

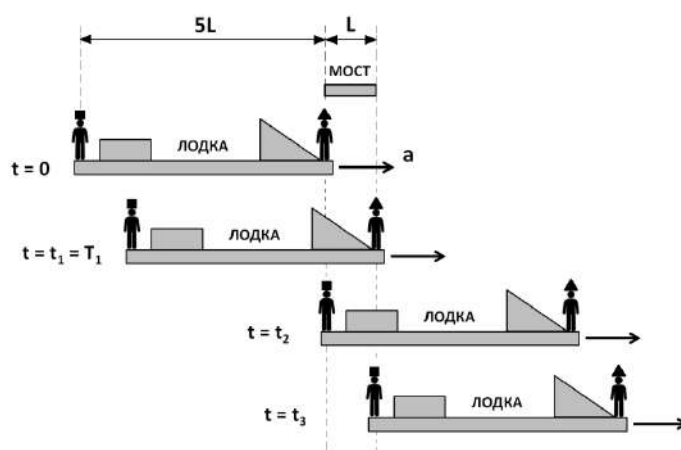
**Первый этап Всесибирской Открытой Олимпиады
Школьников по физике
9 ноября 2025 г.
9 класс**

1. Моторная лодка неподвижно покоится на воде так, что её носовая часть находится точно под краем моста. Капитан стоит в носовой части, а матрос – в хвостовой части лодки. В некоторый момент времени лодка начинает двигаться с постоянным ускорением и проходит под мостом. Капитан заметил, что он был под мостом в течение времени T_1 . В течение какого времени под мостом находился матрос, если длина лодки в пять раз больше ширины моста?



Возможное решение:

Ширину моста обозначим буквой L . Тогда из условия задачи следует, что длина моторной лодки равна $5L$. Ускорение лодки обозначим буквой a . Изобразим расположение лодки в разные моменты времени.



Моменты времени соответствуют следующим относительным положениям:

$t = 0$	Капитан находится под левым краем моста
$t = t_1 = T_1$	Капитан находится под правым краем моста
$t = t_2$	Матрос находится под левым краем моста
$t = t_3$	Матрос находится под правым краем моста

Требуется найти время нахождения матроса под мостом (2 балла):

$$T_2 = t_3 - t_2$$

За время $t_1 = T_1$ лодка переместится на расстояние L (2 балла):

$$L = \frac{aT_1^2}{2}$$

За время t_2 лодка переместится на расстояние $5L$ (2 балла):

$$5L = \frac{at_2^2}{2}$$

За время t_3 лодка переместится на расстояние $6L$ (2 балла):

$$6L = \frac{at_3^2}{2}$$

Решая написанные уравнения, находим ответ (2 балла):

$$T_2 = (\sqrt{6} - \sqrt{5}) \cdot T_1$$

Критерии:

№	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Записано время нахождения матроса под мостом в общем виде:	$T_2 = t_3 - t_2$	2
2	Записано уравнение для перемещения капитана под мостом:	$L = \frac{aT_1^2}{2}$	2
3	Записано уравнение для перемещения матроса до моста:	$5L = \frac{at_2^2}{2}$	2
4	Записано уравнение для перемещения матроса под мостом:	$6L = \frac{at_3^2}{2}$	2
5	Получен ответ	$T_2 = (\sqrt{6} - \sqrt{5}) \cdot T_1$	2

2. Прямоугольное зеркало в ванной комнате площадью $S_3 = 0,5 \text{ м}^2$ после душа покрылось водяной плёнкой толщиной $h = 50 \text{ мкм}$. Для борьбы с запотеванием за зеркалом расположен медный нагревательный элемент из проволоки длиной $l = 2 \text{ м}$ и диаметром $d = 0,2 \text{ мм}$, которая покрывает весь размер зеркала с заданной части. Этот нагревательный элемент подключён к источнику напряжения $U = 24 \text{ В}$. Считайте, что вся выделяющаяся в нагревательном элементе мощность идёт на нагрев и испарение водяной плёнки. Найдите время τ , через которое зеркало полностью очистится от запотевания. Удельная теплота парообразования воды $L = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$, плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, удельное сопротивление меди $\rho_{\text{эл}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, удельная теплоёмкость воды $c_{\text{вод}} = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)}$, начальная температура воды $t_0 = 20 \text{ °C}$.

