

Ответы, решения и указания
к задачам районной олимпиады по физике

11 класс

1. Ответ: Приложенная сила равна $(4/5)mg$.

Решение: Обозначим искомую силу через F , а силу действия клина на груз через N и запишем 2-ой закон Ньютона для груза в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси:

$$ma = F\cos 30^\circ - N\sin 30^\circ, \quad 0 = F\sin 30^\circ + N\cos 30^\circ - mg.$$

Запишем далее 2-ой закон Ньютона для клина в проекции на горизонтальное направление:

$$ma = N\sin 30^\circ.$$

При записи уравнений учтено, что ускорения груза и клина одинаковы (груз не скользит по клину). Исключая из системы трех уравнений a и N , находим силу F .

2. Ответ: Сила равна $\lambda(V^2 + gH)$.

Решение: Учтем, что за время Δt лежащему на столе элементу массы цепочки $\Delta m = \lambda V \Delta t$ сообщается импульс $\Delta m V = \lambda V^2 \Delta t$. Разделив изменение импульса на Δt , найдем натяжение цепочки на нижнем конце ее вертикального участка: $F_{\text{нат}} = \lambda V^2$. Поскольку цепочка втягивается равномерно, искомая сила равна сумме $F_{\text{нат}}$ и силы тяжести λgH , действующей на вертикальную часть цепочки.

3. Ответ: Ток возрастет на $5E/(2R)$. Заряд на верхней пластине изменится на $-(5/2)CE$.

Решение: До замыкания ключа ток через резистор равнялся $3E/(2R)$, а заряд верхней пластины был положительным и равным $(3/2)CE$. Учтем далее, что разность потенциалов между полюсами батареи, имеющей нулевое внутреннее сопротивление, равна ее ЭДС. Отсюда найдем, что после замыкания ключа ток через верхний резистор будет $4E/R$, а заряд на верхней пластине конденсатора станет равным $-CE$.

4. Ответ: Брусок пройдет путь $V_0 \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$.

Решение: Перейдем в инерциальную систему отсчета, связанную с равномерно движущимся свободным концом пружины. В этой системе брусок получает начальную скорость V_0 , направленную от свободного конца пружины, и приходит в колебательное движение с периодом

$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$. Через полпериода, когда скорость бруска снова будет равна V_0 и направлена к свободному концу пружины, его кинетическая энергия в неподвижной системе отсчета станет максимальной. Поскольку в этот момент пружина будет снова недеформирована, перемещение груза в неподвижной системе отсчета будет равно перемещению свободного конца пружины $V_0 T/2$. Это перемещение и будет равно пройденному пути, т.к. груз в неподвижной системе отсчета не меняет направление скорости.

Общая рекомендация: При проверке, даже если задача не решена, можно давать 1-2 балла за правильно написанные физические законы, относящиеся к задаче.

10 класс

1. Ответ: На высоте $\frac{V_0^2}{4g}$.

Указание: Тангенциальное и нормальное ускорения равны по величине в точках траектории, где угол между вектором скорости и вектором ускорения свободного падения равен 45° и 135° . В этих точках горизонтальная и вертикальная проекции скорости равны по величине $V_0/2$.

2. Ответ: Приложенная сила равна $(4/5)mg$.

Решение: Обозначим искомую силу через F , а силу действия клина на груз через N и запишем 2-ой закон Ньютона для груза в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси:

$$ma = F\cos 30^\circ - N\sin 30^\circ, \quad 0 = F\sin 30^\circ + N\cos 30^\circ - mg.$$

Запишем далее 2-ой закон Ньютона для клина в проекции на горизонтальное направление:

$$ma = N\sin 30^\circ.$$

При записи уравнений учтено, что ускорения груза и клина одинаковы (груз не скользит по клину). Исключая из системы трех уравнений a и N , находим силу F .

3. Ответ: Сила равна $\lambda(V^2 + gH)$.

Решение: Учтем, что за время Δt лежащему на столе элементу массы цепочки $\Delta m = \lambda V \Delta t$ сообщается импульс $\Delta m V = \lambda V^2 \Delta t$. Разделив изменение импульса на Δt , найдем натяжение цепочки на нижнем конце ее вертикального участка: $F_{\text{нат}} = \lambda V^2$. Поскольку цепочка втягивается равномерно, искомая сила равна сумме $F_{\text{нат}}$ и силы тяжести λgH , действующей на вертикальную часть цепочки.

4. Ответ: $R_x = 2,75$ кОм.

Решение: Обозначим ток, входящий слева в верхнюю ветвь цепи через I_1 , а в нижнюю – через I_2 . Очевидно, $I_2 > I_1$, поскольку сопротивление верхней ветви больше. Значит, ток через амперметр течет вверх, и ток через крайний правый резистор в верхней ветви равен $I_1 + 3$ мА. Запишем для верхней ветви соотношение $I_1 2R + (I_1 + 3 \text{ мА})R = 120$ В. Отсюда находим $I_1 = 39$ мА. В силу малости сопротивления амперметра крайние правые резисторы в верхней и нижней ветвях включены параллельно, и через них текут одинаковые токи. Поэтому $I_1 + 3 \text{ мА} = I_2 - 3 \text{ мА}$, т.е. $I_2 = 45$ мА. Из малости сопротивления амперметра следует также равенство напряжений $I_1 2R = I_2 [R + R_x(R + R_x)^{-1}]$. Подставляя в последнее соотношение найденные токи I_1 и I_2 , получаем R_x .

