

Задания отборочного этапа Олимпиады школьников СПбГУ по физике 2024-2025 гг.

Участникам отборочного этапа Олимпиады по физике из 8-11х классов предлагался вариант, состоявший из 6 задач. Каждая из задач составлялась в нескольких вариациях, выбиравшаяся системой проведения Олимпиады случайным образом. При проверке проверялась корректность введенного в систему числового ответа. Часть задач предлагались к решению участникам разных классов. Ниже в обозначениях задач указывается участникам из каких классов они предназначались.

Задача 9.1**Вариант 1.1**

Ядро диаметром 100 мм, сделанное из чугуна, используется в качестве снаряда для пушки. При выстреле снаряд имеет скорость 200 м/с. Известно, что КПД выстрела равно 25%. Определите на сколько выстрелов хватит 32 кг пороха.

Плотность чугуна $\rho_{\text{чугуна}} = 8 \text{ г/см}^3$, удельная теплота сгорания пороха $q_{\text{пороха}} = 3,8 \text{ МДж/кг}$, формула для вычисления объема шара: $V_{\text{шара}} = 4/3\pi R^3$, где R - радиус шара, $\pi = 3,14$

Решение:

$$1) \text{ По определению КПД: } \eta = E_k/Q = \frac{m_{\text{ядра}} v^2}{2 m_{\text{пороха}} q_{\text{пороха}}}$$

$$2) m_{\text{ядра}} = V_{\text{ядра}} \rho_{\text{чугуна}} = 4/3\pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 \rho_{\text{чугуна}}$$

$$3) \text{ Выведем } m_{\text{пороха}} \text{ необходимое для одного выстрела: } m_{\text{пороха}} = \frac{4/3\pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 \rho_{\text{чугуна}} v^2}{2 \eta q_{\text{пороха}}}$$

$$4) \text{ Число выстрелов } N = \frac{M}{m_{\text{пороха}}} = \frac{2M\eta q_{\text{пороха}}}{4/3\pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 \rho_{\text{чугуна}} v^2}$$

Ответ: 363

Вариант 1.2

Ядро диаметром 80 мм, сделанное из чугуна, используется в качестве снаряда для пушки. При выстреле снаряд имеет скорость 250 м/с. Известно, что КПД выстрела равно 20%. Определите на сколько выстрелов хватит 36 кг пороха.

Плотность чугуна $\rho_{\text{чугуна}} = 8 \text{ г/см}^3$, удельная теплота сгорания пороха $q_{\text{пороха}} = 3,8 \text{ МДж/кг}$, формула для вычисления объема шара: $V_{\text{шара}} = 4/3\pi R^3$, где R - радиус шара, $\pi = 3,14$.

Решение:

$$1) \text{ По определению КПД: } \eta = E_k/Q = \frac{m_{\text{ядра}} v^2}{2 m_{\text{пороха}} q_{\text{пороха}}}$$

$$2) m_{\text{ядра}} = V_{\text{ядра}} \rho_{\text{чугуна}} = 4/3\pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 \rho_{\text{чугуна}}$$

$$3) \text{ Выведем } m_{\text{пороха}} \text{ необходимое для одного выстрела: } m_{\text{пороха}} = \frac{4/3\pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 \rho_{\text{чугуна}} v^2}{2 \eta q_{\text{пороха}}}$$

$$4) \text{ Число выстрелов } N = \frac{M}{m_{\text{пороха}}} = \frac{2M\eta q_{\text{пороха}}}{4/3\pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 \rho_{\text{чугуна}} v^2}$$

Ответ: 408

Вариант 2.1

Ядро диаметром 100 мм, сделанное из чугуна, используется в качестве снаряда для пушки. При выстреле снаряд имеет скорость 200 м/с. Известно, что КПД выстрела равно 26%. Пороховая бочка содержит 32,2 кг пороха. Сколько пороха останется в бочке после 50 выстрелов? Ответ представьте в кг и округлите до целого.

