

## Отборочный этап. 9 класс

**Задача 1 / 1.** Самолет авиакомпании «Полет с умом» ускоряется из состояния покоя, чтобы взлететь со взлетно-посадочной полосы. При разгоне существует точка невозврата, по достижении которой пилот уже не сможет остановить самолет до конца взлетно-посадочной полосы, если ему не удастся взлететь. Длина взлетно-посадочной полосы составляет  $s = 2$  км, модуль ускорения самолета при разгоне равен  $a_1 = 3$  м/с<sup>2</sup>, модуль ускорения самолета при торможении равен  $a_2 = 2$  м/с<sup>2</sup>. Найдите промежуток времени  $t_1$  от начала разгона до достижения точки невозврата. Ответ дайте в секундах с точностью до десятых.

*Возможное решение*

Пусть  $t_1$  - время, за которое самолёт разгоняется до максимальной скорости  $v$ , а  $t_2$  - время, за которое самолёт остановится до момента выхода за пределы взлетно-посадочной полосы. Тогда:

$$v = a_1 t_1 = a_2 t_2$$

Соответственно расстояния, которые самолет преодолет в процессе разгона  $S_1$  и торможения  $S_2$  будут равны:

$$s_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2, \quad s_2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2$$

Поскольку  $t_1/t_2 = a_2/a_1$  и  $s = s_1 + s_2$ , найдем время  $t_1$ :

$$s = \frac{a_1}{2} t_1^2 + \frac{a_1^2}{2a_2} t_1^2 \Rightarrow t_1 = \sqrt{s \frac{2a_2}{a_1 a_2 + a_1^2}} \approx 23,1 \text{ с}$$

*Ответ:*  $t = 23,1 \text{ с}$

**Задача 1 / 2.** Самолет авиакомпании «Полет с умом» ускоряется из состояния покоя, чтобы взлететь со взлетно-посадочной полосы. При разгоне существует точка невозврата, по достижении которой пилот уже не сможет остановить самолет до конца взлетно-посадочной полосы, если ему не удастся взлететь. Длина взлетно-посадочной полосы составляет  $s = 2$  км, модуль ускорения самолета при разгоне равен  $a_1 = 3$  м/с<sup>2</sup>, модуль ускорения самолета при торможении равен  $a_2 = 2$  м/с<sup>2</sup>. Найдите максимальную скорость самолета  $v$ . Ответ дайте в м/с с точностью до десятых.

*Ответ:*  $v = 69,3 \text{ м/с}$

**Задача 2 / 1.** Человек стоит в лифте на напольных весах. Лифт стартует из состояния покоя и движется так, что показания весов меняются в процессе движения: первые  $\Delta t_1 = 2$  с показания равны  $P_1 = 660$  Н, затем в течение промежутка времени  $\Delta t_2 = 8$  с весы показывали  $P_2 = 600$  Н, и последние  $\Delta t_3 = 2$  с до полной остановки лифта показания весов составляли 540 Н. Считайте, что на каждом временном интервале ускорение лифта оставалось постоянным. На какую высоту поднялся лифт? Ответ дайте в метрах с точностью до целого. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

*Возможное решение*

Показания весов равны силе реакции опоры  $N$ . При движении лифта с ускорением  $a$  (направленным вверх) выполняется II закон Ньютона:

$$N_2 = m(g + a).$$

Найдём массу человека. На среднем участке сила реакции опоры равна  $N_2 = P_2 = 600$  Н и  $a = 0$ , значит:

$$N_2 = mg \Rightarrow m = \frac{N_2}{g} = 60 \text{ кг}.$$

Рассмотрим участок разгона. Здесь  $N_1 = P_1 = 660$  Н:

$$N_1 = m(g + a) \Rightarrow a = \frac{N_1}{m} - g = 1 \text{ м/с}^2.$$

Начальная скорость равна нулю, поэтому к концу разгона скорость  $v$  равна:

$$v = a\Delta t_1 = 2 \text{ м/с}.$$

Путь на участке разгона  $s_1$  равен:

