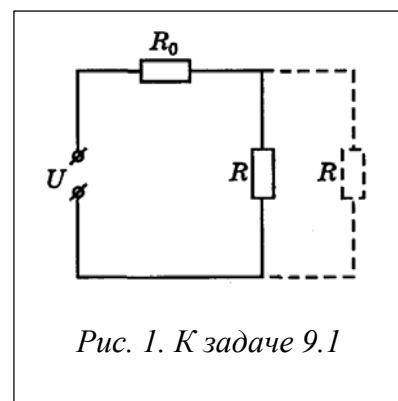


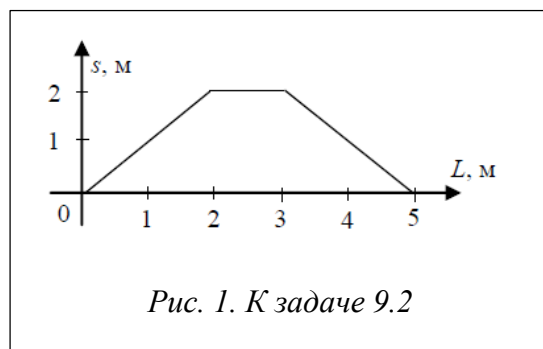
Рис. 1. К задаче 9.1

Критерии оценивания

Баллы	Содержание решения
	Записано энергетическое соотношение (1)
	Найдена сила тока через плитку (2)
	Получено выражение (3)

	Записано энергетическое соотношение (4)
	Найдена сила тока через плитку во втором случае (5)
	Получено выражение (6)
	Получено выражение (7)
	Найдено численное значение температуры (8)

Задача 9.2. Экспериментатор Глюк построил график зависимости модуля перемещения тела s от пути L , движущегося с постоянной по модулю скоростью. Найдите модуль скорости тела, если известно, что все движение заняло $t = 20$ с. Изобразите возможную траекторию тела.

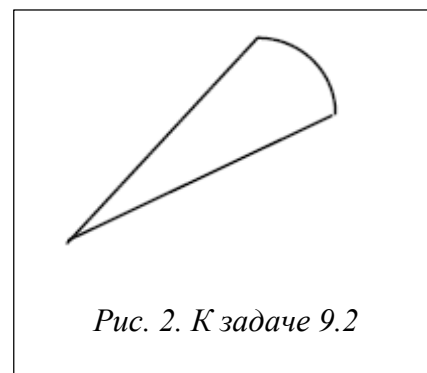


Возможное решение

Модуль скорости тела равен $L/t = 0,25$ м/с. На первом участке модуль перемещения и путь равны. Такое возможно при прямолинейном движении.

На втором участке перемещение не изменяется, следовательно, тело движется на постоянном расстоянии от точки старта, например, по окружности радиусом $R = 2$ м. Угол, на который успевает повернуть тело, равен отношению длины дуги к радиусу $\alpha = 0,5$ рад.

На третьем участке модуль перемещения уменьшается, и, настолько же увеличивается путь. Такое возможно при прямолинейном движении курсом на точку старта.



Возможная траектория приведена на рисунке 2. Заметим, что при движении по дуге окружности тело может быстро разворачиваться и двигаться в обратном направлении с прежней скоростью. Приведенное решение – один из простейших вариантов.

Критерии оценивания

Баллы	Содержание решения
	Найдено значение модуля скорости
	Обоснована прямолинейность движения на первом участке
	Предложен вариант движения на втором участке (например, движение по дуге окружности)
	Обоснована прямолинейность движения на третьем участке
	Предложен рисунок возможной траектории

Задача 9.3. Чему равно сопротивление между узлами A и B , A и C схемы, изображенной на рисунке 1? Какое количество теплоты выделится в цепи за 10 минут в каждом случае, если сопротивление каждого резистора $R = 30 \text{ кОм}$, напряжение в цепи $U = 100 \text{ В}$.