Плотность чугуна $\rho_{\text{чугуна}} = 8 \text{ г/см}^3$, удельная теплота сгорания пороха $q_{\text{пороха}} = 3,8 \text{ МДж/кг}$, формула для вычисления объема шара: $V_{\text{шара}} = \frac{4}{3}\pi(R)^3$, где R - радиус шара, $\pi=3,14$.

Решение:

1) По определению КПД: $\eta = E_k/Q = \frac{m_{\text{ядра}} v^2}{2 m_{\text{пороха}} q_{\text{пороха}}}$

2) $m_{\text{ядра}} = V_{\text{ядра}} \rho_{\text{чугуна}} = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3 \rho_{\text{чугуна}}$

3) Выведем $m_{\text{пороха}}$ необходимое для одного выстрела: $m_{\text{пороха}} = \frac{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3 \rho_{\text{чугуна}} v^2}{2 \eta q_{\text{пороха}}}$

$$\text{Остаток пороха } \Delta M = M - 50 \left(\frac{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3 \rho_{\text{чугуна}} v^2}{2 \eta q_{\text{пороха}}} \right) = 28 \text{ кг}$$

Ответ: 28

Вариант 2.2

Ядро диаметром 80 мм, сделанное из чугуна, используется в качестве снаряда для пушки. При выстреле снаряд имеет скорость 100 м/с. Известно, что КПД выстрела равно 24%. Пороховая бочка содержит 6 кг пороха. Сколько пороха останется в бочке после 80 выстрелов? Ответ представьте в кг и округлите до целого.

Плотность чугуна $\rho_{\text{чугуна}} = 8 \text{ г/см}^3$, удельная теплота сгорания пороха $q_{\text{пороха}} = 3,8 \text{ МДж/кг}$, формула для вычисления объема шара: $V_{\text{шара}} = \frac{4}{3}\pi(R)^3$, где R - радиус шара, $\pi=3,14$.

Решение:

1) По определению КПД: $\eta = E_k/Q = \frac{m_{\text{ядра}} v^2}{2 m_{\text{пороха}} q_{\text{пороха}}}$

2) $m_{\text{ядра}} = V_{\text{ядра}} \rho_{\text{чугуна}} = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3 \rho_{\text{чугуна}}$

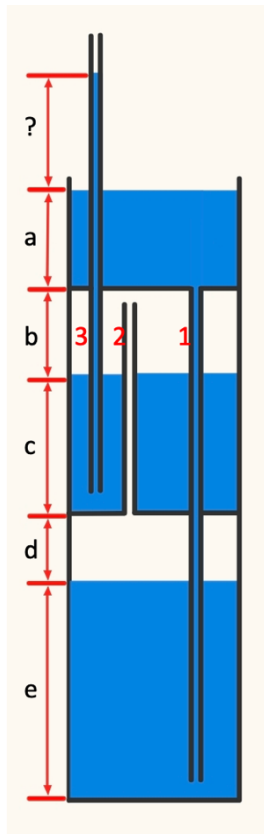
3) Выведем $m_{\text{пороха}}$ необходимое для одного выстрела: $m_{\text{пороха}} = \frac{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3 \rho_{\text{чугуна}} v^2}{2 \eta q_{\text{пороха}}}$

$$\text{Остаток пороха } \Delta M = M - 80 \left(\frac{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3 \rho_{\text{чугуна}} v^2}{2 \eta q_{\text{пороха}}} \right) = 5 \text{ кг}$$

Ответ: 5

Задача -9.2.

