

Заключительный (очный) этап научно-образовательного соревнования

Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации

«Техника и технологии» (общеобразовательный предмет «физика»), весна 2021 г

9 класс

Вариант 8

1. (12 баллов). Два резистора, сопротивления которых отличаются в 2 раза, соединив последовательно, подключают к источнику электрической энергии с постоянным напряжением. При этом в цепи выделяется мощность 4 Вт. Какова будет мощность тока при подключении к источнику электрической энергии соединенных параллельно двух резисторов, каждый из которых имеет сопротивление в 2 раза меньшее, чем имеет резистор с меньшим сопротивлением в первом опыте? Во втором опыте напряжение источника в 2 раза меньше, чем в первом.

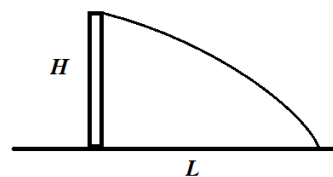
2. (8 баллов). На невесомый жесткий стержень, шарнирно закрепленный одним концом, надели массивную бусинку, которая может скользить по нему без трения. Вначале стержень покоился в горизонтальном положении, а бусинка находилась на расстоянии L от закрепленного конца. Затем стержень отпустили. Найдите скорость бусинки в момент времени, когда стержень будет находиться под углом α к вертикали ($\alpha < \pi/2$). Стержень достаточно длинный, случай соскакивания бусинки со стержня не рассматривать. Трения в шарнире нет.

3. (5 баллов). Сосуд доверху заполнен жидкостью плотностью $0,76 \text{ г/см}^3$. В сосуд положили камешек плотностью 2700 кг/м^3 , в результате чего часть жидкости вытекла, а масса сосуда с оставшейся жидкостью и камешком увеличилась на 55 г. Определите плотность материала камешка.

4. (5 баллов). Из одной точки, находящейся на небольшой высоте над поверхностью земли, горизонтально в противоположных направлениях бросают два небольших тела со скоростями $V_1 = 5 \text{ м/с}$ и $V_2 = 12 \text{ м/с}$. Найдите их относительную скорость в тот момент времени когда тела находятся вблизи поверхности земли непосредственно перед падением на нее. Сопротивлением воздуха пренебречь.

5. (8 баллов). С вершины башни высотой H горизонтально бросают небольшой шарик. Шарик падает на поверхность земли на расстоянии L по горизонтали от точки броска. Затем этот же шарик бросают с той же точки и с такой же начальной скоростью вертикально вверх.

Найдите высоту подъема шарика относительно поверхности во втором случае. Сопротивлением воздуха пренебречь.



6. (12 баллов). Тонкая собирающая линза располагается между предметом и экраном. На изменяя расстояния $L = 0,9$ м между предметом и экраном, линзу передвигают и получают на экране два изображения предмета: увеличенное и уменьшенное. Увеличенное изображение предмета, создаваемое линзой на экране, больше уменьшенного в $n = 4$ раза. Определите фокусное расстояние линзы.

Заключительный (очный) этап научно-образовательного соревнования

Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации

«Техника и технологии» (общеобразовательный предмет «физика»), весна 2021 г

9 класс

Вариант 8

1. (12 баллов). Два резистора, сопротивления которых отличаются в 2 раза, соединив последовательно, подключают к источнику электрической энергии с постоянным напряжением. При этом в цепи выделяется мощность 4 Вт. Какова будет мощность тока при подключении к источнику электрической энергии соединенных параллельно двух резисторов, каждый из которых имеет сопротивление в 2 раза меньшее, чем имеет резистор с меньшим сопротивлением в первом опыте? Во втором опыте напряжение источника в 2 раза меньше, чем в первом.

Возможное решение.

Примем, что меньшее сопротивление в первом опыте равно R . Тогда большее сопротивление будет равно $2R$.

При последовательном соединении резисторов мощность, выделяющаяся на них, равна

$$P_1 = \frac{U^2}{3R}.$$

Во втором опыте резисторы будут иметь одинаковое сопротивление $0,5R$.