Возможное решение

Данную схему можно преобразовать к следующему виду (рис. 2):

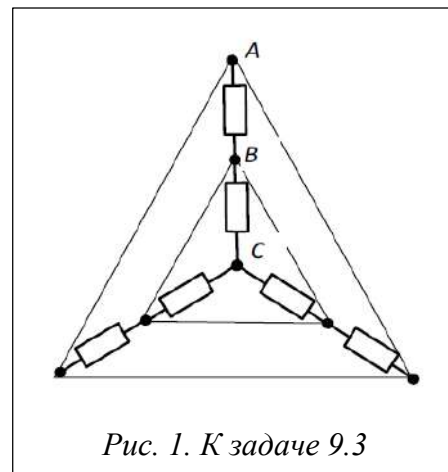


Рис. 1. К задаче 9.3

Если подключить напряжения к точкам A и B (рис. 3), то сопротивление равно:

$$R_{AB} = \frac{R}{3} = \frac{30000 \text{ Ом}}{3} = 10000 \text{ Ом} = 10 \text{ кОм} \quad (1)$$

Согласно закона Джоуля-Ленца, в цепи выделится количество теплоты равно:

$$Q_{AB} = \frac{U^2}{R_{AB}} t = \frac{100^2 \text{ В}^2}{10000 \text{ Ом}} 600 \text{ с} = 600 \text{ Дж} \quad (2)$$

Если подключить напряжения к точкам A и C (рис. 4), то сопротивление равно:

$$R_{AC} = \frac{2R}{3} = 20 \text{ кОм} \quad (2)$$

Согласно закона Джоуля-Ленца, в цепи выделится количество теплоты равно:

$$Q_{AC} = \frac{U^2}{R_{AC}} t = \frac{100^2 \text{ В}^2}{20000 \text{ Ом}} 600 \text{ с} = 1200 \text{ Дж} \quad (4)$$

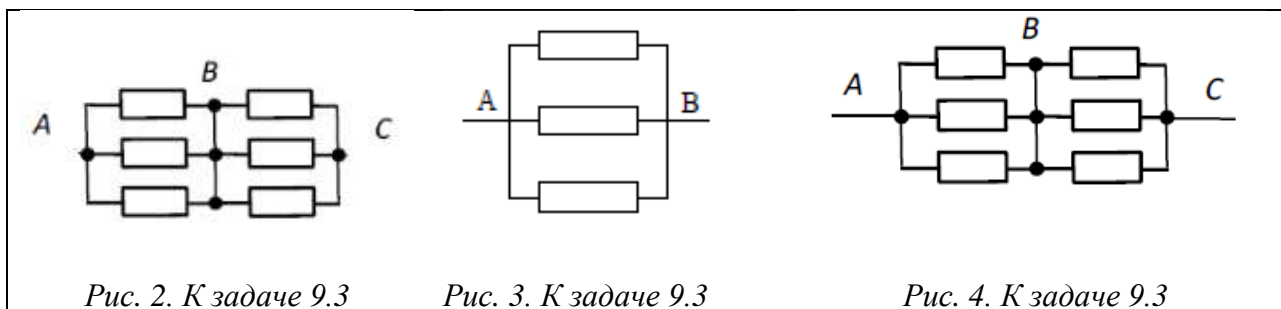


Рис. 2. К задаче 9.3

Рис. 3. К задаче 9.3

Рис. 4. К задаче 9.3

Критерии оценивания

Баллы	Содержание решения
	Н
	Найдено сопротивление и количество теплоты, выделившееся в цепи (1), (2)
	Н
	Найдено сопротивление и количество теплоты, выделившееся в цепи (3), (4)

Задача 9.4. В одинаковые высокие сообщающиеся сосуды налита жидкость с плотностью ρ_T так, что ее высота равна H (рис.1) В правый сосуд начинают очень медленно подливать другую, более легкую жидкость с плотностью ρ_L . Постройте график зависимости высоты столба жидкости в левом сосуде от высоты столба более легкой жидкости? Жидкости не перемешиваются. Толщиной соединяющей трубки можно пренебречь. Жидкости из сосудов не выливаются.