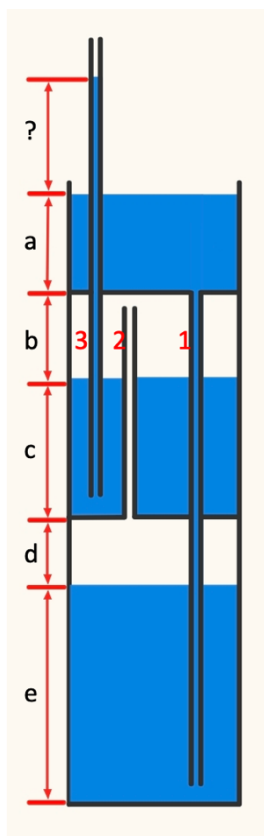
Вариант 1.1



Три пустых сосуда, расположенных один над другим заполнили водой. Сначала через трубку 3 заполнили сосуд в центре, затем через верхний сосуд, заполнили водой оставшиеся сосуды. Система со временем приходит в состояние равновесия (см.рисунок), при котором перетекание жидкостей прекращается. В процессе установления равновесия жидкость не выливается за пределы системы, воздушные объемы между сосудами герметичны. На сколько уровень воды в трубке 3 превышает уровень воды в верхнем сосуде при равновесном состоянии системы, если $a = 12$ мм; $b = 28$ мм; $c = 17$ мм; $d = 13$ мм; $e = 80$ мм. Ответ дайте в мм.

Ответ: 30

Вариант 1.2



Три пустых сосуда, расположенных один над другим заполнили водой. Сначала через трубку 3 заполнили сосуд в центре, затем через верхний сосуд, заполнили водой оставшиеся сосуды. Система со временем приходит в состояние равновесия (см.рисунок), при котором перетекание жидкостей прекращается. В процессе установления равновесия жидкость не выливается за пределы системы, воздушные объемы между сосудами герметичны. На сколько уровень воды в трубке 3 превышает уровень воды в верхнем сосуде при равновесном состоянии системы, если $a = 15$ мм; $b = 22$ мм; $c = 15$ мм; $d = 63$ мм; $e = 20$ мм. Ответ дайте в мм.

Ответ: 78

Решение 1 варианта:

Обозначим искомую величину как f . Давление столба воды в трубке 3 поддерживается давлением газа над водой в среднем и нижнем сосудах. Тогда высота столба в трубке 3: $a+b+f$. Также можно учесть давление атмосферы, но ввиду того, что сосуды были пустыми, то добавка давления атмосферы будет одинакова.

$$p = \rho g(a + b + f) + p_a$$

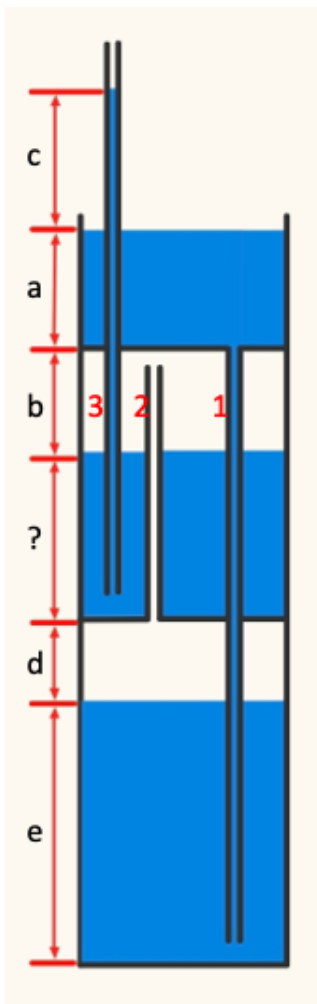
Давление газа равно давлению столба воды в трубке 1. Его высота $a+b+c+d$.

$$p = \rho g(a + b + c + d) + p_a$$

Приравняв уравнения, можно выразить искомую величину f :

