

**Заключительный (очный) этап научно-образовательного соревнования  
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации  
«Профессор Жуковский» (общеобразовательный предмет физика), весна 2019 г.**

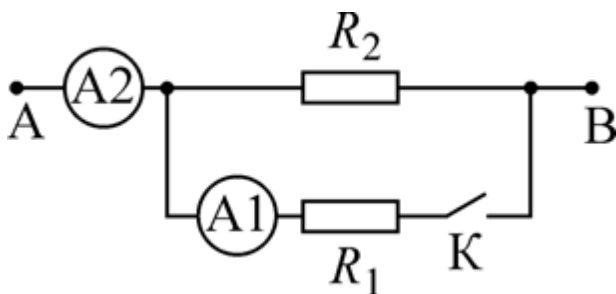
**9 класс**

**Вариант 5**

**1. (10 баллов).** Для определения плотности дерева взяли деревянный брусок длиной  $l = 10$  см и погрузили сначала в воду, а потом в жидкость, плотностью  $\rho = 1060 \text{ кг/м}^3$ . При переносе бруска из воды в жидкость глубина его погружения уменьшилась на  $h = 0,5$  см. Какова плотность дерева? Плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ . Брусок плавает вертикально, его длина измерена вдоль вертикали.

**2. (15 баллов).** В нагревателе находится жидкость при температуре  $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ . В жидкость поместили стальной шарик массой  $m_{\text{ш}} = 400$  г. После этого шарик перенесли в алюминиевый калориметр массой  $M = 80$  г, содержащий  $m = 400$  г воды при температуре  $t_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ . В результате этого температура воды в калориметре повысилась до  $t_2 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определите количество теплоты, которое было потеряно при переносе шарика. Удельные теплоемкости воды, стали и алюминия равны соответственно 4200, 500 и 920 Дж/(кг·К).

**3. (10 баллов).** Две материальные точки находятся в покое на расстоянии  $L$  друг от друга. Они начинают одновременно равноускоренно двигаться в одну сторону вдоль линии, их соединяющей. Ускорение точки, находящейся впереди, равно  $a$ . Какое минимальное ускорение должна иметь вторая точка, чтобы догнать первую до того момента времени, когда скорость первой точки станет равной  $V$ ?



резисторах, при размыкании ключа?

**4. (15 баллов).** В цепи, схема которой изображена на рисунке, при замкнутом ключе идеальный амперметр  $A_1$  показывает силу тока 3 А, а идеальный амперметр  $A_2$  показывает силу тока 8 А. Во сколько раз изменится тепловая мощность, суммарно выделяющаяся в суммарно обоих

**5. (25 баллов).** Из ведра в кастрюлю налили некоторое количество воды, затем поставили кастрюлю на электроплитку и через  $\tau_1 = 30$  минут вода начала кипеть. Из ведра зачерпнули еще некоторое количество воды и долили в кастрюлю, после чего температура воды в кастрюле понизилась на  $\Delta t = 12$  °С, а через  $\tau_2 = 5$  минут вода вновь была доведена до кипения. Какова температура воды в ведре? Потерями тепла можно пренебречь.

**6. (25 баллов).** Тело брошено вертикально вверх от поверхности некоторой планеты. На высоте 2 м оно имело скорость 6 м/с, на высоте 4 м его скорость была 5 м/с. С какой скоростью было брошено тело?

## Решение варианта 5

**1. (10 баллов).** Для определения плотности дерева взяли деревянный брусок длиной  $l = 10$  см и погрузили сначала в воду, а потом в жидкость, плотностью  $\rho = 1060$  кг/м<sup>3</sup>. При переносе бруска из воды в жидкость глубина его погружения уменьшилась на  $h = 0,5$  см. Какова плотность дерева? Плотность воды  $\rho_v = 1000$  кг/м<sup>3</sup>. Брусок плавает вертикально, его длина измерена вдоль вертикали.

**Возможное решение:** В обоих случаях выполняется условие равновесия  $\rho_d g S l = \rho_v g S x = \rho_{ж} g S (x - h)$  Здесь  $x$  – длина погруженной в жидкость части бруска. Решая эти уравнения, получим

$$\rho_d = \frac{\rho_v \rho_{ж} h}{l(\rho_{ж} - \rho_v)} \approx 883 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

**Ответ:**  $\rho_d = \frac{\rho_v \rho_{ж} h}{l(\rho_{ж} - \rho_v)} \approx 883 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$

**Критерии оценивания решения:**

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	<b>0</b>
Записаны два уравнения равновесия	<b>4</b>
Получен результат в общем виде	<b>4</b>
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	<b>2</b>
<b>Всего баллов</b>	<b>10</b>

**2. (15 баллов).** В нагревателе находится жидкость при температуре  $t = 100$  °С. В жидкость поместили стальной шарик массой  $m_{ш} = 400$  г. После этого шарик перенесли в алюминиевый калориметр массой  $M = 80$  г, содержащий  $m = 400$  г воды при температуре  $t_1 = 15$  °С. В результате этого температура воды в калориметре повысилась до  $t_2 = 22$  °С. Определите количество теплоты, которое было потеряно при переносе шарика. Удельные теплоемкости воды, стали и алюминия равны соответственно 4200, 500 и 920 Дж/(кг·К).