Возможное решение:

1. Найдём массу воды на зеркале

$$m = \rho V = \rho S_3 h = 1000 \cdot 0,5 \cdot (50 \cdot 10^{-6}) = 0,025 \text{ кг}$$

2. Сопротивление нагревательного элемента:

Площадь поперечного сечения проволоки:

$$S_{\text{пр}} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,0002)^2}{4} = 3,14 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$$

Сопротивление:

$$R = \rho_{\text{м}} \frac{l}{S_{\text{пр}}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{2}{3,14 \cdot 10^{-8}} \approx 1,08 \text{ Ом}$$

3. Найдём мощность нагрева

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{24^2}{1,08} \approx 533 \text{ Вт}$$

4. Найдём энергию, необходимую для испарения воды

Энергия для нагрева воды до 100 градусов:

$$Q_1 = c_{\text{вод}} m (100 - t_0) = 4200 \cdot 0,025 \cdot 80 = 8400 \text{ Дж}$$

Энергия для испарения:

$$Q_2 = Lm = 2,3 \cdot 10^6 \cdot 0,025 = 57500 \text{ Дж}$$

Полная энергия:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 8400 + 57500 = 65900 \text{ Дж}$$

5. Найдём время очистки зеркала

$$\tau = \frac{Q}{P} = \frac{65900}{533} \approx 124 \text{ сек}$$

Зеркало очистится от запотевания примерно за 124 секунды (около 2 минут).

Критерии:

Критерий	Соотношения	Балл
Количество теплоты для нагрева	$Q = Cm\Delta t$	1 балл
Количество тепло для испарения	$Q = \lambda m$	1 балл
Удельное сопротивление	$R = \frac{\rho l}{S}$	1 балл
Формула мощности	$P = \frac{U^2}{R}$	2 балла
Связь теплоты и мощности	$\tau = \frac{Q}{P}$	1 балл
Найдено общее кол-во теплоты	65900 Дж	2 балла
Найдено время испарения	124 сек	2 балла

3. При игре в кёрлинг, тяжелый гранитный камень запускают по длинной ледяной дорожке. Каждую секунду камера делает снимок всей дорожки. На первом снимке запечатлен момент старта спортивного снаряда. На втором снимке ($t = 1 \text{ с}$) камень располагался на расстоянии $S_1 = 8 \text{ м}$ от стартовой линии. На третьем – на расстоянии $S_2 = 12 \text{ м}$. Найдите значения коэффициента трения μ между камнем и льдом, при которых это возможно. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Возможное решение:

На камень после начального толчка действуют 3 силы: сила тяжести, сила нормальной реакции опоры и сила трения скольжения. В результате, до остановки камень будет двигаться с ускорением

$$a = \mu g \rightarrow \mu = \frac{a}{g}.$$

Если к моменту 2τ камень ещё не остановился, то справедлива система уравнений:

$$\begin{cases} S_1 = v\tau - \frac{a\tau^2}{2}, \\ S_2 = v(2\tau) - \frac{a(2\tau)^2}{2}, \end{cases} \quad (1)$$

где v - начальная скорость камня.

Решая систему, получим:

$$a = \frac{2S_1 - S_2}{\tau^2} = 4 \frac{m}{c^2};$$
$$\mu = 0,4.$$

Если камень остановился между τ и 2τ , то справедлива другая система уравнений:

$$\begin{cases} S_1 = v\tau - \frac{a\tau^2}{2}, \\ S_2 = \frac{v^2}{2a}. \end{cases} \quad (2)$$

Из данной системы получаем уравнение для a :

$$2aS_2 = \left(\frac{S_1}{\tau} + \frac{a\tau}{2} \right)^2. \quad (3)$$

Решением данного уравнения будет соотношение: $a = 16(2 \pm \sqrt{3}) \text{ м/с}^2$.

Корень с «+» при проверке даёт время остановки, меньшее, чем τ , что противоречит условию.

Корень с «-» даёт время остановки между τ и 2τ , что и необходимо.

Этому ускорению соответствует коэффициент трения $\mu = 1,6(2 - \sqrt{3}) \approx 0,43$

Критерии:

№	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Коэффициент трения выражен через ускорение		1
2	Записана система уравнений [1]		1
3	Найдено первое значение $\mu = 0,4$		2
4	Указано, что возможен случай с остановкой до 2τ		1
5	Записана система уравнений [2]		1
6	Получено уравнение[3]		1
7	Найдены корни уравнения [3]		1
8	Найдено второе значение	$\mu = 1,6(2 - \sqrt{3}) \approx 0,43$	2

4. На рисунке представлена фазовая диаграмма воды – график зависимости давления (по вертикали) от температуры (по горизонтали). Отмечена «тройная точка» — это точка, в которой вода может одновременно и равновесно существовать в виде трёх фаз — в твёрдой, жидкой и газообразной. Известно, что в тройной точке удельная теплота парообразования воды равна $L = 2,5$ МДж/кг, а удельная теплота плавления льда равна $\lambda = 0,34$ МДж/кг. Определите по этим данным удельную теплоту q сублимации воды в тройной точке. Напомним, что сублимация – это переход из твердого состояния в газообразное.