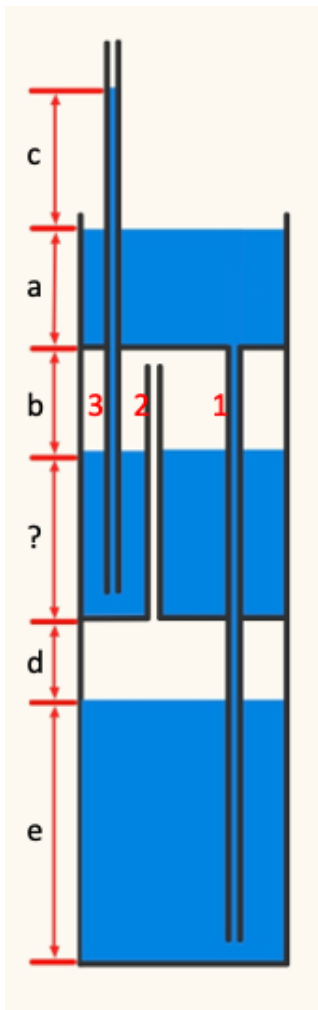
$$f = c + d$$

Ответ: $c+d$

**Вариант 2.1**

Три пустых сосуда, расположенных один над другим заполнили водой. Сначала через трубку 3 заполнили сосуд в центре, затем через верхний сосуд, заполнили водой оставшиеся сосуды. Система со временем приходит в состояние равновесия (см.рисунок), при котором перетекание жидкостей прекращается. В процессе установления равновесия жидкость не выливается за пределы системы, воздушные объемы между сосудами герметичны. Определите уровень воды среднем сосуде при равновесном состоянии системы, если $a = 8$ мм; $b = 5$ мм; $c = 11$ мм; $d = 7$ мм; $e = 24$ мм. Ответ дайте в мм.

Ответ: 4



Вариант 2.2

Три пустых сосуда, расположенных один над другим заполнили водой. Сначала через трубку 3 заполнили сосуд в центре, затем через верхний сосуд, заполнили водой оставшиеся сосуды. Система со временем приходит в состояние равновесия (см.рисунок), при котором перетекание жидкостей прекращается. В процессе установления равновесия жидкость не выливается за пределы системы, воздушные объемы между сосудами герметичны. Определите уровень воды среднем сосуде при равновесном состоянии системы, если $a = 9$ мм; $b = 6$ мм; $c = 27$ мм; $d = 13$ мм; $e = 50$ мм. Ответ дайте в мм.

Ответ: 14

Решение варианта 2:

Обозначим искомую величину как f . Давление столба воды в трубке 3 поддерживается давлением газа над водой в среднем и нижнем сосудах. Тогда высота столба в трубке 3: $a+b+f$. Также можно учесть давление атмосферы, но ввиду того, что сосуды были пустыми, то добавка давления атмосферы будет одинакова.

$$p = \rho g(a + b + c) + p_a$$

Давление газа равно давлению столба воды в трубке 1. Его высота $a+b+c+d$.

$$p = \rho g(a + b + f + d) + p_a$$

Приравняв уравнения, можно выразить искомую величину f :

$$f = c - d$$

Ответ: $c - d$

Задача -9.3.

Вариант 1.1

На столе стоят два стакана, в которые налито одинаковое количество воды массой m . Температура воды в первом стакане равна $t = 20^\circ\text{C}$, во втором $2t$. Вася перелил треть воды из второго стакана в первый. Дождавшись установления теплового равновесия, Вася перелил такое же количество воды из первого стакана обратно во второй. Определите температуру во втором стакане после всех переливаний. Теплообменом с окружающей средой пренебечь. Ответ приведите в градусах Цельсия и округлите до целого.

Решение:

Запишем уравнение теплового баланса, обозначив конечную температуру первого стакана, установившуюся после первого переливания через T . Долю воды, которую перелили в первый стакан, обозначим за $x \cdot m$:

$$cm(T-t) = cxm(2t-T) \quad (1)$$

Отсюда найдём конечную температуру, установившуюся в первом стакане:

$$T = t \frac{1+2x}{1+x} \quad (2)$$

Далее распишем уравнение теплового баланса для второго переливания. Конечную температуру, установившуюся во втором стакане, обозначим как τ :

$$cmx(\tau - T) = cm(1-x)(2t - \tau) \quad (3)$$

Раскрыв скобки и упростив выражение и выразив из этого выражения τ , получаем:

$$\tau = xT + 2t(1-x) \quad (4)$$

Подставим вместо T выражение (2),

$$\tau = \frac{xt(1+2x)}{1+x} + 2t(1-x) \quad (5)$$

Подставляя $x=1/3$, получаем $\tau = 35^\circ\text{C}$

Ответ: 35

Вариант 1.2

На столе стоят два стакана, в которые налито одинаковое количество воды массой m . Температура воды в первом стакане равна $t = 40^\circ\text{C}$, во втором $2t$. Вася перелил четверть воды из второго стакана в первый. Дождавшись установления теплового равновесия, Вася перелил такое же количество воды из первого стакана обратно во второй. Определите температуру во втором стакане после всех переливаний. Теплообменом с окружающей средой пренебечь. Ответ приведите в градусах Цельсия и округлите до целого.

Ответ: 72

Вариант 2.1

На столе стоят два стакана, в которые налито одинаковое количество воды массой m . Температура воды в первом стакане равна $t = 20^\circ\text{C}$, во втором $2t$. Вася перелил часть воды из второго стакана в первый. Дождавшись установления теплового равновесия, Вася перелил такое же количество воды из первого стакана обратно во второй. Конечная температура во втором стакане после всех переливаний получилась $1,8t$. Найти долю перелитой воды. Ответ приведите в процентах и округлите до целого.

Решение:

Запишем уравнение теплового баланса, обозначив конечную температуру первого стакана, установившуюся после первого переливания через T . Долю воды, которую перелили в первый стакан, обозначим за $x \cdot m$:

$$cm(T-t) = cxm(2t-T) \quad (1)$$

Отсюда найдём конечную температуру, установившуюся в первом стакане:

$$T = t \frac{1+2x}{1+x} \quad (2)$$

Далее распишем уравнение теплового баланса для второго переливания. Конечную температуру, установившуюся во втором стакане, обозначим как τ :

$$cmx(\tau - T) = cm(1-x)(2t - \tau) \quad (3)$$

Раскрыв скобки и упростив выражение и выразив из этого выражения τ , получаем:

$$\tau = xT + 2t(1-x) \quad (4)$$

Подставим вместо T выражение (2),

$$\tau = \frac{xt(1+2x)}{1+x} + 2t(1-x) \quad (5)$$

Поделив на t и подставив отношение $1,8$, получаем

$$\frac{\tau}{t} = (x+2)/(x+1); x = \frac{2-\frac{\tau}{t}}{\frac{\tau}{t}-1} = 0,2/0,8 = 0,25$$

$x = 1/4$ или 25%

Ответ: 25

Вариант 2.1

На столе стоят два стакана, в которые налито одинаковое количество воды массой m . Температура воды в первом стакане равна $t = 40^\circ\text{C}$, во втором $2t$. Вася перелил часть воды из второго стакана в первый. Дождавшись установления теплового равновесия, Вася перелил такое же количество воды из первого стакана обратно во второй. Конечная температура во втором стакане после всех переливаний получилась $1,75t$. Найти долю перелитой воды. Ответ приведите в процентах и округлите до целого. **Ответ: 33**

Задача 9-10.1

Вариант 2.1

Две нихромовые пластины квадратной формы одинаковой толщины последовательно включили в цепь. Проводники, соединяющие пластины, присоединены к противоположным граням с наименьшей площадью. Пластины поместили в одинаковые стаканы с одинаковым количеством жидкости, массой $m = 100$ г. Площадь первой пластины $S_1 = 10 \text{ см}^2$, площадь второй – $S_2 = 40 \text{ см}^2$. Найти отношение времени закипания первой жидкости ко времени закипания второй жидкости, после подключения цепи в сеть с напряжением 220В. Сопротивлением проводов, теплообменом с окружающей средой и теплоёмкостью пластин пренебречь.