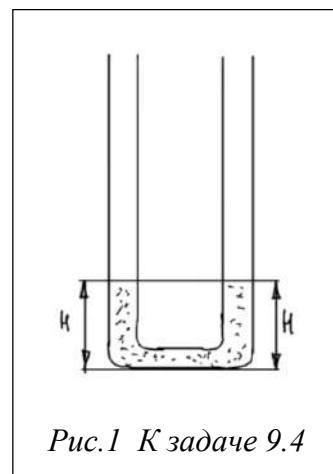


Рис.1 К задаче 9.4

Возможное решение

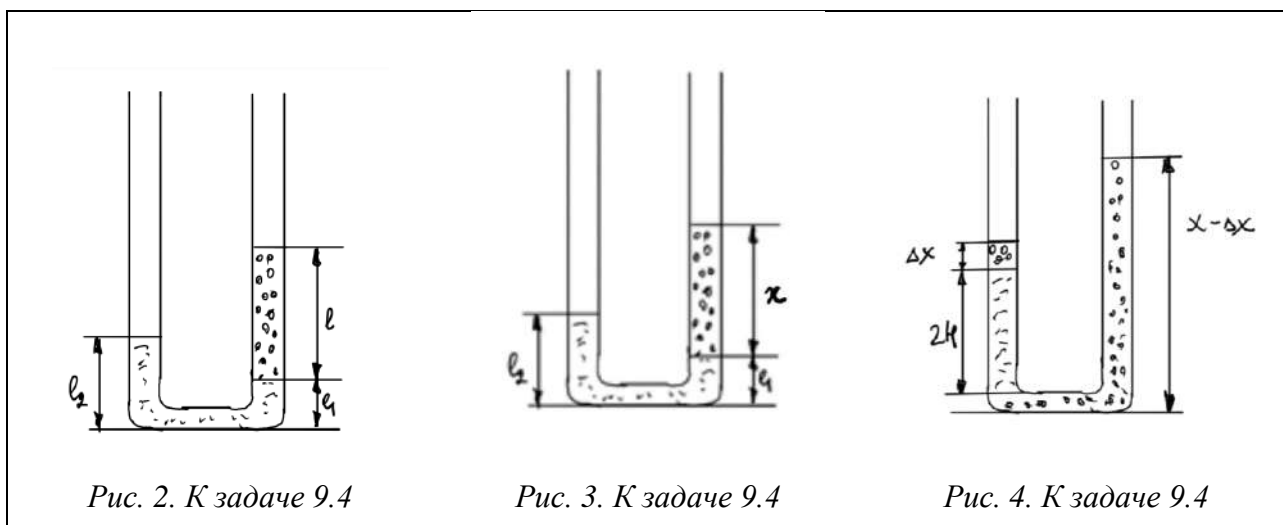


Рис. 2. К задаче 9.4

Рис. 3. К задаче 9.4

Рис. 4. К задаче 9.4

Пусть высота столба тяжелой жидкости в первом (правом) сосуде составляет l_1 , а во втором (левом) – l_2 (рис. 2). Очевидно, что

$$l_1 + l_2 = 2H \quad (1).$$

Условие равенства давлений в соединяющей трубке после подливания жидкости:

$$\rho_L x + \rho_T l_1 = \rho_T l_2 \quad , \quad (2)$$

где x – высота столба подлитой легкой жидкости (рис.3). Из соотношений (1) и (2) легко находим

$$l_2 = H + \frac{\rho_L x}{2\rho_T} \quad . \quad (3)$$

Однако это соотношение будет выполняться лишь до тех пор, пока легкая жидкость не вытеснит всю тяжелую во второй сосуд, т. е. до $l_2 = 2H$. Тогда для равенства давлений можно записать:

$$\rho_T \cdot 2H = \rho_L x_{кр} \quad , \quad (4)$$

где $x_{кр}$ – соответствующее критическое значение высоты столба легкой жидкости.

Откуда получаем

$$x_{\text{кр}} = \frac{2\rho_{\text{T}}}{\rho_{\text{Л}}} H . \quad (5)$$

Начиная с этого момента, часть легкой жидкости будет перетекать из первого сосуда во второй и всплывать наверх, поскольку жидкости не перемешиваются (рис. 4). В этом случае

$$\rho_{\text{Л}}(x - \Delta x) = 2\rho_{\text{T}}H + \rho_{\text{Л}} \Delta x . \quad (6)$$

где Δx – количество легкой жидкости, перетекшей во второй сосуд. Тогда легко получаем выражение для высоты столба жидкостей в левом сосуде:

$$l_2 = 2H + \Delta x = 2H + \frac{\rho_{\text{Л}}x - 2\rho_{\text{T}}H}{2\rho_{\text{Л}}} = \frac{1}{2} x + H \left(2 - \frac{\rho_{\text{T}}}{\rho_{\text{Л}}} \right) . \quad (7)$$

Нетрудно видеть (см. формулу (3)), что в первом случае наклон графика зависимости уровня во втором сосуде от количества подлитой жидкости определяется коэффициентом $\text{tg}\alpha_1 = \rho_{\text{Л}}/2\rho_{\text{T}}$, а во втором – $\text{tg}\alpha_2 = 1/2$ (см. формулу (7)). Таким образом, соответствующий график имеет в точке излом на графике (рис.5).