Возможное решение:

Рассмотрим произвольный замкнутый цикл в окрестности тройной точки. Такой цикл включает в себя три перехода: лёд $\rightarrow$ вода, вода $\rightarrow$ пар, пар $\rightarrow$ лёд. Запишем уравнение теплового баланса для некоторой массы m :

$$m\lambda + mL - mq = 0$$

Энергия на сублимацию идет с минусом, потому что мы движемся по циклу в направлении пар $\rightarrow$ лёд, а сублимация это обратный процесс лёд $\rightarrow$ пар. Ноль в правой части отражает замкнутость цикла, изменение внутренней энергии отсутствует. Из уравнения определяем нужную теплоту сублимации:

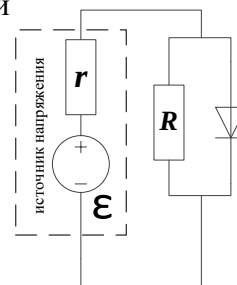
$$q = L + \lambda = 2,84 \text{ МДж/кг.}$$

Критерии:

№	Этапы решения	Соотношения	балл
1	Идея рассмотреть цикл вокруг тройной точки		3
2	Запись уравнения теплового баланса с верными знаками	$m\lambda + mL - mq = 0$	5
	Ошибка в знаках		-3
3	Определена теплота сублимации	$q = L + \lambda = 2,84 \text{ МДж/кг}$	2

Ответ $q = L + \lambda = 2,84$ МДж/кг без обоснования – ноль баллов за всю задачу.

5. Василий решил погрузиться в мир схемотехники, пытаясь собрать следующую схему (см. рис). Он приобрел диод, ВАХ которого показана на рисунке **НА ОБОРОТЕ**, и пытается подобрать резистор R таким образом, чтобы светодиод, максимальный ток через который равен $I_{\max} = 375$ мА, не вышел из строя, но при этом хоть как-то светился ($I_{\text{диод}} \neq 0$). В каком диапазоне следует подбирать резистор? Параметры схемы: $\mathcal{E} = 3\text{В}$, $r = 5 \text{ Ом}$.



Возможное решение:

Запишем уравнение Кирхгофа:

$$\mathcal{E} = I_R r + I_1 r + U$$

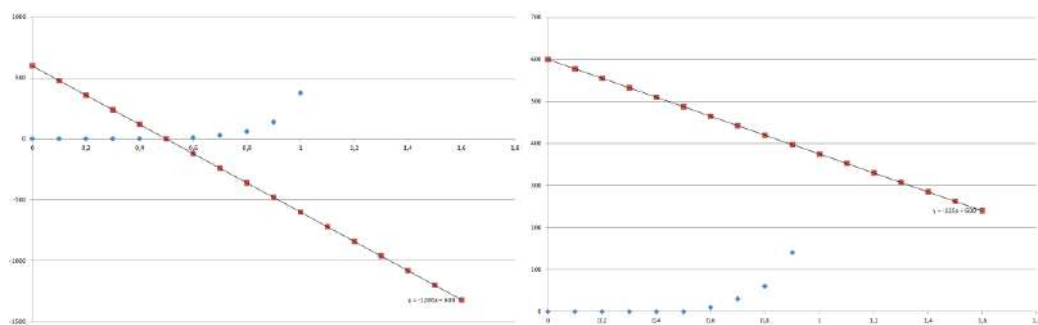
Подставив I_R , выраженный через напряжение на резисторе получим уравнение нагрузочной прямой:

$$I_1 = \mathcal{E}/r - U / ((R+r)/rR)$$

Нагрузочная прямая должна пересекаться с ВАХ диода. Найдем крайние наклоны этой прямой (диод

только загорается => $U = 0,5V$, диод “сгорает” $U = 1V$.)

Из уравнения и графически найденного угла наклона вычислим возможные варианты $R = [1;40]$ Ом



Критерии:

№	Этапы решения	Соотношения	балл
1	Запись закона Кирхгофа	$\mathcal{E} = I_R r + I_1 r + U$	2
2	На R напряжение U		1
3	Уравнение нагрузочной прямой	$I_1 = \mathcal{E}/r - U (R+r/rR)$	3
4	Граничные наклоны Н.П.		2
5	Вычисление границ для R		2