

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
в Томской области в 2025-2026 учебном году
11 класс

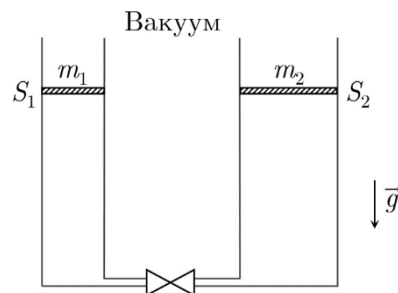
ОТВЕТЫ

Время выполнения заданий – 230 мин.

Максимальное количество первичных баллов – 100, итоговых – 100.

Задача 1. Ловкость поршней и никакого мошенничества

Два вертикально расположенных не теплоизолированных цилиндра с площадями поперечного сечения S_1 и S_2 соединены внизу трубкой пренебрежимо малого объёма, на которой установлен вентиль. В цилиндрах под поршнями находится гелий. Над поршнями – вакуум. Цилиндры могут перемещаться без трения. В начальном состоянии вентиль закрыт, поршни находятся на одной высоте H над трубкой и имеют одинаковую температуру окружающей среды. Массы поршней m_1 и m_2 (см. рисунок). Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.



- 1) Определите отношение плотности газа в левом цилиндре к плотности газа в правом. Поршни удерживают на начальной высоте, а вентиль открывают. Дожидаются установления равновесного состояния.
- 2) Определите новые давления гелия в правом и левом цилиндрах. Поршни отпускают.
- 3) С какими ускорениями начнут двигаться поршни сразу после того, как их отпустили? Затем дожидаются нового положения равновесия.
- 4) Какими будут высоты поршней над уровнем трубки?

Решение и критерии оценки

Критерий оценивания/этап решения	Баллы
Первый вопрос (5 баллов)	
1) Согласно Закону Менделеева-Клапейрона плотность газа определяется следующим соотношением: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{P\mu}{RT}.$	2
2) Тогда отношение плотностей: $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{m_1 g S_2}{S_1 m_2 g} = \frac{m_1 S_2}{m_2 S_1}$	3
Второй вопрос (4 балл)	
3) Начальные состояния газов: $P_1 S_1 H = \nu_1 RT$ $P_2 S_2 H = \nu_2 RT$	2
4) Конечное состояние после смешивания: $P(S_1 + S_2)H = (\nu_1 + \nu_2)RT$	1
5) Решая 3) и 4) совместно: $P = \frac{P_1 S_1 + P_2 S_2}{S_1 + S_2} = \frac{m_1 g + m_2 g}{S_1 + S_2}$	1
Третий вопрос (6 баллов)	
6) Уравнение динамики поршней: $m_1 a_1 = m_1 g - P S_1$ $m_2 a_2 = m_2 g - P S_2$	2+2
7) Откуда ускорения поршней:	1+1

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
в Томской области в 2025-2026 учебном году
11 класс**

$a_1 = \frac{1}{m_1} \frac{m_1 S_2 - m_2 S_1}{S_1 + S_2} g$ $a_2 = \frac{1}{m_2} \frac{m_2 S_1 - m_1 S_2}{S_1 + S_2} g$	
Четвёртый вопрос (5 баллов)	
8) Если $\frac{m_1 g}{S_1} = \frac{m_2 g}{S_2}$, то высота останется неизменной.	1
9) Если $\frac{m_1 g}{S_1} < \frac{m_2 g}{S_2}$, то газ полностью выйдет из правого цилиндра, и правый поршень будет лежать на дне. Высота левого поршня в этом случае определяется уравнением Менделеева-Клапейрона: $P_1 S_1 H_1 = (v_1 + v_2) R T$ $H_1 = \left(1 + \frac{m_2 g}{m_1 g}\right) H = \left(1 + \frac{m_2}{m_1}\right) H$	2
10) Аналогично если $\frac{m_1 g}{S_1} > \frac{m_2 g}{S_2}$, то газ полностью выйдет из левого цилиндра, и левый поршень будет лежать на дне. Высота правого поршня в этом случае определяется уравнением Менделеева-Клапейрона: $P_2 S_2 H_2 = (v_1 + v_2) R T$ $H_2 = \left(1 + \frac{m_1 g}{m_2 g}\right) H = \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right) H$	2
Итого за задачу	20