Общая рекомендация: При проверке, даже если задача не решена, можно давать 1-2 балла за правильно написанные физические законы, относящиеся к задаче.

9 класс

1. Ответ: Наибольшая скорость удаления равна 5 км/час, а наименьшая – равна нулю.

Указание: Наибольшая скорость достигается в моменты, когда более быстрый велосипедист обгоняет более медленного. Наименьшая (равная нулю) скорость удаления реализуется в моменты, когда велосипедисты оказываются на расстоянии диаметра друг от друга.

2. Ответ: $\tau = \sqrt{2} \frac{V_0}{a}$, момент столкновения равен $t = \tau + \frac{V_0}{a} = (1 + \sqrt{2}) \frac{V_0}{a}$.

Указание. Наиболее позднее столкновение произойдет в точке, где вторая частица максимально смещена в отрицательном направлении оси x .

3. Ответ: Верхний уровень масла опустился на 1 см.

Решение: Поскольку содержимое сосуда не меняется, то не меняется и сила давления на дно сосуда. Отсюда следует:

$$\rho_v g \Delta H + \rho_m g \Delta h = 0,$$

где ρ_v и ρ_m – плотности воды и масла, ΔH – изменение высоты столба воды, а Δh – изменение высоты столба масла. Из этого соотношения находим $\Delta h = -5$ см. Следовательно, верхний уровень масла опустится на 1 см.

4. Ответ: $R_x = 2,75$ кОм.

Решение: Обозначим ток, входящий слева в верхнюю ветвь цепи через I_1 , а в нижнюю – через I_2 .

Очевидно, $I_2 > I_1$, поскольку сопротивление верхней ветви больше. Значит, ток через амперметр течет вверх, и ток через крайний правый резистор в верхней ветви равен $I_1 + 3$ мА. Запишем для верхней ветви соотношение $I_1 2R + (I_1 + 3 \text{ мА})R = 120 \text{ В}$. Отсюда находим $I_1 = 39$ мА. В силу малости сопротивления амперметра крайние правые резисторы в верхней и нижней ветвях включены параллельно, и через них текут одинаковые токи. Поэтому $I_1 + 3 \text{ мА} = I_2 - 3 \text{ мА}$, т.е. $I_2 = 45$ мА. Из малости сопротивления амперметра следует также равенство напряжений $I_1 2R = I_2 [R + R_x(R + R_x)^{-1}]$. Подставляя в последнее соотношение найденные токи I_1 и I_2 , получаем R_x .

Общая рекомендация: При проверке, даже если задача не решена, можно давать 1-2 балла за правильно написанные физические законы, относящиеся к задаче.

8 класс

1. Ответ: Обратный путь занял 2 часа 5 минут.
2. Ответ: Средняя скорость туриста на первой половине пути равна 6 км/час (на этой половине скорость постоянна). На второй половине средняя скорость равна $14/3$ км/час.
3. Ответ: Отношение удельных теплоемкостей равно $11/9$.
Решение: Обозначим массы тел через m , а их удельные теплоемкости тел через C_1 и C_2 ($C_1 > C_2$). Разница в количестве полученного тепла в двух случаях нагревания на 100° равна $(C_1 - C_2)m100^\circ$. Эта величина определяет разницу установившихся в результате теплового контакта температур: $(C_1 - C_2)m100^\circ = (C_1 + C_2)m10^\circ$. Отсюда получаем отношение C_1/C_2 .
4. Ответ: Плотность груза равна 5000 кг/м^3 .
Решение: Пока груз находится в банке, объем вытесняемой им воды равен m/ρ_v , где m – масса груза, а ρ_v – плотность воды. Утонувший груз вытесняет объем m/ρ_r , где ρ_r – плотность груза. Разность вытесняемых объемов и определяет понижение уровня ΔH : $m/\rho_v - m/\rho_r = S\Delta H$, где S – площадь дна сосуда.

Общая рекомендация: При проверке, даже если задача не решена, можно давать 1-2 балла за правильно написанные физические законы, относящиеся к задаче.

7 класс

1. Ответ: Обратный путь занял 2 часа 5 минут.
2. Ответ: Расстояние между деталями увеличится на 0,5 м. Количество деталей, поступающих за 1 мин в контейнер, не изменится.
3. Ответ: В бак можно налить 8 м^3 воды.
Указание: Учесть, что у куба окрашивают 5 граней. Следовательно, площадь одной грани равна 4 м^2 , а его ребро равно 2 м.

Общая рекомендация: При проверке, даже если задача не решена, можно давать 1-2 балла за правильно написанные физические законы, относящиеся к задаче.