

**Заключительный (очный) этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету «физика», весна 2021 г
9 класс**

Вариант 3

1. (12 баллов). На прямолинейной дороге расположены два небольших поселка. Расстояние между поселками $L = 12$ км. Дорога прямолинейно же продолжается в обе стороны от поселков. Из поселков в противоположные стороны выехали два автомобиля, которые двигались равномерно. Второй автомобиль выехал на $\tau_1 = 30$ минут позже первого. Скорость первого из них $V_1 = 70$ км/час. Определите скорость второго автомобиля, если через $\tau_2 = 30$ минут от начала его движения расстояние между автомобилями было $S = 112$ км.

2. (12 баллов). Имеются два электрических кипятильника и одинаковые калориметры с водой одинаковой начальной температуры. Первый кипятильник нагревает некоторое количество воды до начала кипения за $t_1 = 6$ мин., а второй кипятильник нагревает вдвое большее количество воды до начала кипения за $t_2 = 18$ мин. За какое время удастся довести воду в калориметре до кипения, если нагревание проводить, используя оба кипятильника одновременно, а масса воды в три раза больше, чем в первом опыте? Потерями энергии пренебречь.

3. (18 баллов). Самолет Ан-2, производя равноускоренный разбег от нулевой начальной скорости до взлетной, прошел расстояние $s = 180$ м за время $t = 4,5$ с. Определите время одного оборота колеса основного шасси, когда самолет прошел четверть пути разбега. Диаметр колеса равен $D = 0,86$ м.

4. (20 баллов). Парашютист выполняет прыжок. Через некоторое время после открытия парашюта установившаяся скорость снижения парашютиста становится в $n = 4$ раза меньше, чем его скорость перед раскрытием парашюта. Сила сопротивления, действующая на парашютиста, пропорциональна квадрату его скорости. Чему равно ускорение парашютиста в момент, когда его скорость составляет 50% от скорости, которую он имел при снижении без парашюта?

5. (18 баллов). Имеется два резистора с одинаковым сопротивлением и один резистор с сопротивлением в 2 раза большим, чем у двух других. Если подключить эти резисторы последовательно к источнику электрической энергии, в цепи будет выделяться мощность 2 Вт. Какая мощность выделится в цепи, если подключить к этому же источнику первые два резистора (с одинаковым сопротивлением) параллельно? Напряжение источника постоянно (внутреннее сопротивление равно нулю).

6. (20 баллов) При резке металлического проката (листы, прутки, рельсы и т.п.) может использоваться два типа дисковых режущих инструментов: абразивные диски и металлические с твердосплавными зубцами. Оба диска имеют диаметр 300 мм, при этом абразивный диск постепенно стачивается. Частота вращения обоих дисков постоянна и равна 3600 об/мин.

Производительность k дисков определяется отношением скорости реза (площади распиливаемого поперечного сечения в секунду, $\text{м}^2/\text{с}$) к скорости резания (скорости движения края диска по заготовке, $\text{м}/\text{с}$) и равна 10^{-6} м.

Определить проценты износа металлического диска с твердосплавными зубцами и абразивного диска при разрезании каждым из них 40 металлических стержней круглого сечения диаметром 5 см, если одним абразивным диском можно перепилить $0,133 \text{ м}^2$ металла, а ресурс стального диска равен 60 минутам.

9 класс

Вариант 3

1. (12 баллов). На прямолинейной дороге расположены два небольших поселка. Расстояние между поселками $L = 12$ км. Дорога прямолинейно же продолжается в обе стороны от поселков. Из поселков в противоположные стороны выехали два автомобиля, которые двигались равномерно. Второй автомобиль выехал на $\tau_1 = 30$ минут позже первого. Скорость первого из них $V_1 = 70$ км/час. Определите скорость второго автомобиля, если через $\tau_2 = 30$ минут от начала его движения расстояние между автомобилями было $S = 112$ км.

Возможное решение.

