

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

(МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП)

возрастная группа (9 класс)

ЗАДАНИЕ 1.

Метрополитеновские составы перемещаются между смежными остановочными пунктами таким образом: они начинают движение с разгоном продолжительностью $t_1=20$ секунд, далее следуют с равномерной скоростью $v_0 = 54 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, завершают цикл торможением. От старта ускорения до начала снижения скорости проходит интервал времени $t_2=4$ минуты. Изменение скоростного режима поезда представлено графиком зависимости скорости v от времени t . Временной промежуток между отправлением соседних составов составляет $\Delta t=2$ минуты, длина каждого состава равна $L=160$ метров.



Рис. 1

Изучив последовательность перемещения двух последовательно движущихся поездов, определите:

- 1) спустя какой период времени после отправления второго поезда дистанция D между ними достигнет наибольшего значения;
- 2) как долго будет поддерживаться максимальное значение этой дистанции;
- 3) какое наибольшее возможное расстояние (дистанция) D_{max} образуется между поездами;
- 4) величину ускорения a , которое развивает поезд при разгоне.

Дистанция – расстояние измеряется от конца первого поезда («хвост») до передней части второго («голова»).

Решение.

Рассмотрим графическое решение данной задачи (Рис. Р.1)

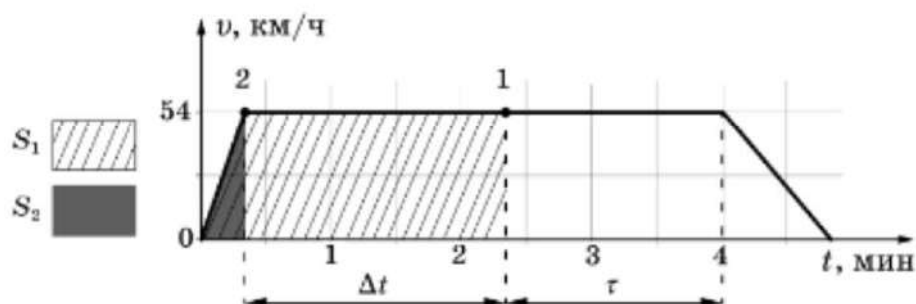


Рис. Р.1

Критерии оценивания

1.	Дистанция между поездами увеличивается, пока $v_1 > v_2$.	1 балл
2.	$\Delta t < (t_2 - t_1)$, поэтому $D = D_{\max}$ при $v_1 = v_2 = v_0$	1 балл
3.	$D = D_{\max}$ при $t = t_1 = 20$ с	1 балл
4.	Поезда будут находиться на максимальной дистанции, пока первый поезд не начнет тормозить.	1 балл
5.	$D = D_{\max}$ в течение времени $\tau = (t_2 - t_1) - \Delta t = 1$ мин 40 с	1 балл
6.	Путь, который проходит поезд пропорциональный площади под графиком $v(t)$.	1 балл
7.	Разность пройденных путей при максимальной дистанции $\Delta S = S_1 - S_2 = v_0 \cdot \Delta t = 1800$ м.	2 балла
8.	Максимальная дистанция между поездами $D_{\max} = \Delta S - L = 1640$ м	1 балл
9.	Ускорение поездов при разгоне $a = \frac{v_0}{t_1} v_0 = 0,75$ м/с ² .	1 балл
Всего		10 баллов

ЗАДАНИЕ 2.

Илюша обратил внимание на занятный факт во время занятий спортом: если он бросал мяч прямо вверх с начальной скоростью v_0 , то мяч возвращался обратно ровно спустя $\tau=2$ секунды. Однако увеличение первоначальной скорости броска до $\frac{3v_0}{2}$ никак не повлияло на время возвращения мяча.

Необходимо выяснить исходную скорость броска v_0 . Помимо этого, вычислить высоту потолка зала h над местом броска, учитывая, что удар мяча о поверхность является абсолютно упругим. Следует принять ускорение свободного падения равным g .

Решение.

Так как время полета мяча не изменилось, то в первом случае удара о потолок точно не было, а во втором случае точно был (если удары были в обоих случаях, то первое время должно быть больше, а если ударов не было – то во втором случае время было бы больше). Скорость v_0 может быть найдена из уравнения $0 = v_0 - \frac{g\tau}{2}$. Откуда $v_0 = 10$ м/с.

Время полета до потолка во втором случае также равно $\frac{\tau}{2}$.

Следовательно, расстояние h можно найти по формуле: $h = \frac{3v_0\tau}{2} - \frac{g(\frac{\tau}{2})^2}{2} = 10$ м.