Задача 2. Это база

На горизонтальной поверхности закреплена гладкая полусфера радиуса $R = 0.5$ м. С верхней точки сферы без начальной скорости скатывается небольшое тело. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

- 1) На какой высоте от горизонтальной поверхности тело оторвётся от полусферы?
- 2) На каком расстоянии от центра полусферы тело ударится о горизонтальную поверхность?
- 3) На какую высоту поднимется тело после абсолютно упругого удара о горизонтальную поверхность?

Решение и критерии оценки

Критерий оценивания/этап решения	Баллы
Первый вопрос (7 баллов)	
1) Пусть h - высота отрыва тела от сферы, v – скорость тела в момент отрыва. По закону сохранения энергии: $mgR = mgh + \frac{mv^2}{2}$	2
2) Условие отрыва (сила реакции опоры пропадает) $m \frac{v^2}{R} = mg \cos \alpha$	2
3) Из геометрических соображений: $h = R \cos \alpha$	2
4) Решая 1)-3) совместно $h = \frac{2}{3} R = 0,33$ м	1
Второй вопрос (8 баллов)	
5) В момент отрыва тело имеет скорость $v = \sqrt{\frac{2gR}{3}}$	1

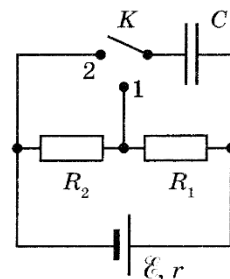
**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
в Томской области в 2025-2026 учебном году
11 класс**

6) Эта скорость направлена под углом α к горизонту (вниз)	1
7) К моменту отрыва тело уже сместилось по горизонтали на расстояние $h \sin \alpha = \frac{2}{3} R \frac{\sqrt{5}}{3} = \frac{2\sqrt{5}}{9} R$	2
8) Тело упадёт на землю через время t : $0 = h - v \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$ $t = -\frac{v \sin \alpha}{g} + \sqrt{\frac{2h}{g} + \left(\frac{v \sin \alpha}{g}\right)^2}$	2
9) За это время частица пройдёт по горизонтали дополнительное расстояние $vt \cos \alpha$	
10) Окончательно, тело ударится о горизонтальную плоскость на расстоянии от центра сферы, равному $h \sin \alpha + vt \cos \alpha = \frac{2\sqrt{5}}{9} R + \sqrt{\frac{8gR}{27}} \left(-\sqrt{\frac{10R}{27g}} + \sqrt{\frac{46R}{27g}} \right)$ $= \frac{\sqrt{180} + \sqrt{368} - \sqrt{80}}{27} R$	2
Третий вопрос (5 баллов)	
В наивысшей точке подъёма шарика после удара, шарик будет обладать горизонтальностью скоростью $v \cos \alpha = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2gR}{3}}$	
По закону сохранения энергии: $mgh + \frac{mv^2}{2} = mgH + \frac{m(v \cos \alpha)^2}{2}$	3
$H = h + \frac{(v \sin \alpha)^2}{2g} = \frac{18}{27} R + \frac{R}{3} \frac{5}{9} = \frac{23}{27} R = 0.43 \text{ м}$	2
Итого за задачу	20
Примечание	

Задача 3. Ключ и конденсатор

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, конденсатор C изначально не заряжен, $R_1 = r$, отношение $R_2/R_1 = 2$, ЭДС источника $\mathcal{E}$.

- 1) Ключ K переводят в положение 1. Какой ток I_1 будет протекать через резистор R_1 и какой ток I_2 будет протекать через резистор R_2 непосредственно после этого?
- 2) Затем ждут достаточно большой промежуток времени. Какая энергия W_1 будет запасена в конденсаторе?
- 3) Ключ переводят из положения 1 в положение 2. Какой ток I_3 будет протекать через резистор R_1 и какой ток I_4 будет протекать через резистор R_2 непосредственно после этого?
- 4) Затем снова ждут достаточно большой промежуток времени. Какая энергия W_2 будет запасена в конденсаторе?