Расстояние между автомобилями складывается из расстояния между поселками и расстояний, пройденных автомобилями за время движения:

$$S = L + V_1(\tau_1 + \tau_2) + V_2\tau_2 .$$

Тогда скорость второго автомобиля равна

$$V_2 = \frac{S - L - V_1(\tau_1 + \tau_2)}{\tau_2} = \frac{112 - 12 - 70 \cdot (0,5 + 0,5)}{0,5} = 60 \frac{\text{км}}{\text{час}} .$$

Второй случай, если автомобили двигались противоположно

$$V_2 = \frac{S + L - V_1(\tau_1 + \tau_2)}{\tau_2} = \frac{112 + 12 - 70 \cdot (0,5 + 0,5)}{0,5} = 108 \frac{\text{км}}{\text{час}} .$$

Ответ: скорость второго автомобиля равна 60 км/час или 108 км/час

Критерии оценивания

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Получено выражение для расстояния между автомобилями в первом случае	2
Получено в общем виде выражение для скорости второго автомобиля в первом случае	2
Получено выражение для расстояния между автомобилями во втором случае	2
Получено в общем виде выражение для скорости второго автомобиля во втором случае	2
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа для первого случая	2

Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа для второго случая	2
Всего баллов	12

2. (12 баллов). Имеются два электрических кипятильника и одинаковые калориметры с водой одинаковой начальной температуры. Первый кипятильник нагревает некоторое количество воды до начала кипения за $t_1 = 6$ мин., а второй кипятильник нагревает вдвое большее количество воды до начала кипения за $t_2 = 18$ мин. За какое время удастся довести воду в калориметре до кипения, если нагревание проводить, используя оба кипятильника одновременно, а масса воды в три раза больше, чем в первом опыте? Потерями энергии пренебречь.

Возможное решение.

Второй кипятильник должны сообщить воде в два раза большее количество теплоты, чем первый. Обозначим через P мощность кипятильника, тогда

$$2P_1t_1 = P_2t_2 .$$

Когда оба кипятильника нагревают воду одновременно за время t , то

$$(P_1 + P_2)t = 3P_1t_1 .$$

Выражая P_2 через P_1 и подставляя в полученное выше равенство, определим искомое время:

$$P_2 = P_1 \frac{2t_1}{t_2} ,$$

$$\left(P_1 + P_1 \frac{2t_1}{t_2} \right) t = 3P_1t_1 ,$$

$$t = \frac{3t_1t_2}{2t_1+t_2} = 10,8 \text{ минуты} = 648 \text{ с} .$$

Ответ: $t = \frac{3t_1t_2}{2t_1+t_2} = 10,8 \text{ минуты} = 648 \text{ с} .$

Критерии оценивания

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записано соотношение между количествами теплоты в первом и втором опытах	3

Записано выражение для количества теплоты при совместной работе кипятильников	3
Выражено одно количество теплоты через другое	2
Получен результат в общем виде	3
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	1
Всего баллов	12

3. (18 баллов). Самолет Ан-2, производя равноускоренный разбег от нулевой начальной скорости до взлетной, прошел расстояние $s = 180$ м за время $t = 4,5$ с. Определите время одного оборота колеса основного шасси, когда самолет прошел четверть пути разбега. Диаметр колеса равен $D = 0,86$ м.

Возможное решение.

Ускорение самолета равно

$$a = \frac{2s}{t^2}.$$

Четверть пути самолет прошел за время

$$\tau = \sqrt{\frac{s}{2a}} = \frac{t}{2}.$$

Его скорость на четверти пути равна

$$V = \frac{s}{2t}.$$

Время одного оборота колеса равно

$$T = \frac{\pi D}{V} = \frac{2\pi D t}{s} \approx \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,86 \cdot 4,5}{180} \approx 0,135 \text{ с.}$$

Ответ: $T = \frac{\pi D}{V} = \frac{2\pi D t}{s} \approx 0,135 \text{ с.}$

Критерии оценивания

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записано выражение для ускорения самолета	4
Записано выражение для времени прохождения четверти пути	5
Записано выражение для скорости на четверти пути	5
Получен результат в общем виде	3

Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	1
Всего баллов	18

4. (20 баллов). Парашютист выполняет прыжок. Через некоторое время после открытия парашюта установившаяся скорость снижения парашютиста становится в $n = 4$ раза меньше, чем его скорость перед раскрытием парашюта. Сила сопротивления, действующая на парашютиста, пропорциональна квадрату его скорости. Чему равно ускорение парашютиста в момент, когда его скорость составляет 50% от скорости, которую он имел при снижении без парашюта?

Возможное решение.

