

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
(МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП)
возрастная группа (9 класс)

ЗАДАНИЕ 1.

В процессе эксперимента температуру образца регистрировали каждые 20 секунд. Результаты эксперимента представлены в таблице.

$T, \text{с}$	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260
$t, ^\circ\text{C}$	-20	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	23	33

Для нагревания образца использовали нагреватель мощностью 1 кВт.

1) Построить график зависимости температуры образца от количества теплоты, получаемого им от нагревателя (*бумага для графика – Приложение 1*).

2) Какому веществу и каким процессам может соответствовать полученный график?

3) Пользуясь графиком, сравнить теплоемкость образца на первом этапе эксперимента (первый участок графика) с теплоемкостью образца на заключительном этапе эксперимента (третий участок графика).

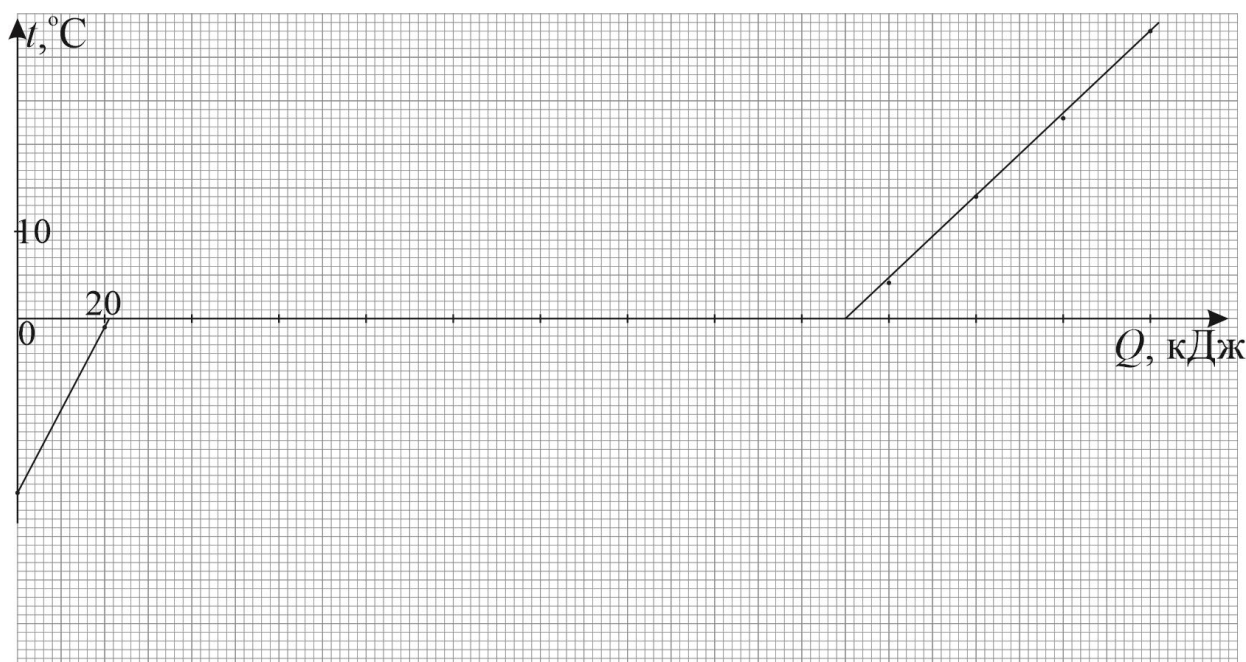
Приложение 1 сдается вместе с решениями.

Решение.

1) Перед построением графика перейти от секунд к кило джоулям, используя мощность нагревателя.

$Q, \text{кДж}$	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260
$t, ^\circ\text{C}$	-20	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	23	33

При построении графика масштаб вдоль оси времени 10 мм – 20 кДж, вдоль оси температур 10 мм – 10°C. В этом случае график будет удобно анализировать.



2) На графике можно выделить три участка. На первом участке температура образца возрастает при его нагревании. На втором участке – температура не изменяется ($t=0^{\circ}\text{C}$). На четвертом участке температура образца возрастает, но медленнее, чем на первом участке. Второй участок соответствует плавлению твердого тела ($t=\text{const}$). Следовательно, первый участок – это нагревание твердого тела, а третий – нагревание жидкости. Температура плавления $t=0^{\circ}\text{C}$ соответствует температуре плавления льда. Первый участок – лед, нагревание льда. Второй участок – лед и вода, плавление льда. Третий участок – вода, нагревание воды.