Решение и критерии оценки

Критерий оценивания/этап решения	Баллы
----------------------------------	-------

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
в Томской области в 2025-2026 учебном году
11 класс**

Первый вопрос (6 баллов)	
1) Поскольку конденсатор был изначально не заряжен, напряжение на нём равно 0. Сразу после переключения ключа в положение 1 напряжение на резисторе R_1 также будет равно 0, следовательно, $I_1 = 0$	3
2) Закону Ома для полной цепи $I_2 = \frac{\varepsilon}{r+R_2} = \frac{\varepsilon}{3r}$.	3
Второй вопрос (4 балла)	
3) После зарядки конденсатора в цепи установится постоянный ток: $I_H = \frac{\varepsilon}{r + R_1 + R_2} = \frac{\varepsilon}{4r}$ При этом на резисторе R_1 установится напряжение $\frac{\varepsilon}{4}$ – такое же и на конденсаторе. Тогда $W_1 = \frac{c \varepsilon^2}{32}$	4
Третий вопрос (6 баллов)	
4) Непосредственно сразу после переключения ключа в положение 2 суммарное напряжение на резисторах R_1 и R_2 будет равно $\frac{\varepsilon}{4}$. Тогда $I_3 = I_4 = \frac{\varepsilon}{4(R_1+R_2)} = \frac{\varepsilon}{12r}$	3+3
Четвёртый вопрос (4 балла)	
5) Через достаточно большой промежуток времени ток в цепи снова станет равен I_H . Но теперь напряжение на конденсаторе будет равно $\frac{\varepsilon}{4r}(R_1 + R_2) = \frac{3\varepsilon}{4r}$ Тогда $W_2 = \frac{9c \varepsilon^2}{32}$	4
Итого за задачу	20

Задача 4. На сосне сидели белки и бросали вниз тарелки

С кедра падают без начальной скорости две шишки, находящиеся на разной высоте, но на одной вертикальной оси. Первая шишка находилась на высоте $H = 8$ м над землёй. В тот момент, когда первая шишка начала падать, с уровня земли по кедру начала подниматься белка. Двигаясь с постоянной скоростью, белка поймала первую шишку на высоте $S = 3$ м от земли. Найдите скорость v белочки. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

В тот момент, когда вторая шишка пролетала со скоростью v_0 место, где раньше висела первая шишка, белка стала спускаться с кедра с такой же постоянной скоростью. Белка поймала вторую шишку в тот момент, когда она достигла земли. С какой высота падала вторая шишка?

Решение и критерии оценки

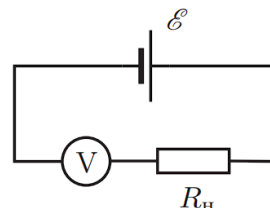
Критерий оценивания/этап решения	Баллы
Первый вопрос (10 баллов)	
1) Записано условие встречи первой шишки и белки: $H - \frac{gt_1^2}{2} = S, \quad S = vt_1$	3+3
2) Время падения шишки $t_1 = \sqrt{\frac{2(H-S)}{g}} = 1$ с	
3) Скорость движения белки: $v = \frac{S}{t_1} = 3$ м/с	4
Второй вопрос (10 баллов)	

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
в Томской области в 2025-2026 учебном году
11 класс**

4) Условие встречи второй шишки и белки: $H - v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = 0, \quad S = vt_2$	3+3
5) Учитывая, что скорость белки постоянна $t_2 = t_1 = 1$ с, тогда $v_0 = 3$ м/с	
6) Искомая высота $h = H + \frac{v_0^2}{2g} = 8 + 0.45 = 8.45$ м	4
Итого за задачу	20

Задача 5. Электрический псевдоэксперимент

Как-то раз на олимпиаде школьникам 8ого класса предложили исследовать зависимость показаний вольтметра от сопротивления нагрузки R_H . Для этого необходимо было собрать цепь, указанную на рисунке, и изменяя сопротивление нагрузки, фиксировать в таблице показания вольтметра. Школьник эту часть задания выполнил.



