

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников
по физике
9 класс**

(время выполнения – 3 часа, максимальное число баллов - 40)

Задача 1. (10 баллов) Первую половину пути Баба-Яга летела со скоростью $V_1 = 20$ км/ч. Затем погода испортилась, и половину оставшегося времени Баба-Яга пролетела со скоростью $V_2 = 10$ км/ч. В этот момент у нее сломалась метла, и ей, чтобы успеть на встречу с Лешим, пришлось оставшееся время идти пешком со скоростью $V_3 = 5$ км/ч. Найти среднюю скорость Бабы-Яги за все время движения.

Решение.

Средняя скорость по определению - отношение всего пройденного пути у затраченному на это времени. Обозначим весь путь Бабы-Яги L . Время движения по первому участку

$$t_1 = L / (2V_1).$$

Время движения по второму и третьему участкам равны

$$t_2 = t_3 = t,$$

причем, пройденный на этих двух участках путь

$$V_2 t + V_3 t = \frac{L}{2} \Rightarrow 2t = \frac{L}{V_2 + V_3}.$$

Полное время в пути

$$T = t_1 + 2t = \frac{L}{2V_1} + \frac{L}{V_2 + V_3}.$$

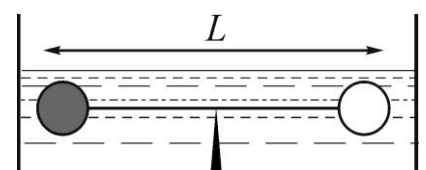
Средняя скорость

$$V_{cp} = \frac{L}{T} = \frac{2V_1(V_2 + V_3)}{2V_1 + V_2 + V_3} = \frac{120}{11} \approx 11 \text{ км/ч.}$$

Примерные критерии оценивания:

1. Определено, что такое средняя скорость – 2 балла.
2. Найдено время движения на первом участке – 2 балла.
3. Указано, что времена движения на втором и третьем участках равны – 1 балл
4. Найдено время второго и третьего участков – 2 балла.
5. Определено полное время движения – 1 балл.
6. Найдена средняя скорость – 2 балла.

Задача 2. (10 баллов) На концы легкого стержня длиной $L = 40$ см нанизаны два шарика. Первый шарик сделан из чугуна, второй из пластмассы. Стержень погружают в воду и уравнивают его в горизонтальном положении. Точечная опора, на



которой уравнивается система располагается при этом точно посередине стержня. На сколько нужно передвинуть вдоль стержня точку опоры, чтобы система сохранила равновесие в воздухе? Плотность чугуна $\rho_1 = 7140 \text{ кг/м}^3$, пластмассы - $\rho_2 = 1740 \text{ кг/м}^3$, воды - $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Решение.

Обозначим объемы шариков V_1 и V_2 . На чугунный шарик в воде действует разность силы тяжести и силы Архимеда

$$F_1 = M_1 g - \rho_0 g V_1 = (\rho_1 - \rho_0) g V_1.$$

Аналогичное выражение для пластмассового шарика:

$$F_2 = M_2 g - \rho_0 g V_2 = (\rho_2 - \rho_0) g V_2.$$

Опора расположена точно посередине, поэтому

$$F_1 = F_2,$$

откуда легко выразить отношение объемов шариков

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_2 - \rho_0} = 8,3.$$

На воздухе силу Архимеда можно отбросить, то есть

$$F_1' = \rho_1 g V_1, \quad F_2' = \rho_2 g V_2.$$

Пусть точка опоры сместилась на расстояние x в сторону пластмассового шарика. При этом плечо силы F_1' станет равным $L/2 + x$, а плечо силы F_2' - $L/2 - x$. Равновесие рычага имеет тогда вид

$$F_1' \left(\frac{L}{2} + x \right) = F_2' \left(\frac{L}{2} - x \right),$$

откуда

$$x = \frac{L}{2} \left(\frac{F_2' - F_1'}{F_2' + F_1'} \right) = \frac{L}{2} \left(\frac{F_2' / F_1' - 1}{F_2' / F_1' + 1} \right) = \frac{L}{2} \left(\frac{(V_2 \rho_2) / (V_1 \rho_1) - 1}{(V_2 \rho_2) / (V_1 \rho_1) + 1} \right) = \frac{L}{6}.$$

Примерные критерии оценивания:

1. Записано условие равновесия в воде – 2 балла.
2. Найдены силы, действующие на каждый шарик в воде – 2 балла.
3. Найдены силы, действующие на каждый шарик в воздухе – 2 балла.
4. Записано условие равновесия в воздухе – 2 балла.
5. Найдено смещение – 2 балла.