Решение:

Обозначим за a сторону квадрата одной пластины (любой), а за d – её толщину. Тогда сопротивление одной пластины будет рассчитываться по формуле:

$$R = \frac{\rho l}{s} = \frac{\rho a}{ad} = \frac{\rho}{d}$$

Т.е. сопротивление пластины зависит только от удельного сопротивления и толщины пластины, но не от её площади. Тогда сопротивление пластин, а значит и выделяемое ими тепло одинаковое. А значит, вода в первом и втором стакане закипит одновременно.

Ответ: 1

Вариант 2.2

Две нихромовые пластины квадратной формы одинаковой толщины последовательно включили в цепь. Проводники, соединяющие пластины, присоединены к противоположным граням с наименьшей площадью. Пластины поместили в одинаковые стаканы с одинаковым количеством жидкости, равной массы $m = 300$ г. Площадь первой пластины $S_1 = 2 \text{ см}^2$, площадь второй – $S_2 = 6,5 \text{ см}^2$. Найти отношение времени закипания первой жидкости ко времени закипания второй жидкости, после подключения цепи в сеть с напряжением 220В. Сопротивлением проводов, теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Ответ: 1

Вариант 2.1

Две нихромовые пластины квадратной формы одинаковой толщины последовательно включили в цепь. Проводники, соединяющие пластины, присоединены к противоположным граням с наименьшей площадью. Пластины поместили в одинаковые стаканы с одинаковым количеством жидкости, равной массы $m = 400$ г. Площадь первой пластины $S_1 = 6 \text{ см}^2$, площадь второй – $S_2 = 8 \text{ см}^2$. Найти разность температур в стаканах через 2 минуты после включения цепи в сеть с напряжением 220В. Сопротивлением проводов, теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Решение:

Обозначим за a сторону квадрата одной пластины (любой), а за d – её толщину. Тогда сопротивление одной пластины будет рассчитываться по формуле:

$$R = \frac{\rho l}{s} = \frac{\rho a}{ad} = \frac{\rho}{d}$$

Т.е. сопротивление пластины зависит только от удельного сопротивления и толщины пластины, но не от её площади. Тогда сопротивление пластин, а значит и выделяемое ими тепло одинаковое. А значит, вода в первом и втором стакане закипит одновременно. И разность температур будет равна нулю

Ответ: 0

Вариант 2.2

Две нихромовые пластины квадратной формы одинаковой толщины последовательно включили в цепь. Проводники, соединяющие пластины, присоединены к противоположным граням с наименьшей площадью. Пластины поместили в одинаковые стаканы с одинаковым количеством жидкости, равной массы $m = 800$ г. Площадь первой пластины $S_1 = 1,5 \text{ см}^2$, площадь второй – $S_2 = 3 \text{ см}^2$. Найти разность температур в стаканах через 4 минуты после включения цепи в сеть с напряжением 220В . Ответ округлить до целого числа. Сопротивлением проводов, теплообменом с окружающей средой пренебречь. **Ответ:** 0

Задача 9-10.2.

Вариант 1.1

На ярмарке есть аттракцион: круговая карусель радиусом $R = 5$ м, при включении ускоряющаяся с постоянным угловым ускорением $\alpha = 0,02$ рад/с². В некоторый момент времени t_0 скорость вращения карусели составляла $\omega_0 = 1$ рад/с, а спустя t секунд центростремительное ускорение выросло в два раза по сравнению с моментом времени t_0 . Определите t . Ответ приведите в секундах, округлив до ближайшего целого значения.

Решение:

Обозначим искомое время за t_1

1. Центростремительное ускорение при $t = 0$:

$$a_{ц0} = \omega_0^2 R = 1^2 \times 5 = 5 \text{ м/с}^2$$

2. В момент времени t_1 центростремительное ускорение по условию задачи равно:

$$a_{ц1} = 2a_{ц0} = 2 \times 5 = 10 \text{ м/с}^2$$

3. Выразим угловую скорость через центростремительное ускорение в момент t_1 :

$$a_{ц1} = \omega_1^2 R \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{a_{ц1} / R} = \sqrt{10 / 5} = \sqrt{2} \text{ рад/с}$$

