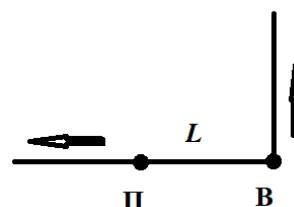


**Заключительный (очный) этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету «физика», весна 2021 г
9 класс**

Вариант 4

1. (12 баллов). На прямолинейном отрезке дороги расположены два небольших поселка Первый и Второй. Расстояние между поселками $L = 10$ км. Дорога прямолинейно продолжается в сторону от поселка Первый и перпендикулярно дороге между поселками от поселка Второй. Из поселков выехали два автомобиля, которые двигались равномерно. Направления движения автомобилей показаны на рисунке. Вторым автомобилем выехал на $\tau_1 = 30$ минут позже первого. Скорость первого из них $V_1 = 50$ км/час. Определите скорость второго автомобиля, если через $\tau_2 = 30$ минут от начала его движения расстояние между автомобилями было $S = 75$ 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 меньшее 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 четыре раза больше, чем в первом опыте? Потерями энергии пренебречь.

3. (18 баллов). Самолет Ан-2, произвел посадку на скорости $V = 90$ км/час и совершил посадочный равнозамедленный пробег до остановки. Определите время одного оборота колеса основного шасси, когда самолет прошел первую четверть пути пробега. Диаметр колеса равен $D = 0,86$ м.

4. (20 баллов). Парашютист выполняет прыжок. Через некоторое время после открытия парашюта скорость снижения парашютиста становится постоянной. Скорость парашютиста перед раскрытием парашюта в $n = 4$ раза больше, чем его установившаяся скорость при открытом парашюте. Сила сопротивления, действующая на парашютиста, пропорциональна квадрату его скорости. Чему равно ускорение парашютиста в момент, когда его скорость составляет 60% 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 меньшим, чем у двух других. Если подключить эти резисторы последовательно к источнику электрической энергии, в цепи будет выделяться мощность 4 Вт. Какая мощность выделится в цепи, если

подключить к этому же источнику два резистора: один из резисторов с большим сопротивлением параллельно резистору с меньшим сопротивлением? 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.

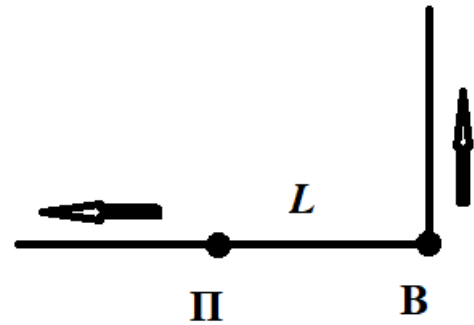
Производительность k дисков определяется отношением скорости реза (площади распиливаемого поперечного сечения в секунду, $\text{м}^2/\text{с}$) к скорости резания (скорости движения края диска по заготовке, $\text{м}/\text{с}$) и равна 10^{-6} м.

Найдите время разрезания каждым диском 20 заготовок сечением $95,04 \text{ см}^2$ каждая, если для замены абразивного диска требуется 4 минуты, а металлического – 7 минут. Одним металлическим диском можно перепилить $0,2034 \text{ м}^2$ металла, а скорость стачивания абразивного диска равна $0,4 \text{ мм}^2$ площади диска на 1 мм^2 реза, при этом его минимальный рабочий диаметр равен 150 мм.

9 класс

Вариант 4

1. (12 баллов). На прямолинейном отрезке дороги расположены два небольших поселка Первый и Второй. Расстояние между поселками $L = 10$ км. Дорога прямолинейно продолжается в сторону от поселка Первый и перпендикулярно дороге между поселками от поселка Второй. Из поселков выехали два автомобиля, которые двигались равномерно. Направления движения автомобилей показаны на рисунке. Второй автомобиль выехал на $\tau_1 = 30$ минут позже первого. Скорость первого из них $V_1 = 50$ км/час. Определите скорость второго автомобиля, если через $\tau_2 = 30$ минут от начала его движения расстояние между автомобилями было $S = 75$ км.



Возможное решение.

Расстояние между автомобилями определяется расстоянием между поселками и расстояний, пройденных автомобилями за время движения:

$$S = \sqrt{(L + V_1(\tau_1 + \tau_2))^2 + (V_2\tau_2)^2}.$$

Тогда скорость второго автомобиля равна

$$V_2 = \frac{\sqrt{S^2 - (L + V_1(\tau_1 + \tau_2))^2}}{\tau_2} = \frac{\sqrt{75^2 - (10 + 50 \cdot (0,5 + 0,5))^2}}{0,5} = 90 \frac{\text{км}}{\text{час}}.$$

Ответ: скорость второго автомобиля равна 90 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	5
Получено в общем виде выражение для скорости второго автомобиля	5
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	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 меньшее 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 четыре 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

$$P_1 t_1 = 2P_2 t_2 .$$

Когда оба кипятильника нагревают воду одновременно за время t , то

$$(P_1 + P_2)t = 4P_1 t_1 .$$

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

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

$$\left(P_1 + P_1 \frac{t_1}{2t_2} \right) t = 4P_1 t_1 ,$$

$$t = \frac{8t_1 t_2}{t_1 + 2t_2} \approx 20,6 \text{ минуты} = 1234 \text{ с} .$$

Ответ: $t = \frac{8t_1 t_2}{t_1 + 2t_2} \approx 20,6 \text{ минуты} = 1234 \text{ с} .$

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, произвел посадку на скорости $V = 90$ км/час и совершил посадочный равнозамедленный пробег до остановки. Определите время одного оборота колеса основного шасси, когда самолет прошел первую четверть пути пробега. Диаметр колеса равен $D = 0,86$ м.