Задача 3. (10 баллов) Полностью заполненный водой электрический чайник при температуре 20°C включают и нагревают до 30°C , на это уходит $t_1 = 30$ секунд. Затем воду быстро выливают и вместо нее наливают такое же количество воды при температуре 20°C . Однако теперь для того, чтобы нагреть воду до 30°C , уходит уже $t_2 = 25$ секунд. После этого воду выливают и наливают такое же количество воды при температуре 10°C . Сколько понадобится времени, чтобы

нагреть ее до 20°C ? Потерями теплоты в окружающую среду пренебречь. Считать, что температура воды и стенок чайника уравниваются очень быстро.

Решение. Обозначим мощность чайника P . В первом опыте чайник нагревает и воду и себя на $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$, уравнение теплового баланса

$$Pt_1 = (C_1 + C_2)\Delta T,$$

где C_1 и C_2 - теплоемкости чайника и воды соответственно. Во втором опыте материал чайника уже был нагрет, поэтому электричество греет лишь воду:

$$Pt_2 = C_2\Delta T.$$

В третьем опыте вода нагревается на те же десять градусов, а чайник остывает, помогая согреть воду:

$$Pt_3 = (C_2 - C_1)\Delta T.$$

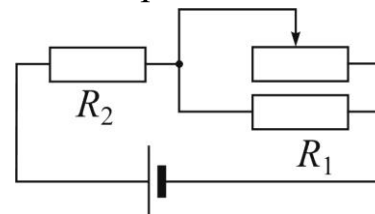
Если умножить второе уравнение на 2 и вычесть его из первого, то получится величина, равна Pt_3 . Следовательно,

$$t_3 = 2t_2 - t_1 = 20 \text{ секунд.}$$

Примерные критерии оценивания:

1. Указано, что теплота расходуется на нагревание воды и чайника – 1 балл.
2. Записано уравнение теплового баланса для первого опыта – 2 балла.
3. Записано уравнение теплового баланса для второго опыта – 2 балла.
4. Указано, что в третьем опыте материал чайника нагревает воду – 1 балл.
5. Записано уравнение теплового баланса для третьего опыта – 2 балла.
6. Найдено искомое время – 2 балла.

Задача 4. (10 баллов) К источнику постоянного тока с напряжением 4 В подключены согласно схеме два одинаковых резистора по 10 Ом каждый и реостат, сопротивление которого можно менять от 0 до 5 Ом. При каком положении ползунка реостата мощность, выделяемая на резисторе R_1 максимальна? Каково ее значение? Какая мощность выделяется в этом случае на резисторе R_2 ?



Решение. Пусть r - сопротивление реостата. Общее сопротивление параллельного участка

$$R_{\square} = \frac{Rr}{R + r},$$

напряжение на этом участке

$$U_{\square} = IR_{\square} = \frac{UR_{\square}}{R_{\square} + R} = \frac{U}{2 + R/r}.$$

Мощность, выделяемая на резисторе R_1 :

$$P_1 = \frac{U_{\square}^2}{R_1},$$

чем больше U_{\square} , тем больше P_1 , следовательно, максимум P_1 достигается при $r = 5$ Ом (крайнее левое положение).

$$P_{1\max} = \frac{U^2}{(2 + R/r_{\max})^2 R} = 0,1 \text{ Вт.}$$

На втором резисторе при этом P_2 :

$$P_2 = I^2 R = 0,9 \text{ Вт,}$$

где $I = \frac{U}{R_0}$, $R_0 = R_{\square} + R$, $R_{\square} = \frac{Rr_{\max}}{R + r_{\max}}$.

1. Найдено сопротивление параллельного участка – 1 балл.
2. Найдено напряжение на параллельном участке – 1 балл.
3. Найдена мощность, выделяемая на первом сопротивлении – 2 балла.
4. Сделан вывод о том, что максимальное значение мощности достигается при максимальном значении сопротивления реостата – 2 балла.
5. Найдено значение мощности, выделяемой на первом сопротивлении – 2 балла.
6. Найдено значение мощности, выделяемой на втором сопротивлении – 2 балла.

1. .