$$s_1 = \frac{a\Delta t_1^2}{2} = 2 \text{ м}.$$

При равномерном движении скорость лифта постоянна  $v = 2$  м/с, поэтому путь на этом участке  $s_2$  равен:

$$s_2 = v\Delta t_2 = 16 \text{ м}.$$

При торможении ускорение направлено вниз. Здесь  $N_3 = P_3 = 540$  Н:

$$N_3 = m(g - a_3) \Rightarrow a = g - \frac{N_3}{m} = 1 \text{ м/с}^2.$$

Путь  $s_3$  при равнозамедленном движении:

$$s_3 = v\Delta t_3 - \frac{a\Delta t_3^2}{2} = 2 \text{ м}.$$

Найдём общую высоту подъёма:

$$h = s_1 + s_2 + s_3 = 2 + 16 + 2 = 20 \text{ м}.$$

*Ответ:  $h = 20$  м.*

**Задача 2 / 2** Человек стоит в лифте на напольных весах. Лифт стартует из состояния покоя и движется так, что показания весов меняются в процессе движения: первые  $\Delta t_1 = 2$  с показания равны  $P_1 = 600$  Н, затем в течение промежутка времени  $\Delta t_2 = 8$  с весы показывали  $P_2 = 500$  Н, и последние  $\Delta t_3 = \frac{4}{3}$  с до полной остановки лифта показания весов составляли 350 Н. Считайте, что на каждом временном интервале ускорение лифта оставалось постоянным. На какую высоту поднялся лифт? Ответ дайте в метрах с точностью до десятых. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

*Ответ:  $h = 38,7$  м.*

**Задача 3 / 1** Команда корабля «Курчатов» проводит испытания сверхчувствительной тормозной системы. Испытание разбито на 10 временных интервалов. Длительность первого интервала равна  $t_1 = 1$  с, каждый последующий интервал в  $p = 9$  раза длиннее предыдущего. Корабль движется прямолинейно и на каждом интервале испытания скорость движения корабля постоянна. На первом интервале скорость корабля составляет  $v_1 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . На каждом последующем интервале скорость в  $q = 3$  раз меньше, чем на предыдущем интервале. Найдите среднюю скорость движения корабля за время испытания. Ответ дайте в мкм/с с точностью до целого числа микрометров в секунду.

*Возможное решение*

Время интервала  $n$  составляет

$$t_n = t_1 p^{n-1}$$

Общее время испытания находится как сумма 10 членов геометрической прогрессии:

$$T = t_1 \frac{1 - p^{10}}{1 - p} = \frac{1 - 9^{10}}{1 - 9} \text{с} = \frac{1}{8}(9^{10} - 1) \text{с}$$

Аналогично, путь, проходимый на промежутке  $n$  равен:

$$s_n = v_1 t_1 (p/q)^{n-1}$$

Тогда общий путь:

$$S = v_1 t_1 \frac{1 - (p/q)^{10}}{1 - (p/q)} = \frac{1}{2}(3^{10} - 1) \text{м}$$

Найдем среднюю скорость:

$$V = \frac{S}{T} = \frac{8}{2} \cdot \frac{3^{10} - 1}{9^{10} - 1} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{4}{3^{10} + 1} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{4}{59049} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 68 \frac{\text{мкм}}{\text{с}}$$

**Ответ:**

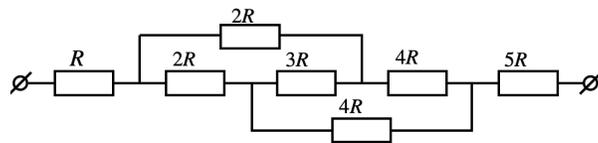
$$V = 68 \frac{\text{мкм}}{\text{с}}$$

**Задача 3 / 2** Команда корабля «Курчатов» проводит испытания сверхчувствительной тормозной системы. Испытание разбито на 10 временных интервалов. Длительность первого интервала равна  $t_1 = 1$  с, каждый последующий интервал в  $p = 4$  раза длиннее предыдущего. Корабль движется прямолинейно и на каждом интервале испытания скорость движения корабля постоянна. На первом интервале скорость корабля составляет  $v_1 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . На каждом последующем интервале скорость в  $q = 2$  раз меньше, чем на предыдущем интервале. Найдите среднюю скорость движения корабля за время испытания. Ответ дайте в мм/с с точностью до целого числа.