4. Угловая скорость в момент времени t_1 :

$$\omega_1 = \omega_0 + \alpha t_1$$

5. Выразим время t_1 из пункта 4:

$$t_1 = (\omega_1 - \omega_0) / \alpha = (\sqrt{2} - 1) / 0,02 = 21 \text{ с}$$

Ответ: 21

Вариант 2.2

На ярмарке есть аттракцион: круговая карусель радиусом $R = 9$ м, при включении ускоряющаяся с постоянным угловым ускорением $\alpha = 0,1$ рад/с². В некоторый момент времени t_0 скорость вращения карусели составляла $\omega_0 = 0,5$ рад/с, а спустя t секунд центростремительное ускорение выросло в два раза по сравнению с моментом времени t_0 . Определите t . Ответ приведите в секундах, округлив до ближайшего целого значения.

Решение:

Обозначим искомое время за t_1

1. Центростремительное ускорение при $t = 0$:

$$a_{ц0} = \omega_0^2 R = 0,5^2 \times 9 = 2,25 \text{ м/с}^2$$

2. В момент времени t_1 центростремительное ускорение по условию задачи равно:

$$a_{ц1} = 9a_{ц0} = 9 \times 2.25 \text{ м/с}^2$$

3. Выразим угловую скорость через центростремительное ускорение в момент t_1 :

$$a_{ц1} = \omega_1^2 R \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{a_{ц1} / R} = \sqrt{9 \times 2.25 / 9} = 1.5 \text{ рад/с}$$

4. Угловая скорость в момент времени t_1 :

$$\omega_1 = \omega_0 + \alpha t_1$$

5. Выразим время t_1 из пункта 4:

$$t_1 = (\omega_1 - \omega_0) / \alpha = (1.5 - 0.5) / 0.1 = 10 \text{ с}$$

Ответ: 10

Вариант 2.1

На ярмарке есть аттракцион: круговая карусель радиусом $R = 5 \text{ м}$, при включении вращающаяся с постоянным угловым ускорением. В некоторый момент времени t_0 скорость вращения карусели составляла $\omega_0 = 2 \text{ рад/с}$, а спустя 2 секунды центростремительное ускорение выросло в 4 раза по сравнению с моментом времени t_0 . Определите угловое ускорение карусели. Ответ приведите в рад/с^2 , округлив до ближайшего целого значения.

Решение:

Обозначим конечное время за t_1

1. Центростремительное ускорение при $t = 0$:

$$a_{ц0} = \omega_0^2 R = 2^2 \times 5 = 20 \text{ м/с}^2$$

2. В момент времени t_1 центростремительное ускорение по условию задачи равно:

$$a_{ц1} = 4a_{ц0} = 4 \times 20 = 80 \text{ м/с}^2$$

3. Выразим угловую скорость через центростремительное ускорение в момент t_1 :

$$a_{ц1} = \omega_1^2 R \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{a_{ц1} / R} = \sqrt{80 / 5} = 4 \text{ рад/с}$$

4. Угловая скорость в момент времени t_1 :

$$\omega_1 = \omega_0 + \alpha t_1$$

5. Выразим α из пункта 4:

$$\alpha = (\omega_1 - \omega_0) / t_1 = (4 - 2) / 2 = 1 \text{ рад/с}^2$$

Ответ: 1

Вариант 2.2

На ярмарке есть аттракцион: круговая карусель радиусом $R = 7$ м, при включении вращающаяся с постоянным угловым ускорением. В некоторый момент времени t_0 скорость вращения карусели составляла $\omega_0 = 1$ рад/с, а спустя 0,5 секунды центростремительное ускорение выросло в 9 раз по сравнению с моментом времени t_0 . Определите угловое ускорение карусели. Ответ приведите в рад/с², округлив до ближайшего целого значения.