Критерии оценивания

1.	Обоснование отсутствия удара в первом случае и его наличие во втором.	2 балла
2.	Найдена начальная скорость v_0	
2.1	решение	2 балла
2.2	формула	1 балл
2.3	численное значение	1 балл
3.	Найдена высота потолка	
3.1	решение	2 балла
3.2	формула	1 балл
3.3	численное значение	1 балл
Всего		10 баллов

ЗАДАНИЕ 3.

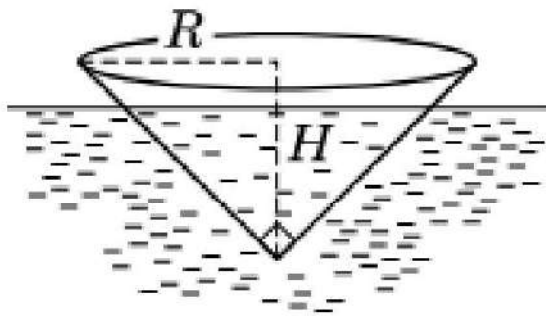


Рис. 2

Конусообразная льдина (рис. 2) с прямым углом вершины находится на плаву в водоёме. Требуется определить наименьший возможный радиус R её основания, при котором ребёнок весом $m=50$ кг способен спокойно находиться посередине ледяной поверхности, оставаясь сухим.

Табличные данные		
Плотность воды	Плотность льда	Объем конуса
1000 кг/м^3	900 кг/м^3	$V = \frac{1}{3}\pi R^2 H$

Решение.

Так как льдина является конусом с прямым углом при вершине, то $H=R$. Значит, объем всей льдины равен:

$$V = \frac{1}{3}\pi R^3$$

Обозначим массу льдины как M , согласно условию плавания льдины:

$$F_A = Mg$$

$$\rho_0 V_{\text{п}} g = \rho V g$$

$$\frac{V_{\text{п}}}{V} = \frac{\rho}{\rho_0} = 0,9$$

Тогда над поверхностью воды находится объем льда

$$V_1 = 0,1V = \frac{0,1}{3}\pi R^3$$

Чтобы ребенок не намочил себя, дополнительная сила тяжести должна компенсироваться силой Архимеда, действующей на V_1 :

$$mg = \rho_0 V_1 g$$

$$m = \frac{0,1}{3} \rho_0 \pi R^3$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3m}{0,1\rho_0\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \times 50}{0,1 \times 1000 \times 3,14}} = 78 \text{ см}$$

Критерии оценивания

1.	Использовано равенство высоты и радиуса основания	2 балла
2.	Отношение $\frac{V_n}{V}$	2 балла
3.	Объем надводной части V_1	1 балл
4.	Связь mg и силы Архимеда, действующей на V_1	3 балла
5.	Выражение для R	1 балл
6.	Численно верный ответ	1 балл
Всего		10 баллов

ЗАДАНИЕ 4.

Определите силу тока I_a через перемычку a цепи и общий ток I_0 в цепи, схема которой представлена на рисунке 3. Толстыми линиями обозначены проводники, тонкими – перемычки. Проводники выполнены из одного материала и имеют одинаковую площадь поперечного сечения. Сопротивление проводника длины r составляет $R = 1 \text{ кОм}$. Напряжение, приложенное к цепи $U_0 = 10 \text{ В}$.

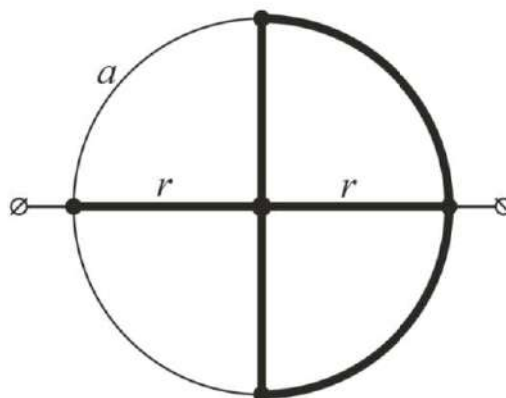


Рис. 3

Решение.