**Ответ:**

$$V = 3 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$$

**Задача 4 / 1.** На рисунке изображен участок цепи, состоящий из резисторов. Сопротивления всех резисторов заданы в виде  $nR$ , где  $R$  – сопротивление первого резистора. Найдите отношение сопротивления  $R_{\text{уч}}$  этого участка цепи к сопротивлению  $R$ . Ответ дайте с точностью до целого числа.



*Возможное решение*

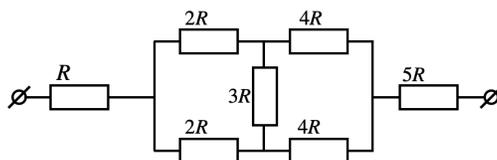


Рис. 1

Схема, приведенная в условии, может быть изображена в виде, показанном на рисунке 1. Из соображений симметрии ток через резистор с сопротивлением  $3R$  никогда не течет. Следовательно, указанная схема эквивалентна схеме на рисунке 2.

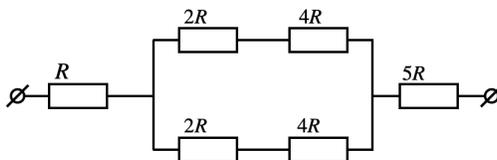


Рис. 2

Эта схема состоит из трех последовательно подключенных участков. Первый участок имеет сопротивление  $R_1 = R$ . Второй участок с параллельным подключением резисторов имеет сопротивление  $R_2$ , равное

$$R_2 = \frac{1}{\frac{1}{2R+4R} + \frac{1}{2R+4R}} = 3R$$

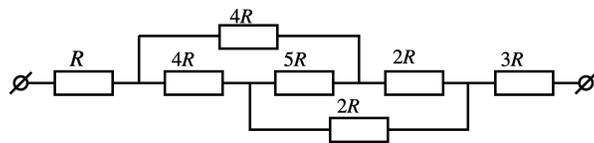
Сопротивление третьего участка:  $R_3 = 5R$

Найдем общее сопротивление:

$$R_{\text{уч}} = R_1 + R_2 + R_3 = 9R$$

*Ответ: 9*

**Задача 4 / 2.** На рисунке изображен участок цепи, состоящий из резисторов. Сопротивления всех резисторов заданы в виде  $nR$ , где  $R$  – сопротивление первого резистора. Найдите отношение сопротивления  $R_{\text{вч}}$  этого участка цепи к сопротивлению  $R$ . Ответ дайте с точностью до целого числа.



Ответ: 7

**Задача 5 / 1** В калориметре в состоянии теплового равновесия находятся  $m_1 = 300$  г воды и  $m_2 = 100$  г алюминиевых опилок при температуре  $t_1 = 40^\circ\text{C}$ . Теплоёмкость калориметра  $C_{\text{кал}} = 50$  Дж/°C. В калориметр добавили лёд массы  $m_i = 50$  г при температуре  $t_i = -10^\circ\text{C}$  и твёрдую углекислоту массы  $m_{\text{уг}}$  при температуре  $t_{\text{уг}} = -78^\circ\text{C}$ . Углекислота полностью перешла в газообразное состояние (данное вещество *сублимирует* – переходит из твердого агрегатного состояния сразу в газообразное состояние при нормальном атмосферном давлении), и после установления теплового равновесия покинула систему при температуре  $t_2 = 10^\circ\text{C}$ . Найдите начальную массу  $m_{\text{уг}}$  углекислоты. Ответ дайте в килограммах с точностью до сотых.