**Возможное решение:** Шарик при переносе из нагревателя в калориметр отдает количество теплоты  $Q_1 = c_{ст} m_{ш} (t - t_2)$ , расходуемое на тепловые потери и для нагревания воды и калориметра.

Значит, количество теплоты, которое было потеряно при переносе шарика, равно

$$Q = c_{ст} m_{ш} (t - t_2) - (c_v m + c_{Al} M) (t_2 - t_1) \approx 2125 \text{ Дж.}$$

**Ответ:**  $Q = c_{ст} m_{ш} (t - t_2) - (c_v m + c_{Al} M) (t_2 - t_1) \approx 2125 \text{ Дж.}$

**Критерии оценивания решения:**

<b>Выполнение</b>	<b>Балл</b>
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	<b>0</b>
Определено количество теплоты, отданное шариком	<b>3</b>
Определено количество теплоты, полученное водой	<b>3</b>
Определено количество теплоты, полученное калориметром	<b>3</b>
Составлено уравнение теплового баланса	<b>3</b>
Получен результат в общем виде	<b>2</b>
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	<b>1</b>
<b>Всего баллов</b>	<b>15</b>

**3. (10 баллов).** Две материальные точки находятся в покое на расстоянии  $L$  друг от друга. Они начинают одновременно равноускорено двигаться в одну сторону вдоль линии, их соединяющей. Ускорение точки, находящейся впереди, равно  $a$ . Какое минимальное ускорение должна иметь вторая точка, чтобы догнать первую до того момента времени, когда скорость первой точки станет равной  $V$ ?

**Возможное решение:**

Поместим начало отсчета в первоначальное положение первой точки. Тогда начальная координата второй точки будет равна  $(-L)$ . Скорость первой точки примет значение  $V$  в момент времени

$$t = \frac{V}{a}$$

Ускорение второй точки может быть вычислено из условия

$$\frac{at^2}{2} = -L + \frac{a_2t^2}{2}$$

$$\frac{V^2}{2a} = -L + \frac{a_2V^2}{2a^2}$$

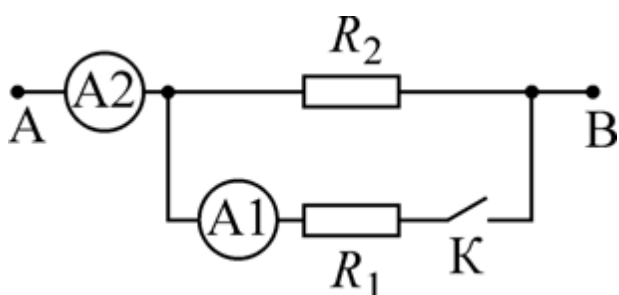
и

$$a_2 = a \left( 1 + \frac{2aL}{V^2} \right).$$

**Ответ:**  $a_2 = a \left( 1 + \frac{2aL}{V^2} \right).$

**Критерии оценивания решения:**

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Выполнен чертеж, выбрана система отсчета	2
Записано выражение для времени встречи	2
Правильно записано условие встречи частиц	2
Получен результат, но есть ошибки в преобразованиях при получении конечной формулы	2
Задание выполнено полностью, получен результат в общем виде	2
<b>Всего баллов</b>	<b>10</b>



4. (15 баллов). В цепи, схема которой изображена на рисунке, при замкнутом ключе идеальный амперметр  $A_1$  показывает силу тока 3 А, а идеальный амперметр  $A_2$  показывает силу тока 8 А. Во сколько раз изменится тепловая мощность, суммарно выделяющаяся в суммарно обоих

резисторах, при размыкании ключа?

**Возможное решение:**

Амперметр  $A_2$  показывает значение суммарного тока, сила тока, протекающего по резистору  $R_2$ , равна

$$I_2 = I_{A_2} - I_{A_1}.$$

Из условия равенства напряжений на резисторах определим отношение сопротивлений резисторов:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{I_{A_2}}{I_{A_1}}.$$

Мощность, выделяющаяся в цепи при замкнутом ключе, равна

$$P = I_{A_1}^2 R_1 + I_2^2 R_2 = R_2 [I_{A_1} I_{A_2} + (I_{A_2} - I_{A_1})^2]$$

При размыкании ключа в резисторе  $R_1$  ток станет равным нулю, ток  $I_2$  не изменится, поэтому мощность, выделяющаяся в цепи при разомкнутом ключе, равна

$$P' = (I_{A_2} - I_{A_1})^2 R_2.$$

Отношение мощностей равно

$$\frac{P}{P'} = \frac{I_{A_1} I_{A_2} + (I_{A_2} - I_{A_1})^2}{(I_{A_2} - I_{A_1})^2} = 1 + \frac{I_{A_1} I_{A_2}}{(I_{A_2} - I_{A_1})^2} = 1,96.$$

