

**ПЕРВЫЙ ЭТАП РЕСПУБЛИКАНСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО ФИЗИКЕ
МИНСК. 2023/2024 УЧЕБНЫЙ ГОД
9 КЛАСС**

1. В теплоизолированном сосуде находился лед при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$. В сосуд налили воду массой $m_1 = 600$. Ее температура $t_1 = 83^\circ\text{C}$. Определите массу содержимого в сосуде после установления теплового равновесия, если объем содержимого в сосуде стал $V = 2,03$. Удельная теплоемкость воды $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 332 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$. Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Плотность льда

$\rho_{\text{л}} = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Теплоемкостью сосуда пренебречь.

2. Электрическая цепь, схема которой показана на рисунке 1, состоит из четырех резисторов. При подключении источника постоянного напряжения к точкам A и C или к точкам B и D в цепи выделяется одинаковая мощность $P_1 = 95$. При подключении того же источника напряжения к точкам B и C или к точкам A и D в цепи выделяется вдвое большая мощность $P_2 = 2P_1$. Какая мощность выделится в цепи при подключении прежнего источника напряжения к точкам C и D ?

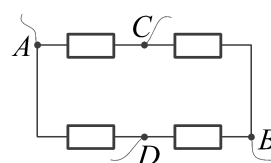


Рис. 1

3. Два катера движутся по озеру по взаимно перпендикулярным прямым, пересекающимся в точке O (рис. 2). Модуль скорости равномерного движения первого катера $v_1 = 54 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, второго катера — $v_2 = 72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Определите минимальное расстояние, на котором проплыли друг от друга катера, если в момент времени, когда первому катеру осталось проплыть до точки O расстояние $l_1 = 400$, второй находился от точки O на расстоянии $l_2 = 300$.

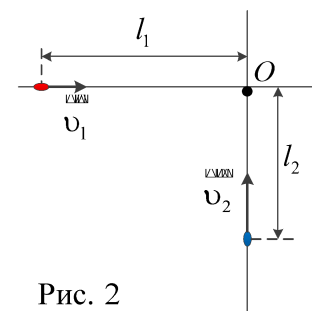


Рис. 2

4. Материальная точка, движущаяся прямолинейно из состояния покоя, прошла последовательно два равных отрезка пути, затрачивая на прохождение каждого из них по $\Delta t = 2$ с. Постройте график зависимости пути материальной точки от времени ее движения. Известно, что модуль максимальной скорости точки в процессе движения был $v_{\text{max}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а ускорение на каждой половине пути было постоянным.

5. Для перевозки грузов сформировали колонну, состоящую из $n = 11$ автомобилей. Расстояние между соседними автомобилями было одинаковым. После разрешающего сигнала инспектора милиции, сопровождающего колонну, первый автомобиль начинает движение, затем с задержкой $\tau = 4,0$ начинает разгоняться второй автомобиль, и так далее. Все автомобили, разгоняясь равноускоренно, достигают скорости,

модуль которой, $v = 16 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, и далее движутся равномерно. Найдите длину колонны после того, как разгонится последний автомобиль, если начальная длина колонны $l = 165$.
Время разгона больше времени τ .

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПЕРВОГО ЭТАПА РЕСПУБЛИКАНСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО
ФИЗИКЕ
9 КЛАСС**

1. Остывая до температуры $t_0 = 0\text{ }^\circ\text{C}$, вода может отдать количество теплоты:

$$Q_1 = cm_1(t_1 - t_0) = 209,16 \quad (1). \text{ Масса льда, который может расплавиться, получив это}$$

количество теплоты: $m_2 = \frac{Q_1}{\lambda} = 0,63$ (2). Тогда объем воды в сосуде при тепловом

равновесии будет $V_B = \frac{m_1 + m_2}{\rho_B} = 1,23$ (3). Это меньше объема V . Отсюда вывод: при