Возможное решение.

Ускорение самолета при длине пробега s равно

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

Его скорость V' на первой четверти пробега определяется из выражения

$$\frac{s}{4} = \frac{V^2 - V'^2}{2a}$$

и равна

$$V' = \frac{V\sqrt{3}}{2}.$$

Время одного оборота колеса равно

$$T = \frac{\pi D}{V'} = \frac{2\pi D}{V\sqrt{3}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,86}{25 \cdot \sqrt{3}} \approx 0,12 \text{ с.}$$

Ответ: $T = \frac{\pi D}{V'} = \frac{4\pi D}{V\sqrt{3}} \approx 0,12 \text{ с.}$

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 скорость снижения парашютиста становится постоянной. Скорость парашютиста перед раскрытием парашюта в $n = 4$ раза больше, чем его установившаяся скорость при открытом парашюте. Сила сопротивления, действующая на парашютиста, пропорциональна квадрату его скорости. Чему равно ускорение парашютиста в момент, когда его скорость составляет 60% 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

$$ma = k(0,6V_0)^2 - mg .$$

Подставим в это уравнение выражение для массы и получим при $g = 9,81 \text{ м/с}^2$:

$$a = g(0,36n^2 - 1) = 4,76g \approx 46,7 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} .$$

Ответ: $a = g(0,36n^2 - 1) \approx 46,7 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

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 числа	3
Всего баллов	20

5. (18 баллов). Имеется два резистора с одинаковым сопротивлением и один резистор с сопротивлением в 2 раза меньшим, чем у двух других. Если подключить эти резисторы последовательно к источнику электрической энергии, в цепи будет выделяться мощность 4 Вт. Какая мощность выделится в цепи, если подключить к этому же источнику два резистора: один из резисторов с большим сопротивлением параллельно резистору с меньшим сопротивлением? Напряжение источника постоянно (внутреннее сопротивление равно нулю).

Возможное решение.

При последовательном соединении резисторов мощность, выделяющаяся на них, равна

$$P_1 = \frac{U^2}{2,5R}.$$

При параллельном соединении двух резисторов с разным сопротивлением мощность, выделяющаяся на них, равна

$$P_2 = \frac{3U^2}{R}.$$

Из первого выражения получим

$$\frac{U^2}{R} = 2,5P_1.$$

Окончательно получаем

$$P = 7,5P_1 = 30 \text{ Вт}$$

Ответ: $P = 7,5P_1 = 30 \text{ Вт}$

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.

Найдите время разрезания каждым диском 20 заготовок сечением $95,04 \text{ см}^2$ каждая, если для замены абразивного диска требуется 4 минуты, а металлического – 7 минут. Одним металлическим диском можно перепилить $0,2034 \text{ м}^2$ металла, а скорость стачивания абразивного диска равна $0,4 \text{ мм}^2$ площади диска на 1 мм^2 реза, при этом его минимальный рабочий диаметр равен 150 мм.

Решение:

Определим максимальную площадь сечения реза для абразивного диска.

Рабочая (стачиваемая) площадь диска равна

$$S_{\text{раб}} = \pi(D_0^2 - D_{\text{min}}^2)/4 = 0,053 \text{ м}^2,$$

Из условия имеем отношение скорости стачивания диска к площади реза

$$S_{\text{стачивания}}/S_{\text{реза}} = 0,4.$$

Полная площадь реза получится при полном износе диска, т.е. при $S_{\text{стачивания}} = S_{\text{раб}}$, тогда

$$S_{\text{реза.полн.}} = S_{\text{раб}}/0,4 = 0,132 \text{ м}^2.$$

То есть одним абразивным диском можно перепилить $0,132 \text{ м}^2$ металла.

Для разрезания 20 заготовок необходимая площадь реза равна $S_{20} = 0,19 \text{ м}^2$. Тогда количество абразивных дисков

$$N = \frac{S_{20}}{S_{\text{реза.полн.}}} = 1,44$$

То есть диск придется менять 1 раз.

Найдем все время работы:

по условию производительность диска

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

тогда

$$V_{\text{реза}} = k \cdot V_{\text{резания}} = k \frac{\omega \bar{D}}{2} = k \frac{2\pi n \bar{D}}{2} = 10^{-6} \frac{\pi \cdot 3600 \cdot 0,225}{60} = 0,0000424 \text{ м}^2/\text{с}.$$

где \bar{D} – средний диаметр абразивного диска

$$\bar{D} = (D_0 + D_{\text{min}})/2 = (300 + 150)/2 = 225 \text{ мм} = 0,225 \text{ м}$$

Время резания

$$t = \frac{S_{20}}{V_{\text{реза}}} = \frac{0,19}{0,0000424} = 4481 \text{ с} = 75 \text{ мин.}$$

Общее время работы

$$T_1 = t + t_{\text{см1}} = 75 + 4 = 79 \text{ мин.}$$

Одним металлическим диском можно перепилить $0,2034 \text{ м}^2$ металла, а площадь реза 20 заготовок $0,19 \text{ м}^2$. Значит, хватит одного металлического диска для выполнения всей работы.

Найдем время этой работы так же, как для абразивного диска

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

$$t = \frac{S_{20}}{V_{\text{реза}}} = \frac{0,19}{0,0000565} = 3363 \text{ с} = 56 \text{ мин.}$$

Ответ: Время резания абразивным диском 79 минуты, а время резания металлическим диском с твердосплавными зубцами равно 56 минут.