**Ответ:**  $\frac{P}{P'} = 1 + \frac{I_{A_1} I_{A_2}}{(I_{A_2} - I_{A_1})^2} = 1,96.$

**Критерии оценивания решения:**

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записано выражение для силы тока во втором резисторе	3
Записано выражение для отношения сопротивлений резисторов	3
Записано выражение для мощности в цепи при замкнутом ключе	3
Записано выражение для мощности в цепи при разомкнутом ключе	3
Получен результат в общем виде	2
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	1
<b>Всего баллов</b>	<b>15</b>

**5. (25 баллов).** Из ведра в кастрюлю налили некоторое количество воды, затем поставили кастрюлю на электроплитку и через  $\tau_1 = 30$  минут вода начала кипеть. Из ведра зачерпнули еще некоторое количество воды и долили в кастрюлю, после чего температура воды в кастрюле понизилась на  $\Delta t = 12$  °С, а через  $\tau_2 = 5$  минут вода вновь была доведена до кипения. Какова температура воды в ведре? Потерями тепла можно пренебречь.

**Возможное решение:** Мощность плитки  $P$  постоянна. Пусть искомая температура воды в ведре равна  $\theta$ , а температуру кипения  $t_k = 100$  °С. Тогда для первого этапа нагрева воды

$$P\tau_1 = cm_1(t_k - \theta),$$

где  $c$  – удельная теплоемкость воды.

Будем считать, что доливание воды осуществлялось быстро, теплообмен осуществлялся только между старой и новой порциями воды. Для этого процесса

$$cm_1\Delta t = cm_2(t_k - \Delta t - \theta)$$

В третьем процессе, когда вода второй раз доводится до кипения,

$$P\tau_2 = c(m_1 + m_2)\Delta t$$

Выразим из второго уравнения соотношение масс:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{t_k - \theta}{\Delta t} - 1.$$

Разделим третье уравнение на первое

$$\frac{\tau_2}{\tau_1} = \left(1 + \frac{m_2}{m_1}\right) \cdot \frac{\Delta t}{t_k - \theta}$$

Проведя необходимые преобразования, получим

$$\theta = \frac{2\tau_2 t_k - \Delta t(\tau_1 - \tau_2) - \sqrt{(2\tau_2 t_k - \Delta t(\tau_1 - \tau_2))^2 - 4\tau_2 t_k[\tau_2 t_k - \Delta t(\tau_1 + \tau_2)]}}{2\tau_2} \approx 12,6 \text{ °С}$$

**Ответ:**  $\theta \approx 12,6$  °С

**Критерии оценивания решения:**

<b>Выполнение</b>	<b>Балл</b>
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	<b>0</b>
Записано уравнение для нагрева воды в первом случае	<b>4</b>
Записано уравнение теплового баланса для смешивания порций воды	<b>4</b>
Записано уравнение для нагрева воды во втором случае	<b>4</b>
Записано выражение для отношения масс	<b>3</b>
Записано выражение для отношения времен нагрева	<b>3</b>
Получен результат в общем виде	<b>4</b>
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	<b>3</b>
<b>Всего баллов</b>	<b>25</b>

**6. (25 баллов).** Тело брошено вертикально вверх от поверхности некоторой планеты. На высоте 2 м оно имело скорость 6 м/с, на высоте 4 м его скорость была 5 м/с. С какой скоростью было брошено тело?

**Возможное решение:** Обозначим ускорение свободного падения у поверхности планеты как  $g$ , высоты  $h$  и скорости  $V$  на поверхности с индексом "0", на высоте 2 м – с индексом "1", на высоте 4 м – с индексом "2". На высоте  $h_1$  имеем

$$h_1 = \frac{V_0^2 - V_1^2}{2g}$$

Ускорение свободного падения

$$g = \frac{V_0^2 - V_1^2}{2h_1}.$$

Для высоты  $h_2$  имеем

$$h_2 = \frac{V_0^2 - V_2^2}{2g} = \frac{V_0^2 - V_2^2}{V_0^2 - V_1^2} h_1.$$

Скорость, с которой брошено тело, равна

$$V_0 = \sqrt{\frac{V_1^2 h_2 - V_2^2 h_1}{h_2 - h_1}} \approx 6,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

**Ответ:**  $V_0 = \sqrt{\frac{V_1^2 h_2 - V_2^2 h_1}{h_2 - h_1}} \approx 6,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

***Критерии оценивания решения:***

<b>Выполнение</b>	<b>Балл</b>
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	<b>0</b>
Записано уравнение для скорости на высоте 2 м	<b>6</b>
Записано выражение для ускорения свободного падения	<b>6</b>
Записано уравнение для скорости на высоте 4 м	<b>6</b>
Получен результат в общем виде	<b>5</b>
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	<b>2</b>
<b>Всего баллов</b>	<b>25</b>