Продолжение условия на следующей странице

Таблица 1. Показания вольтметра в зависимости от сопротивления нагрузки

R_H , Ом	593	892	921	421	826	708
U_V , В	3,3	2,7	2,6	3,9	2,8	3,0

- Используя экспериментальные данные из Таблицы 1 постройте на прилагаемом к условию масштабном листе график зависимости показаний вольтметра от сопротивления нагрузки так, чтобы он представлял из себя участок прямой линии.
 - Используя построенный график, определите ЭДС идеального источника постоянного напряжения $\mathcal{E}$.
 - Используя построенный график, определите сопротивление вольтметра R_V .
- Оценивать погрешность не требуется.

Решение и критерии оценки

Критерий оценивания/этап решения	Баллы																					
Общие критерии (4 балла)																						
1) В силу Закона Ома для электрической цепи показания вольтметра: $U_V = \frac{\mathcal{E}}{R_V + R_H} R_V$	2																					
2) Преобразуем в виде: $\frac{1}{U_V} = \frac{1}{\mathcal{E}} + \frac{1}{R_V \mathcal{E}} R_H$ В координатах $(R_H; \frac{1}{U_V})$ график представляет из себя прямую со свободным коэффициентом $\frac{1}{\mathcal{E}}$ и угловым коэффициентом $\frac{1}{R_V \mathcal{E}}$.	2																					
Первый вопрос (10 баллов)																						
3) Дополним таблицу: <table><tr><td>R_H, Ом</td><td>421</td><td>593</td><td>708</td><td>826</td><td>892</td><td>921</td></tr><tr><td>U_V, В</td><td>3,9</td><td>3,3</td><td>3,0</td><td>2,8</td><td>2,7</td><td>2,6</td></tr><tr><td>$\frac{1}{U_V}, 10^{-3} \frac{1}{В}$</td><td>256</td><td>303</td><td>333</td><td>357</td><td>370</td><td>385</td></tr></table>	R_H , Ом	421	593	708	826	892	921	U_V , В	3,9	3,3	3,0	2,8	2,7	2,6	$\frac{1}{U_V}, 10^{-3} \frac{1}{В}$	256	303	333	357	370	385	2
R_H , Ом	421	593	708	826	892	921																
U_V , В	3,9	3,3	3,0	2,8	2,7	2,6																
$\frac{1}{U_V}, 10^{-3} \frac{1}{В}$	256	303	333	357	370	385																
4) Построен график:	8=2*4																					

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
в Томской области в 2025-2026 учебном году
11 класс

$\frac{1}{U_V}, 10^{-3} \frac{1}{В}$ Название диаграммы $R_H, \text{Ом}$	
Подписаны оси (указана величина и размерность) – 2 балла, Оформлен равномерный масштаб по осям – 2 балла, Нанесены точки, соответствующие таблице – 2 балла, Проведены ясно различимые две прямых линии – 2 балла. Участникам выдавался лист условий с распечатанной миллиметровкой. По плану график должен быть на нём. Рисунки участников, сделанные на других листках, тоже проверяются.	
Второй вопрос (3 балла)	
5) По графику определяем свободный коэффициент прямой $b = \frac{1}{\varepsilon} = 155 \cdot 10^{-3} \frac{1}{В}$ Откуда ЭДС источника: $\varepsilon = 6.45 \text{ В}$	3
Третий вопрос (3 балла)	
6) По угловому коэффициенту прямой $k = \frac{1}{R_V \varepsilon} = 0.2466 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{Ом В}}$ и ранее найденному свободному, найдём сопротивление вольтметра: $R_V = \frac{155 \cdot 10^{-3}}{0.2466 \cdot 10^{-3}} = 627 \text{ Ом}$	3
Итого за задачу	
	20
Примечание. В силу того, что задача подразумевает графическую обработку данных, то при корректном решении попадание в авторский ответ с отклонением в 10% засчитывается.	