Обозначим скорость парашютиста перед открытием парашюта через V_0 . При установившейся скорости снижения сила сопротивления воздуха равна силе тяжести. При раскрытом парашюте установившаяся скорость связана с силой тяжести уравнением

$$k \frac{V_0^2}{n^2} = mg .$$

Из этого выражения для массы парашютиста получим:

$$m = \frac{kV_0^2}{gn^2} .$$

Искомое ускорение определяется из уравнения

$$ma = k(0,5V_0)^2 - mg .$$

Подставим в это уравнение выражение для массы и получим:

$$a = g(0,25n^2 - 1) = 3g \approx 29 \frac{M}{c^2} .$$

Ответ: $a = g(0,25n^2 - 1) \approx 29 \frac{M}{c^2} .$

Критерии оценивания

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записано равенство сил тяжести и сопротивления	4
Записано выражение для массы парашютиста	4
Записано выражение для ускорения тела в заданной точке	4
Получен результат в общем виде	5
Задание выполнено полностью, получен результат в виде	3

числа	
Всего баллов	20

5. (18 баллов). Имеется два резистора с одинаковым сопротивлением и один резистор с сопротивлением в 2 раза большим, чем у двух других. Если подключить эти резисторы последовательно к источнику электрической энергии, в цепи будет выделяться мощность 2 Вт. Какая мощность выделится в цепи, если подключить к этому же источнику первые два резистора (с одинаковым сопротивлением) параллельно? Напряжение источника постоянно (внутреннее сопротивление равно нулю).

Возможное решение.

При последовательном соединении резисторов мощность, выделяющаяся на них, равна

$$P_1 = \frac{U^2}{4R}.$$

При параллельном соединении двух одинаковых резисторов мощность, выделяющаяся на них, равна

$$P_2 = \frac{2U^2}{R}.$$

Из первого выражения получим

$$\frac{U^2}{R} = 4P_1.$$

Окончательно получаем

$$P = 8P_1 = 16 \text{ Вт}$$

Ответ: $P = 8P_1 = 16 \text{ Вт}$

Критерии оценивания

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Рассчитано сопротивление цепи при последовательном соединении трех резисторов	2
Рассчитано сопротивление цепи при параллельном соединении двух резисторов	2
Записано выражение для мощности при последовательном включении резисторов	4
Записано выражение для мощности при параллельном включении двух резисторов	4

Произведены необходимые преобразования и получен результат в общем виде	4
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
Всего баллов	18

6. (20 баллов) При резке металлического проката (листы, прутки, рельсы и т.п.) может использоваться два типа дисковых режущих инструментов: абразивные диски и металлические с твердосплавными зубцами. Оба диска имеют диаметр 300 мм, при этом абразивный диск постепенно стачивается. Частота вращения обоих дисков постоянна и равна 3600 об/мин.

Производительность k дисков определяется отношением скорости реза (площади распиливаемого поперечного сечения в секунду, $\text{м}^2/\text{с}$) к скорости резания (скорости движения края диска по заготовке, $\text{м}/\text{с}$) и равна 10^{-6} м.

Определить проценты износа металлического диска с твердосплавными зубцами и абразивного диска при разрезании каждым из них 40 металлических стержней круглого сечения диаметром 5 см, если одним абразивным диском можно перепилить $0,133 \text{ м}^2$ металла, а ресурс стального диска равен 60 минутам.

Решение:

Определим площадь сечения реза всех 40 металлических стержней диаметром 5 см

$$S = 40 \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 40 \cdot \frac{3,14 \cdot (5 \cdot 10^{-2})^2}{4} = 0,0785 \text{ м}^2$$

Тогда процент износа для абразивного диска

$$\frac{S}{S_{\text{абр}}} = \frac{0,0785}{0,133} = 0,59 = 59\%$$

Определим максимальную площадь сечения реза для металлического диска с твердосплавными зубцами.

По условию производительность диска

$$k = \frac{V_{\text{реза}}}{V_{\text{резания}}}$$

тогда

$$V_{\text{реза}} = k \cdot V_{\text{резания}} = k \frac{\omega D}{2} = k \frac{2\pi n D}{2} = 10^{-6} \frac{\pi \cdot 3600 \cdot 0,300}{60} = 0,0000565 \text{ м}^2/\text{с}.$$

Максимальную площадь сечения реза получим при полной выработке ресурса диска

$$S_{\text{реза.полн.}} = V_{\text{реза}} T = 0,0000565 \cdot 3600 = 0,2034 \text{ м}^2.$$

Тогда процент износа для металлического диска с твердосплавными зубцами

$$\frac{S}{S_{\text{мет}}} = \frac{S}{S_{\text{реза.полн.}}} = \frac{0,0785}{0,2034} = 0,19 = 39\%$$

Ответ: 59% и 39%