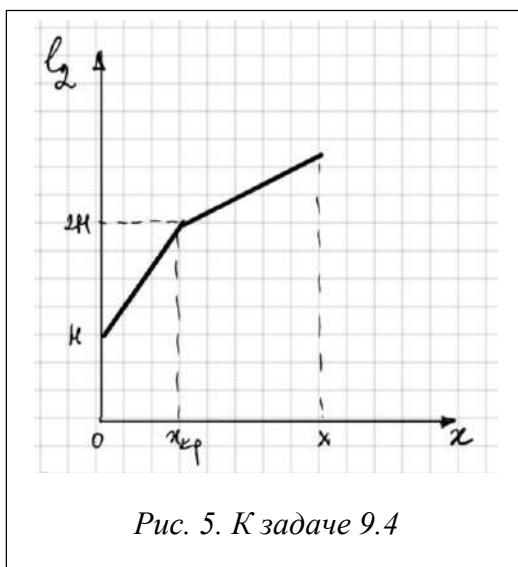
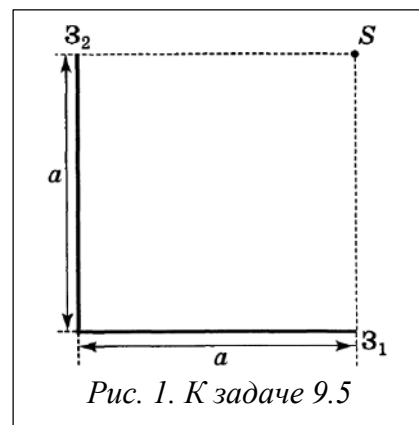


Рис. 5. К задаче 9.4

Критерии оценивания

Баллы	Содержание решения
	Записано условие (1)
	Записано условие равенства давлений (2) и найдено выражение для высоты столба легкой жидкости (3)
	Найдено критическое значение высоты столба легкой жидкости
	Указано, что далее часть легкой жидкости будет перетекать из первого сосуда во второй и всплывать наверх,
	Записано выражение (7)
	Нарисован график (рис. 5)

Задача 9.5. Два плоских зеркала Z_1 и Z_2 , каждое из которых имеет форму квадрата со стороной a , сложены под прямым углом. Точечный источник света S располагается на расстоянии a от каждого из зеркал (схема опыта приведена на рис.). Сколько получится изображений? Заштрихуйте области, в которых будут наблюдаться эти изображения в зеркалах.



Возможное решение

В системе зеркал образуются следующие изображения источника света S :

- S_1 при отражении в зеркале Z_1 ;
- S_2 в зеркале Z_2 ;
- S_3 сначала в зеркале Z_1 , затем в зеркале Z_2 (либо сначала в зеркале Z_2 , а затем в зеркале Z_1).

Изображение S_1 будет наблюдаться в области 1 (рис. 2), изображение S_2 – в области 2 (рис. 3).

Изображение S_3 , полученное в результате отображения сначала от зеркала Z_1 , затем от зеркала Z_2 , будет наблюдаться в области $3'$ (рис. 4); это же изображение, полученное в результате отражения сначала от зеркала Z_2 , затем от зеркала Z_1 , – в области $3''$ (рис. 5).

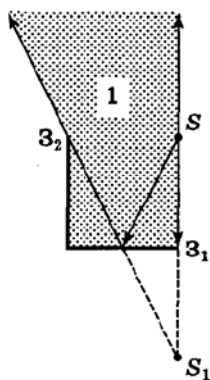


Рис. 2. К задаче 9.5

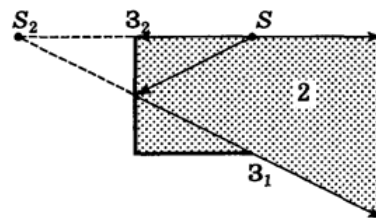


Рис. 3. К задаче 9.5

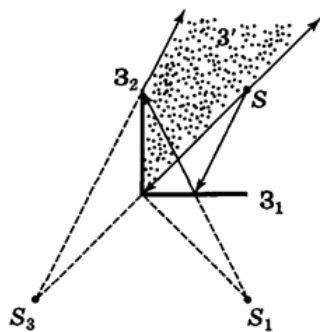


Рис. 4. К задаче 9.5

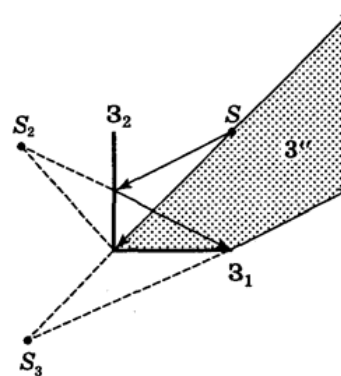


Рис. 5. К задаче 9.5

Олимпиада по физике. 2021. Муниципальный этап

Критерии оценивания

Баллы	Содержание решения
	Дан ответ о количестве изображений и построены эти изображения
	П
	П
	П