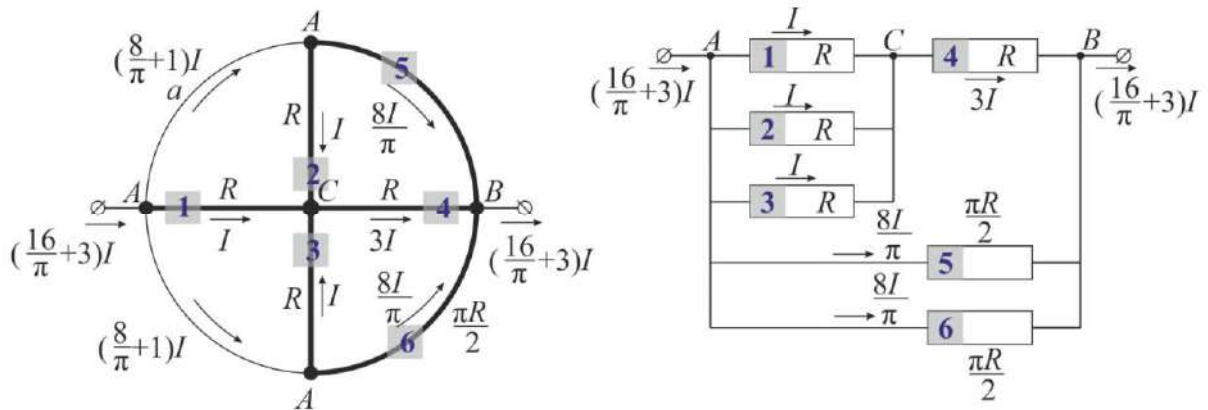


Рис. P.4.1

При решении можно работать с исходной схемой (учитывая ее симметричность относительно линии AB) или составить эквивалентную схему (рис. P.4.1). Дополнительные обозначения введены на рисунке.

Учитывая, что сопротивление проводника длины r равно $R = \frac{\rho r}{S}$, то сопротивление проводника длины $l = \frac{\pi}{2}r$ (четверть окружности) составляет $\frac{\pi}{2}R$. Т.е.

$$R_5 = R_6 = \frac{\pi}{2}R.$$

Расставим в цепи токи в соответствии с законом Ома. Пусть через резистор 1 течет ток I , тогда в силу того, что перемычки соединяют точки равного потенциала, сопротивления резисторов 1, 2, 3 одинаковы, по любому участку между точками AC течет ток I , т.е.

$$I_1 = I_2 = I_3 = I.$$

Сумма токов входящих в узел C составляет $3I$, следовательно, и выходит из этого узла ток $I_4 = 3I$. Из узла A в узел B ток может пройти по разным путям, при этом напряжение между этими точками одно и то же. Рассмотрим первый путь через резисторы 2 и 4, второй – через резистор 5:

$$U_{AB} = IR + 3IR = 4IR, \quad U_{AB} = I_5 R_5 = \frac{\pi}{2} I_5 R, \quad I_5 = \frac{8}{\pi} I.$$

Аналогично (или в силу симметрии цепи) получаем $I_6 = \frac{8}{\pi} I$. Тогда общий ток, выходящий в узел B (следовательно, и выходящий из него, и входящий в узел A , и выходящий из него) составляет

$$I_0 = \left(\frac{16}{\pi} + 3 \right) I.$$

В силу симметрии цепи на перемычку a приходится ток

$$I_a = \frac{I_0 - I}{2} = \left(\frac{8}{\pi} + 1 \right) I.$$

Учитывая $U_{AB} = U_0 = 4IR$, имеем $I = \frac{U_0}{4R}$, тогда

$$I_0 = \left(\frac{16}{\pi} + 3 \right) \frac{U_0}{4R} = \left(\frac{4}{\pi} + 0,75 \right) \frac{U_0}{R},$$

$$I_a = \left(\frac{2}{\pi} + 0,25 \right) \frac{U_0}{R}.$$

Подставляя данные

$$I_0 = \left(\frac{4}{\pi} + 0,75 \right) \frac{10 \text{ В}}{1000 \text{ Ом}} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ А} = 20 \text{ мА},$$

$$I_a = \left(\frac{2}{\pi} + 0,25 \right) \frac{10 \text{ В}}{1000 \text{ Ом}} = 8,9 \cdot 10^{-3} \text{ А} \approx 9 \text{ мА}.$$

Критерии оценивания

1.	Определено сопротивление резисторов 5 и (или) 6	1 балл
2.	Определено значение тока для всех резисторов (минус балл за каждое не определенное значение)	5 баллов
3.	Верно определено значение I_0	2 балла
4.	Верно определено значение I_a	2 балла
Всего		10 баллов

ЗАДАНИЕ 5.

Оборудование: линейка, Приложение 1.

Ученик проводил эксперимент со смесью воды и льда в стакане, в его распоряжении находились термометр и часы. Регулярно помешивая смесь, ученик снял зависимость температуры смеси от времени, результаты занес в таблицу 1. Мощность теплообмена внутри смеси и смеси с окружающей средой в рассматриваемых условиях считать постоянной.

Таблица 1

№ пп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$T, ^\circ\text{C}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	1,8
$t, \text{мин}$	0	3	7	9	11	16	19	25	32	46	53	56	58

Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$. Удельная теплоемкость воды $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$.

Задание.