тепловом равновесии часть содержимого в сосуде будет в виде льда объемом $V_{\text{л}} = V - V_B = 0,80$ (4) и воды объемом V_B при температуре $t_0 = 0\text{ }^\circ\text{C}$. Масса льда в сосуде

$$m_{\text{л}} = \rho_{\text{л}} V_{\text{л}} = 0,72 \quad (5). \text{ Искомая масса всего содержимого в сосуде}$$

$$m = m_{\text{л}} + m_2 + m = 1,95 \quad (6).$$

Примерная схема оценивания задачи 1

№ п/п	Содержание	Баллы
1	Найдено количество теплоты Q_1 (1)	2
2	Найдена масса льда m_2 (2)	2
3	Найден объем воды V_B (3)	2
4	Найден объем льда $V_{\text{л}}$ (4)	1
5	Найдена масса льда $m_{\text{л}}$ (5)	1
6	Найден ответ задачи (6)	1
7	Даны комментарии и пояснения решения задачи	2
Всего		11

2. Из условия задачи следует, что в данную электрическую цепь включены по два одинаковых резистора. Пусть сопротивление резистора AC и DB равно R_1 , сопротивление

резистора AD и CB равно R_2 (рис. 1). В первом случае при подключении источника напряжения к точкам A и C , а также D и B

сопротивление цепи $R_{01} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1 + 2R_2} \right)^{-1}$ или $R_{01} = \frac{R_1(R_1 + 2R_2)}{2R_1 + 2R_2}$

(1). Обозначим постоянное напряжение источника буквой U . Тогда

мощность $P_1 = \frac{U^2(2R_1 + 2R_2)}{R_1(R_1 + 2R_2)}$ (2). Во втором случае при

подключении источника напряжения к точкам C и B , а также A и D сопротивление цепи

$$R_{02} = \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{2R_1 + R_2} \right)^{-1} \quad \text{или} \quad R_{02} = \frac{R_2(2R_1 + R_2)}{2R_1 + 2R_2} \quad (3). \text{ Мощность} \quad P_2 = 2P_1 = \frac{U^2(2R_1 + 2R_2)}{R_2(2R_1 + R_2)}$$

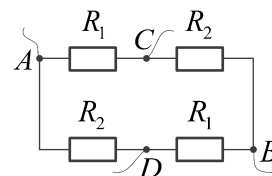


Рис. 1

(4). Разделив уравнение (4) на (2), получим $2 = \frac{R_1(R_1 + 2R_2)}{R_2(2R_1 + R_2)}$ (5). Отсюда отношение $\frac{R_2}{R_1} = \frac{\sqrt{3}-1}{2}$ (6). В третьем случае сопротивление цепи $R_{03} = \frac{R_1 + R_2}{2}$ (7). Мощность $P_3 = \frac{2U^2}{R_1 + R_2}$ (8). Выразим квадрат напряжения из уравнения (2): $U^2 = \frac{P_1 R_1 (R_1 + 2R_2)}{2R_1 + 2R_2}$ (9).

Подставив (9) в (8) и учитывая (6), получим: $P_3 = \frac{2\sqrt{3}P_1}{2 + \sqrt{3}} = 3P_1$ (10).

Примерная схема оценивания задачи 2

№ п/п	Содержание	Баллы
1	Получена формула (1)	2
2	Получена формула (2)	2
3	Получена формула (3)	2
4	Получена формула (4)	2
5	Найдено отношение (6)	2
6	Получена формула (7)	2
7	Получена формула (8)	2
8	Найден ответ задачи (10)	2
9	Даны комментарии и пояснения решения	2
Всего		18

3. Свяжем подвижную систему отсчета (CO) с первым катером. Рассмотрим движение второго катера относительно первого. В этой CO катер 1 покоится, а катер 2 движется с постоянной скоростью $v_0 = v_2 - v_1$

(1). По правилу сложения векторов найдем направление скорости второго катера относительно первого (рис. 1). Второй катер относительно первого движется вдоль линии BD . Минимальное расстояние равно длине перпендикуляра AD , опущенного на эту линию. Треугольник OBC подобен треугольнику, образованному

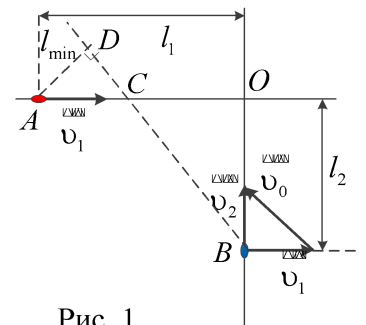


Рис. 1

скоростями, поэтому $OC = \frac{v_1}{v_2} l_2$ (2). Значит, $AC = l_1 - \frac{v_1}{v_2} l_2$ (3).

