

Экспериментальные задачи.

9 класс. Условия задач.

1. Могилев. Определите экспериментально положение главных фокусов оптической системы двух линз расположенных на расстоянии L друг от друга.

Оборудование: собирающая линза $L1$, рассеивающая линза $L2$, вспомогательная линза L , батарея, лампочка, экран, линейка.

2. Могилев. Определить отношение масс сосудов.

Оборудование: два прозрачных сосуда из одинакового материала (стекла), ведро с водой, липкая лента для отметки уровней воды, груша для переливания воды.

3. Могилев. С поверхности горизонтального диска радиуса $R = 1$ м, вращающегося с постоянной угловой скоростью $\omega = 0,50 \text{ с}^{-1}$, на высоте $H = 2$ м над поверхностью Земли случайно слетают водяные капли. Определите радиус мокрого пятна на поверхности земли.

4. Могилев. Действующая модель подъемного крана способна поднять 10 бетонных плит без обрыва троса. Сколько плит поднимет реальный кран, изготовленный из тех же материалов, если линейные размеры крана, троса и плит в 12 раз больше, чем в модели?

Примечание: Напряжение, возникающее в тросе сечением S при нагрузке весом P , равно $\sigma = \frac{F}{S}$.

5. Могилев. 1 кг льда и 1 кг легкоплавкого вещества, не смешивающего с водой при $t = -40^\circ \text{C}$ помещены в теплоизолированный сосуд с нагревателем внутри. На нагреватель подали постоянную мощность. Зависимость температуры в сосуде от времени показана на рисунке. Удельная теплоемкость льда равна $c_{\text{л}} = 2000$ Дж/(кг·К), твердого вещества $c_{\text{т}} = 1000$ Дж/(кг·К). Определить удельную теплоту плавления вещества λ и его удельную теплоемкость c в расплавленном состоянии.

6. Могилев. На крышку черного ящика, содержащего радиотехнические элементы выведено 4 клеммы с номерами 1, 2, 3, 4. Используя универсальный источник постоянного и переменного (на частоте ω_0) тока, автоматически поддерживается некоторое определенное напряжение на выходе в обоих режимах и имеющий внутреннее сопротивление $z_0 = 0$, а так же встроенный амперметр, экспериментатор получил следующие данные:

Номера пар клемм		1,2	2,3	3,4	1,3	2,4	1,4
Сила тока (А)	Постоянный ток в обоих направлениях	0	0	2	4	0	4
	Переменный ток	4	2,2	0,85	4	4	2,2

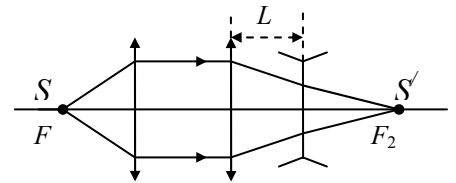
7. Могилев. Стекланный флакон от духов заполнен ртутью и плотно закрыт притертой стекланный пробкой. Не вынимая пробки, определить массу находящейся во флаконе ртути. Оборудование подберите сами

8. Могилев. Имеется школьный лабораторный вольтметр с пределом измерения 6 В, источник стабилизированного напряжения не более 6 В, моток тонкой медной проволоки и линейка. Как, используя перечисленные материалы, изготовить амперметр измерения 1 А?

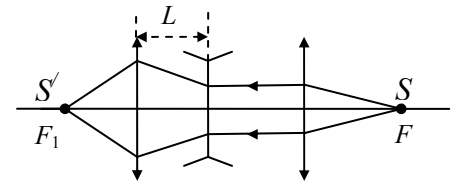
9. Могилев. На призму из стекла, изображенную на рисунке, от щели падает параллельный пучок света. При вращении щели и призмы относительно оси пучка лучей происходит вращение изображения щели, отличающееся по направлению и частоте. Объясните наблюдаемые явления.

Решение задач.

Решение 1. Положение главных фокусов оптической системы можно найти, направив параллельный пучок света вдоль главной оптической оси системы. Для этого нить лампочки устанавливается в главном фокусе вспомогательной линзы. Проверка параллельности пучка света проводится с помощью измерения диаметра пятна на экране при перемещении последнего вдоль пучка.



Расположим данную систему двух линз и вспомогательную линзу так, чтобы их главные оптические оси совпали, находим задний фокус F_2 оптической системы – место получения изображения на экране нити лампочки.



Направив параллельный пучок света с другой стороны системы, определим положение переднего фокуса F_1 .