При параллельном соединении резисторов мощность, выделяющаяся на них, равна

$$P_2 = \frac{U^2}{4 \cdot 0,25R} = \frac{U^2}{R}.$$

Заметим, что

$$\frac{U^2}{R} = 3P_1.$$

Тогда

$$P_2 = 3P_1 = 12 \text{ Вт}.$$

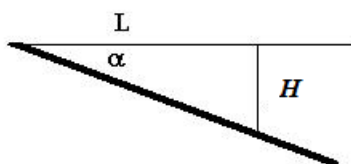
Ответ: $P_2 = 3P_1 = 12 \text{ Вт}$.

Критерии оценивания

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Рассчитаны сопротивления цепочек резисторов в обоих экспериментах	4 (по 2 балла за каждое соединение)
Записаны выражения для мощностей при двух способах включения резисторов	4 (по 2 балла за каждое соотношение)

Записано выражение, связывающее мощность P_1 , напряжение источника и сопротивление меньшего резистора	2
Получен результат в общем виде	1
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	1
Всего баллов	12

2. (8 баллов). На невесомый жесткий стержень, шарнирно закрепленный одним концом, надели массивную бусинку, которая может скользить по нему без трения. Вначале стержень покоился в горизонтальном положении, а бусинка находилась на расстоянии L от закрепленного конца. Затем стержень отпустили. Найдите скорость бусинки в момент времени, когда стержень будет находиться под углом α к вертикали ($\alpha < \pi/2$). Стержень достаточно длинный, случай соскакивания бусинки со стержня не рассматривать. Трения в шарнире нет.



Возможное решение.

Так как стержень невесомый, а трение отсутствует, то бусинка свободно падает вдоль вертикальной прямой, отстоящей от оси вращения стержня на расстояние L . Скорость бусинки после прохождения расстояния H будет равна

$$V = \sqrt{2gH} = \sqrt{2gLtg\alpha}.$$

Ответ: $V = \sqrt{2gLtg\alpha}$.

Критерии оценивания

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Указано, что бусинка свободно падает	3
Записано выражение для скорости бусинки в зависимости от пройденного расстояния	3
Задание выполнено полностью, получен ответ	2
Всего баллов	8

3. (5 баллов). Сосуд доверху заполнен жидкостью плотностью $0,76 \text{ г/см}^3$. В сосуд положили камешек плотностью 2700 кг/м^3 , в результате чего часть жидкости вытекла, а масса сосуда с оставшейся жидкостью и камешком увеличилась на 55 г . Определите плотность материала камешка.

Возможное решение.

Объем вытекшей жидкости равен объему камешка. Значит,

$$\frac{\Delta m_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}}} = \frac{m_{\text{к}}}{\rho_{\text{к}}}.$$

Обозначим первоначальную массу жидкости как $m_{\text{ж}}$. Масса сосуда с оставшейся жидкостью и камешком равна

$$m_{\Sigma} = m_{\text{ж}} - \Delta m_{\text{ж}} + m_{\text{к}}.$$

Изменение массы сосуда с жидкостью после укладки камешка и вытекания жидкости равно

$$\Delta m = m_{\text{к}} - \Delta m_{\text{ж}}.$$

Получаем

$$\frac{m_{\text{к}} - \Delta m}{\rho_{\text{ж}}} = \frac{m_{\text{к}}}{\rho_{\text{к}}},$$

$$\rho_{\text{к}} = \frac{\rho_{\text{ж}} m_{\text{к}}}{m_{\text{к}} - \Delta m} = 2600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Ответ: $\rho_{\text{к}} = \frac{\rho_{\text{ж}} m_{\text{к}}}{m_{\text{к}} - \Delta m} = 2600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$

Критерии оценивания

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записано условие равенства объемов камешка и вытекшей жидкости	1
Записано выражение для конечной массы	1
Записано выражение для изменения массы	1
Получен результат в общем виде	1
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	1
Всего баллов	5

4. (5 баллов). Из одной точки, находящейся на небольшой высоте над поверхностью земли, горизонтально в противоположных направлениях бросают два небольших тела со скоростями $V_1 = 5$ м/с и $V_2 = 12$ м/с. Найдите их относительную скорость в тот момент времени когда тела находятся вблизи поверхности земли непосредственно перед падением на нее. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Возможное решение.