Решение:

Обозначим конечное время за t_1

1. Центростремительное ускорение при $t = 0$:

$$a_{ц0} = \omega_0^2 R = 1^2 \times 7 = 7 \text{ м/с}^2$$

2. В момент времени t_1 центростремительное ускорение по условию задачи равно:

$$a_{ц1} = 9a_{ц0} = 9 \times 7 = 63 \text{ м/с}^2$$

3. Выразим угловую скорость через центростремительное ускорение в момент t_1 :

$$a_{ц1} = \omega_1^2 R \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{a_{ц1} / R} = \sqrt{63 / 7} = 3 \text{ рад/с}$$

4. Угловая скорость в момент времени t_1 :

$$\omega_1 = \omega_0 + \alpha t_1$$

5. Выразим α из пункта 4:

$$\alpha = (\omega_1 - \omega_0) / t_1 = (3 - 1) / 0.5 = 4 \text{ рад/с}^2$$

Ответ: 4

Задача 9-10.3

Вариант 1

Резистор с сопротивлением **R Ом** подключили в цепь постоянного тока и поместили в сосуд со смесью воды и льда общей массой **m** грамм при температуре **0 °С**. Через **t** минут температура воды в сосуде стала равной **T °С**. Определите ток в цепи. Удельная теплота плавления льда равна **334 кДж/кг**, теплоемкость воды равна **4200 Дж/(кг·°С)**. Теплообменом с окружающей средой и стенками сосуда пренебречь. Начальное массовое соотношение воды и льда в сосуде было **k:n**. Ответ приведите в амперах, округлив до ближайшего целого значения.

Решение:

Количество теплоты, выделившееся на резисторе, ушло на плавление льда и разогрев воды:

$$Q = \lambda \Delta m + C(m_1 + \Delta m) \Delta T$$

Из данного по условию соотношения воды и льда в сосуде находим, что

$$m_1 = \frac{k}{k+n} m, \Delta m = \frac{n}{k+n} m$$

Мощность, выделяющаяся на резисторе, равна:

$$P = I^2 R = \frac{Q}{t}$$

Откуда

$$I = \sqrt{\frac{m \left(\frac{n}{k+n} \lambda + C \Delta T \right)}{R t}}$$

Подставляя числа, получаем окончательный ответ:

1. $m=1200$ г., $\Delta T=7$, $t=20$ мин, $R=2$ Ом, $n=3, k=7$. $I=8$ А.
2. $m=1500$ г., $\Delta T=16$, $t=25$ мин, $R=4$ Ом, $n=1, k=9$. $I=5$ А.

Вариант 2

Резистор с сопротивлением **R Ом** подключили в цепь постоянного тока и поместили в сосуд со смесью воды и льда общей массой **m** грамм при температуре **0 °С**. Через **t** минут температура воды в сосуде стала равной **T °С**. Определите напряжение на резисторе. Удельная теплота плавления льда равна **334 кДж/кг**, теплоемкость воды равна **4200 Дж/(кг·°С)**. Теплообменом с окружающей средой и стенками сосуда пренебречь. Начальное массовое соотношение воды и льда в сосуде было **k:n**. Ответ приведите в вольтах, округлив до ближайшего целого значения.

Решение:

Количество теплоты, выделившееся на резисторе, ушло на плавление льда и разогрев воды:

$$Q = \lambda \Delta m + C(m_1 + \Delta m) \Delta T$$

Из данного по условию соотношения воды и льда в сосуде находим, что

$$m_1 = \frac{k}{k+n} m, \Delta m = \frac{n}{k+n} m$$

Мощность, выделяющаяся на резисторе, равна:

$$P = U^2 / R = \frac{Q}{t}$$

Откуда

$$U = \sqrt{R \frac{m \left(\frac{n}{k+n} \lambda + C \Delta T \right)}{t}}$$

1. $m=700$ г., $\Delta T=12$, $t=15$ мин, $R=7$ Ом, $n=1, k=5$. $U=24$ В.
2. $m=850$ г., $\Delta T=8$, $t=12$ мин, $R=6$ Ом, $n=3, k=10$. $U=28$ В.