1. Построить график зависимости $T(t)$.
2. Определить, в какой момент времени t_1 весь лед расплавился.
3. Определить массовую долю k льда в смеси в начале эксперимента.

В *Приложении 1* представлена миллиметровая бумага для построений.

Приложение 1 (или миллиметровая бумага) сдается вместе с решением задачи.

Решение.

1. График зависимости $T(t)$ на рисунке Р.5.1. Зависимость температуры от времени на любом участке должна быть линейная, так как мощность теплообмена постоянна.

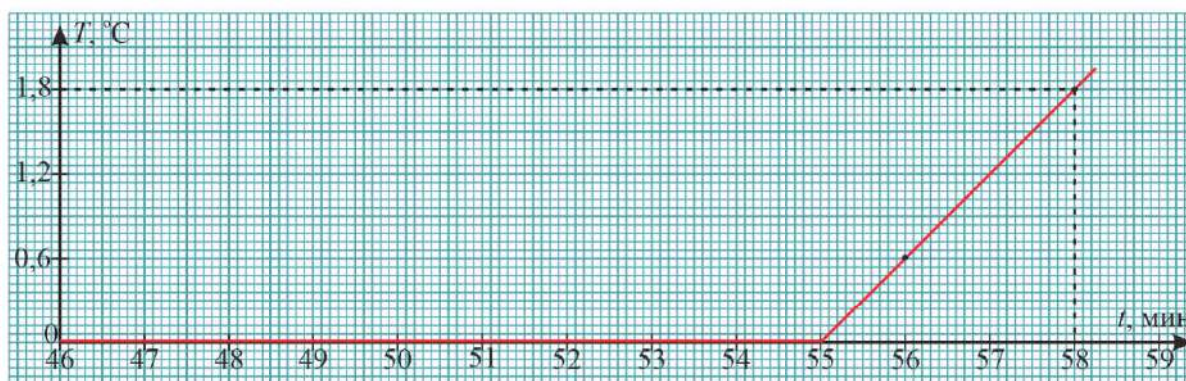


Рис. Р.5.1

2. Из графика видно, что весь лед растаял в момент времени $t_1 = 55$ мин.

3. Пусть $Q_1 = \lambda m_{\text{л}}$ – количество теплоты, затраченное на плавление льда, с другой стороны, $Q_1 = Pt_1$, где P – мощность теплообмена, откуда

$$P = \frac{\lambda m_{\text{л}}}{t_1}. \quad (1)$$

Пусть $Q_2 = c(m_{\text{л}} + m_{\text{в}})\Delta T$ – количество теплоты необходимое для нагревания смеси от 0°C до $1,8^\circ\text{C}$ ($\Delta T = 1,8^\circ\text{C}$), с другой стороны, $Q_2 = Pt_2$, где $t_2 = 58 \text{ мин} - 55 \text{ мин} = 3 \text{ мин}$ – время, за которое смесь нагрелась на ΔT . Откуда имеем

$$P = \frac{c(m_{\text{л}} + m_{\text{в}})\Delta T}{t_2}. \quad (2)$$

Тогда, учитывая, что мощность теплообмена постоянна

$$\frac{\lambda m_{\text{л}}}{t_1} = \frac{c(m_{\text{л}} + m_{\text{в}})\Delta T}{t_2},$$

Откуда

$$k = \frac{m_{\text{л}}}{(m_{\text{л}} + m_{\text{в}})} = \frac{c\Delta T t_1}{\lambda t_2}, \quad (3)$$

$$k = \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1,8^\circ\text{C} \cdot 55 \text{ мин}}{330 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 3 \text{ мин}} = 0,42$$

или $k = 42\%$.

Критерии оценивания

1.	Верно построен график зависимости $T(t)$ (строить от момента начала эксперимента нет необходимости). 1.1. Оси подписаны и отложены единицы измерения по осям (0,5 балла); 1.2. Выбран рациональный масштаб по осям (0,5 балла); 1.3. Нанесены шкалы на оси (0,5 балла); 1.4. Соответствие точек, нанесённых на график, табличным значениям (0,5 балла); 1.5. <u>Верно</u> проведены прямые на участке плавления льда и нагревания смеси (<u>нагревание смеси начинается не с 53 минуты, а с 55 минуты</u>) (2 балла).	4 балла
2.	Из графика определено значение $t_1 = 55 \text{ мин}$	1 балл
3.1.	Получено выражение (1) или система уравнений, приводящая к нему	1 балл
3.2.	Получено выражение (2) или система уравнений, приводящая к нему	1 балл
3.3.	Получено выражение (3) или аналогичное	1 балл
3.4.	Из графика верно получены числовые данные для расчета k	1 балл
3.5.	Верно определено числовое значение для k	1 балл
Всего		10 баллов