Вертикальная проекция относительной скорости в любой момент времени полета равна нулю, а горизонтальная – $V_1 + V_2$. Относительная скорость равна

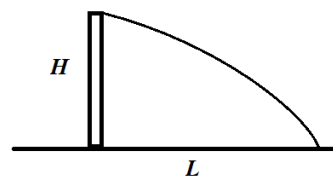
$$V = V_1 + V_2 = 17 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ: $V = V_1 + V_2 = 17 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$

Критерии оценивания

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Указано, что вертикальная проекция относительной скорости в любой момент времени полета равна нулю	2
Записано выражение для горизонтальной проекции относительной скорости	1
Получен результат в общем виде	1
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	1
Всего баллов	5

5. (8 баллов). С вершины башни высотой H горизонтально бросают небольшой шарик. Шарик падает на поверхность земли на расстоянии L по горизонтали от точки броска. Затем этот же шарик бросают с той же точки и с такой же начальной скоростью вертикально вверх. Найдите высоту подъема шарика относительно поверхности во втором случае. Сопротивлением воздуха пренебречь.



Возможное решение.

Пусть t – время полета шарика в первом случае, а V_0 – его начальная скорость. Тогда

$$L = V_0 t,$$

$$H = \frac{gt^2}{2}.$$

Начальная скорость выражается из этих уравнений как

$$V_0 = L \sqrt{\frac{g}{2H}}.$$

Тогда высота подъема шарика над поверхностью во втором случае равна

$$H' = H + \frac{V_0^2}{2g} = H + \frac{L^2}{4H} = \frac{4H^2 + L^2}{4H}.$$

Ответ: $H' = H + \frac{L^2}{4H} = \frac{4H^2 + L^2}{4H}$.

Критерии оценивания

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записано выражение для дальности полета в первом случае	2
Записано выражение для высоты башни по данным первого случая	2
Записано выражение для начальной скорости	2
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
Всего баллов	8

6. (12 баллов). Тонкая собирающая линза располагается между предметом и экраном. На изменяя расстояния $L = 0,9$ м между предметом и экраном, линзу передвигают и получают на экране два изображения предмета: увеличенное и уменьшенное. Увеличенное изображение предмета, создаваемое линзой на экране, больше уменьшенного в $n = 4$ раза. Определите фокусное расстояние линзы.

Возможное решение.

Передвигая линзу между предметом и экраном, можно получить изображение дважды. Геометрические параметры при этом связаны соотношениями

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{d_1} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f_2} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{F}$$

$$f_1 + d_1 = f_2 + d_2 = L,$$

где F – фокусное расстояние линзы; d – расстояние от объекта до линзы; f – расстояние от линзы до изображения. Опираясь на принцип обратимости хода лучей, можем утверждать, что

$$\begin{aligned} f_1 &= d_2 \\ f_2 &= d_1. \end{aligned}$$

Увеличение в первом случае, когда изображение больше предмета, равно

$$\Gamma = \frac{f_1}{d_1}.$$

В случае уменьшенного изображения увеличение можно считать равным

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{f_2}{d_2}.$$

Из условия следует, что

$$n = \Gamma^2.$$

Преобразуем уравнения тонкой линзы:

$$\frac{d_1}{f_1} + 1 = \frac{d_1}{F}$$

$$\frac{d_2}{f_2} + 1 = \frac{d_2}{F}$$

и получим уравнение

$$\Gamma + \frac{1}{\Gamma} + 2 = \frac{L}{F},$$

откуда следует, что

$$F = \frac{L}{\Gamma + \frac{1}{\Gamma} + 2} = \frac{L}{\sqrt{n} + \frac{1}{\sqrt{n}} + 2} = 0,2 \text{ м.}$$

Ответ: $F = \frac{L}{\sqrt{n} + \frac{1}{\sqrt{n}} + 2} = 0,2 \text{ м.}$

Критерии оценивания

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записаны соотношения между геометрическими параметрами	3 (по 1 баллу за каждое соотношение)
Записаны соотношения, следующие из принципа обратимости хода лучей	2 (по 1 баллу за каждое соотношение)
Записаны выражения для увеличений в двух случаях	2 (по 1 баллу за каждое соотношение)
Записано выражение $n = \Gamma^2$.	1
Проведены преобразования и получен результат в общем виде	3
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	1
Всего баллов	12