Решение 2. В один из сосудов (назовем его первым) наливаем такое количество воды, чтобы при опускании этого сосуда в ведро с водой он погружался до краев, но не тонул. В соответствии с условием плавания тел имеем

$$m_1 g + \rho_o V_o g = \rho_o (V_o + V_1 + V_C) g ,$$

где m_1 – масса 1-го сосуда, ρ_o – плотность воды, V_o – объем воды в сосуде, V_1 – объем сосуда, не заполненный водой, V_C – объем стекла, из которого изготовлен сосуд. Отсюда следует

$$m_1 = \rho_o (V_1 + V_C) = \rho_o \left(V_1 + \frac{m_1}{\rho_C} \right) = \frac{V_1}{\frac{1}{\rho_o} - \frac{1}{\rho_C}} ,$$

где ρ_C – плотность стекла.

Аналогично для массы второго сосуда получим $m_2 = \frac{V_2}{\frac{1}{\rho_o} - \frac{1}{\rho_C}}$. Следовательно,

отношение масса равно отношению объемов $\frac{m_1}{m_2} = \frac{V_1}{V_2}$. Отношение объемов можно

определить разными способами, предварительно отметив липкой лентой, уровень жидкости в сосуде $V_1 = n_1 V_{\text{сп}}$, $V_2 = n_2 V_{\text{сп}}$, $V_{\text{сп}}$ – объем груши. Следовательно, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$, где n_i – максимальное целое число объемов груши.

Решение 3. Время падения капли $\tau = \sqrt{\frac{2H}{g}}$.

Дальность полета

$$S = \omega R \cdot \tau = \omega R \sqrt{\frac{2H}{g}}.$$

Радиус мокрого пятна равен $r = \sqrt{R^2 + S^2} = R \sqrt{1 + \frac{2H\omega^2}{g}} = 1,05$ м.

Решение 4. Предел прочности материала троса определяется условием

$$10 \frac{P}{S} < \sigma_o < 11 \frac{P}{S} \quad (1),$$

где P – вес одной модельной плиты.

При переходе к реальному крану все линейные размеры увеличиваются в $n = 12$ раз, тогда

$P' = n^3 P$; $S' = n^2 S$ (2). Максимальное число плит N , которое может поднять реальный кран, определяется условием:

$$(N+1) \frac{P'}{S'} > \sigma_o \geq N \frac{P'}{S'} = N \frac{n^3 P}{n^2 S} = Nn \frac{P}{S} = 12N \frac{P}{S} \quad (3).$$

Откуда $N \leq \frac{\sigma_o}{12 \frac{P}{S}}$. Учитывая условие (1), т. е. $\frac{\sigma_o}{11 \frac{P}{S}} < 1$, получаем

$$N \leq \frac{\sigma_o}{12 \frac{P}{S}} < \frac{\sigma_o}{11 \frac{P}{S}} < 1.$$

Таким образом, реальный кран не сможет поднять ни одной плиты.

Решение 5. Плато при $t = -20$ °С соответствует процессу плавления вещества при $t = 0$ °С – таянию льда.

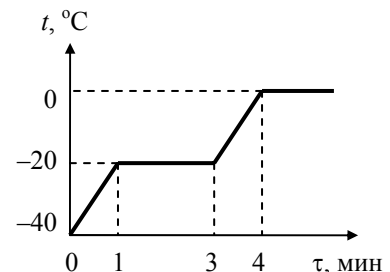
Нагрев смеси от -40 °С до -20 °С потребовал времени $\tau_1 = 60$ с и количества тепла $P\tau_1$, где P – мощность нагревателя.

Уравнение теплового баланса для этого процесса:

$$(c_{\text{л}} + c_{\text{т}})m \cdot 20 = P\tau_1 \quad (1).$$

Для полного плавления вещества потребовалось времени $\tau_2 = 120$ с: $m\lambda = P\tau_2$ (2).

Разделив уравнение (1) на (2) найдем λ : $\lambda = (c_{\text{л}} + c_{\text{т}}) \frac{\tau_2}{\tau_1} \cdot 20 = 1,2 \cdot 10^5$ Дж/кг.