Треугольник ACD тоже подобен треугольнику скоростей, поэтому $\frac{l_{\min}}{v_2} = \frac{AC}{v_0}$ (4). Отсюда

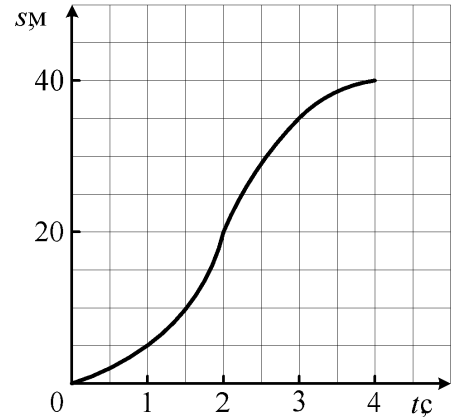
$l_{\min} = \frac{v_2}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2}} AC$ (5). Подставим (3) в (5): $l_{\min} = \frac{v_2 l_1 - v_1 l_2}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2}}$ (6). Подставив данные задачи, найдем ответ: $l_{\min} = 140$ (7).

Примерная схема оценивания задачи 3

№ п/п	Содержание	Баллы
1	Записана формула (1)	2
2	Получено уравнение (2)	2
3	Получена формула (3)	1
4	Записана формула (4)	2
5	Найдено расстояние (5)	2

6	Выполнены математические преобразования и получена формула (6)	2
7	Найден ответ задачи (7)	1
8	Даны комментарии и пояснения решения	2
Всего		14

4. Условию задачи соответствует следующий характер движения: материальная точка первые 2 с разгонялась с постоянным ускорением, а последние две секунды двигалась равнозамедленно и остановилась в конце 4 с. Модуль ускорения точки $a = \frac{v_{max}}{\Delta t} = 10 \frac{м}{с^2}$. Зависимость первой половины пути от времени имеет вид: $s(t) = \frac{a}{2}t^2$ или $s(t) = 5t^2$. Графиком этой функции является одна ветвь параболы. Учитывая, что модуль ускорения на второй половине пути был таким же, как и на первой половине пути, то графиком второй части пути является вторая половина параболы, ветвь которой направлена не вверх, а вниз (см. рис.). За время движения путь точки $s = 40$ м.



Примерная схема оценивания задачи 4

№ п/п	Содержание	Баллы
1	Указан характер движения	2
2	Найден модуль ускорения	2
3	Записана функция $s(t)$	2
4	Построен искомый график	3
5	Даны комментарии и пояснения решения	1
Всего		10

5. За время разгона t каждый автомобиль проезжает путь $s = v_{cp}t = \frac{v}{2}t$ (1), где $v_{cp} = \frac{0 + v}{2} = \frac{v}{2}$ – средняя скорость разгона. К моменту времени, когда последний автомобиль завершит разгон, первый проедет путь $s_1 = s + v(n-1)\tau$ (2), где $(n-1)\tau$ – время равномерного движения первого автомобиля. Длина движущейся колонны после того, как разгонится последний автомобиль, $L = s_1 - s + l$ (3). Из уравнений (1), (2) и (3) получим $L = v(n-1)\tau + l$ (4). Ответ задачи от s не зависит. Длина колонны $L = 805$.

Рассмотрим графическое решение задачи. Построим график зависимости скорости движения автомобилей от времени (рис. 1). На рисунке показан график скорости первого и одиннадцатого автомобилей. Площадь, выделенная на рисунке, численно равна разности путей первого и последнего автомобилей: $s_1 - s = 16 \cdot 600 =$

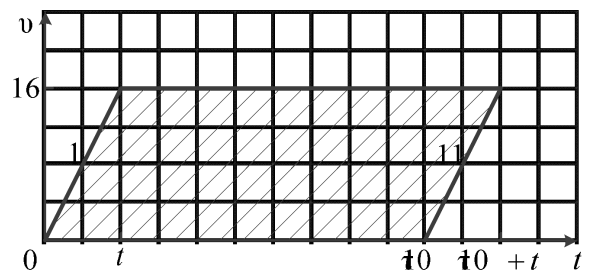


Рис. 1

Поэтому длина колонны $L = s_1 - s + l = 805$.

6.