Удельная теплоёмкость воды  $c_{\text{в}} = 4,2$  кДж/(кг·°C), удельная теплоёмкость льда  $c_{\text{л}} = 2,1$  кДж/(кг·°C), удельная теплоёмкость алюминия  $c_{\text{ал}} = 0,90$  кДж/(кг·°C), удельная теплоёмкость газообразной углекислоты  $c_{\text{г}} = 0,84$  кДж/(кг·°C), удельная теплота плавления льда  $\lambda = 0,33$  МДж/кг, удельная теплота перехода углекислоты в газообразное состояние  $\lambda_{\text{уг}} = 0,38$  МДж/кг.

*Возможное решение*

Теплоту отдают вода, алюминий и калориметр при охлаждении до  $t_2$ :

$$Q_{\text{отд}} = (m_1 c_{\text{в}} + m_2 c_{\text{ал}} + C_{\text{кал}})(t_1 - t_2).$$

Теплоту получает лёд для нагрева, плавления и дальнейшего нагрева воды:

$$Q_{\text{лёд}} = m_i (c_{\text{л}} |t_i| + \lambda + c_{\text{в}} t_2).$$

Энергия, затраченная на фазовый переход углекислоты и нагрев полученного газа:

$$Q_{\text{уг}} = m_{\text{уг}} (\lambda_{\text{уг}} + c_{\text{г}} (t_2 - t_{\text{уг}})).$$

Напишем уравнение теплового баланса:

$$Q_{\text{отд}} = Q_{\text{лёд}} + Q_{\text{уг}}$$

$$(m_1 c_{\text{в}} + m_2 c_{\text{ал}} + C_{\text{кал}})(t_1 - t_2) = m_i (c_{\text{л}} |t_i| + \lambda + c_{\text{в}} t_2) + m_{\text{уг}} (\lambda_{\text{уг}} + c_{\text{г}} (t_2 - t_{\text{уг}}))$$

Найдем начальную массу:

$$m_{\text{уг}} = \frac{(m_1 c_{\text{в}} + m_2 c_{\text{ал}} + C_{\text{кал}})(t_1 - t_2) - m_i (c_{\text{л}} |t_i| + \lambda + c_{\text{в}} t_2)}{(\lambda_{\text{уг}} + c_{\text{г}} (t_2 - t_{\text{уг}}))} \approx 0,05$$

*Ответ: 0,05 кг.*

**Задача 5 / 2** В калориметре в состоянии теплового равновесия находятся  $m_1 = 250$  г воды и  $m_2 = 120$  г алюминиевых опилок при температуре  $t_1 = 35^\circ\text{C}$ . Теплоёмкость калориметра  $C_{\text{кал}} = 60$  Дж/°C. В калориметр добавили лёд массы  $m_i = 60$  г при температуре  $t_i = -15^\circ\text{C}$  и твёрдую углекислоту массы  $m_{\text{уг}}$  при температуре  $t_{\text{уг}} = -78^\circ\text{C}$ . Углекислота полностью перешла в газообразное состояние (данное вещество *сублимирует* – переходит из твердого агрегатного состояния сразу в газообразное состояние при нормальном атмосферном давлении), и после установления теплового равновесия покинула систему при температуре  $t_2 = 12^\circ\text{C}$ . Найдите начальную массу  $m_{\text{уг}}$  углекислоты. Ответ дайте в килограммах с точностью до сотых.

Удельная теплоёмкость воды  $c_{\text{в}} = 4,2$  кДж/(кг·°C), удельная теплоёмкость льда  $c_{\text{л}} = 2,1$  кДж/(кг·°C), удельная теплоёмкость алюминия  $c_{\text{ал}} = 0,90$  кДж/(кг·°C), удельная теплоёмкость газообразной углекислоты  $c_{\text{г}} = 0,84$  кДж/(кг·°C), удельная теплота плавления льда  $\lambda = 0,33$  МДж/кг, удельная теплота перехода углекислоты в газообразное состояние  $\lambda_{\text{уг}} = 0,38$  МДж/кг.

*Ответ: 0,01 кг.*