Нагрев льда и вещества от -20°C до 0°C потребовал $\tau_3 = 60$ с, и уравнение теплового баланса примет вид: $(c_{\text{л}} + c)m \cdot 20 = P\tau_3$ (3). Разделив уравнение (3) на (1), находим c :

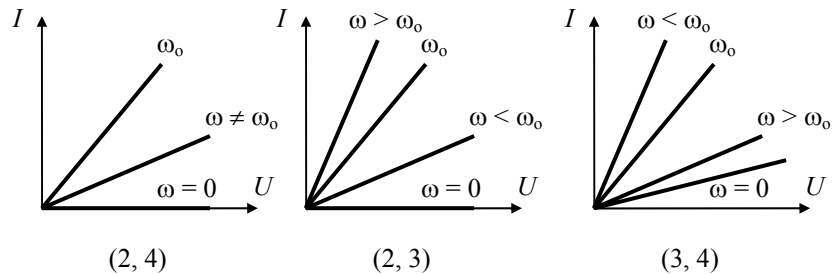
$$c = (c_{\text{л}} + c_T) \frac{\tau_3}{\tau_1} - c_{\text{л}} = 1000 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}.$$

Решение 6. Используя данные изобразить графически (схематично) вид семейств вольтамперных характеристик для пар клемм (3, 4), (2, 3), (2, 4). Каждое семейство должно содержать характеристику по постоянному току ($\omega = 0$) и по переменному току на частотах $\omega < \omega_0$; ω_0 ; $\omega_0 < \omega$. Все графики исполнить в одинаковом масштабе.

Используя данные таблицы, можно определить содержимое черного ящика и установить, что

$$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 L} = R.$$

Таким образом, цепь (2, 4) настроена в резонанс. Тогда опорной является характеристика на частоте ω_0 , снятой для цепи (2, 4). Все остальные будут иметь меньшие углы наклона к оси напряжений, в том числе и равные нулю.



Решение 7. $m_{\text{рт}} = \rho_{\text{рт}} V_{\text{рт}}$ – масса ртути, плотность ртути – табличное данное.

$m = m_{\text{рт}} + m_{\text{см}}$ – масса флякона с ртутью (определим путем взвешивания (m))

$m_{\text{см}} = \rho_{\text{см}} V_{\text{см}}$ – масса стеклянного флякона, плотность стекла – табличное значение.

$V = V_{\text{см}} + V_{\text{рт}}$ – внешний объем флякона (определяем при помощи мензурки и отливного стакана).

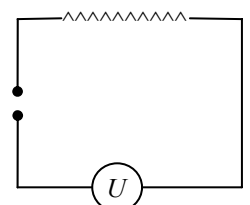
$$m_{\text{см}} = \rho_{\text{см}} (V - V_{\text{рт}})$$

$$\begin{cases} m_{\text{рт}} = \rho_{\text{рт}} V_{\text{рт}} \\ m = m_{\text{рт}} + \rho_{\text{см}} (V - V_{\text{рт}}) \end{cases} \Rightarrow V_{\text{рт}} = \frac{m_{\text{рт}}}{\rho_{\text{рт}}} \quad m = m_{\text{рт}} + \rho_{\text{см}} \left(V - \frac{m_{\text{рт}}}{\rho_{\text{рт}}} \right),$$

$$m - \rho_{\text{см}} V = m_{\text{рт}} \left(1 - \frac{\rho_{\text{см}}}{\rho_{\text{рт}}} \right).$$

Окончательно, имеем массу ртути, равную $m_{\text{рт}} = \frac{m - \rho_{\text{см}} V}{1 - \rho_{\text{см}} / \rho_{\text{рт}}}.$

Решение 8. Чтобы изготовить амперметр, нужно знать сопротивление прибора. Для этого вольтметром необходимо измерить напряжение источника U_1 . Затем, подключить вольтметр к источнику тока по схеме, изображенной на рисунке и измерить напряжение U_2 .



$$I = \frac{U_1 - U_2}{\rho \frac{l}{S}},$$

где l – длина проволоки, S – площадь поперечного сечения, ρ – удельное сопротивление меди. Полученные данные позволяют определить сопротивление шунта.

$$R_{np} = \frac{U_{np}}{I_V}, \quad R_{ш} = \frac{R_V}{n-1}, \quad n = \frac{I}{I_{np}}.$$

Решение 9. Задача решается путем последовательного построения изображения при различных положениях призмы:

1) Призма горизонтальна – изображение стрелки перевернутое (смотри рисунок).

2) Призма перевернута на 90° . Изображение прямое, т. е. повернулось на 180° .

3) Призма повернута еще на 90° . Изображение разворачивается снова на 180° .

Таким образом, изображение стрелки вращается с угловой скоростью в два раза большей, чем призма.

Направление вращения:

Пусть стрелка поворачивается относительно оси по часовой стрелке, тогда ее изображение вращается в противоположную сторону, против часовой стрелки.

При вращении призмы относительно предмета, его изображение вращается в ту же сторону, что и призма.