3) Теплоемкость образца (кусочек льда или данная масса талой воды) – это количество теплоты необходимое для нагревания образца на один градус Цельсия.

$$\left. \begin{aligned} c_1 &= \frac{\Delta Q_1}{\Delta t_1}, \\ c_3 &= \frac{\Delta Q_3}{\Delta t_3}, \end{aligned} \right\} \frac{c_1}{c_3} = \frac{1}{3}.$$

Следовательно, теплоемкость образца на первом этапе эксперимента в два раза меньше чем теплоемкость образца на третьем этапе эксперимента.

Критерии оценивания

1)	Верно построен график зависимости	4 балла
----	-----------------------------------	---------

2) Верно описаны процессы и обосновано указаны вещества.	3 балла
3) Обоснованно получен верный ответ на 3 вопрос	3 балла
Всего	10 баллов

ЗАДАНИЕ 2.

Сравнить два городских автобусных маршрута по количеству курсирующих на них автобусов. Известно, что у этих маршрутов много общего. Средняя скорость движения у всех автобусов одинакова. Интервал движения (время от момента выхода в рейс одного автобуса до момента выхода в рейс следующего автобуса) равен 12 минут. Время стоянки перед выходом в рейс на первой и конечной остановках тоже одинаковое и равно 6 минут. Но имеются и различия. Протяженность второго маршрута больше чем у первого на одну четверть первого. Время движения автобуса в одну сторону известно только для первого маршрута (48 минут). Аналитически, т.е. без построения графиков зависимости пути от времени, найти количество автобусов на каждом маршруте.

Решение.

1. Вычислить четыре «опорные» момента времени для первого автобуса первого маршрута:

- старт с начальной остановки – 0 мин;
- прибытие на конечную остановку – 48 мин;
- старт с конечной остановки – 54 мин;
- прибытие на начальную остановку – 102 мин.

2. Момент возвращения первого автобуса на начальную остановку надо сопоставить с моментами старта с начальной остановки других автобусов этого маршрута.

Номер автобуса	2	3	4	5	6	7	8	9
старт с начальной остановки	12	24	36	48	60	72	84	96

Получается, что через 6 минут после отправления в рейс девятого автобуса этого маршрута, вернется первый автобус. Через 6 минут после возвращения

он будет готов к старту. Следовательно, для этого маршрута достаточно девяти автобусов.

3. Вычислить время движения автобусов второго маршрута до конечной остановки. Протяженность второго маршрута больше чем у первого на одну четверть первого, а средние скорости движения автобусов на этих маршрутах одинаковые, то время движения увеличится ровно на одну четверть времени движения автобусов первого маршрута. Теперь оно будет равно 60 мин.

Сопоставить момент времени возвращения первого автобуса второго маршрута с моментами старта других автобусов этого маршрута. Момент времени возвращения первого автобуса 126 мин. Момент старта 11 автобуса этого маршрута 120 мин. Следовательно, первый автобус вернется «на исходную позицию» через 6 минут после отправления 11-го автобуса. Таким образом, для обеспечения второго маршрута необходимо уже 11 автобусов.

Критерии оценивания

Вычислены четыре опорные точки для первого автобуса первого маршрута	2 балла
Момент возвращения первого автобуса на начальную остановку сопоставлен с моментами старта с начальной остановки других автобусов первого маршрута	2 балла
Получен верный результат для первого маршрута	1 балл
Вычислено время движения автобусов второго маршрута до конечной остановки	2 балла
Момент возвращения первого автобуса на начальную остановку сопоставлен с моментами старта с начальной остановки других автобусов второго маршрута	2 балла
Получен верный результат для второго маршрута	1 балл
Всего	10 баллов

ЗАДАНИЕ 3.

В сосуде, из которого быстро выкачивают воздух, находится небольшое количество воды при 0°C. За счет интенсивного испарения происходит постепенное замораживание воды. Какая часть первоначального количества воды может быть обращена в лед таким способом. Удельная

теплота парообразования воды 2,3 МДж/кг, удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг.

Решение.

В задаче рассматриваются два физических процесса: испарение воды и замерзание (кристаллизация) воды.

В начальный момент времени вся вода в сосуде жидкая, ни льда, ни водяного пара (испарившейся воды) пока еще нет. Так как воздух из сосуда откачали, жидкая вода начинает испаряться. Этот процесс протекает с поглощением определенного количества теплоты. Поэтому часть жидкой воды начинает кристаллизоваться (превращаться в лед). Процесс кристаллизации протекает с выделением определенного количества теплоты. В результате вода в сосуде будет находиться в трех агрегатных состояниях: жидкая вода, водяной пар и лед.

Процессы испарения воды и кристаллизации воды будут протекать до тех пор, пока вся жидкая вода не превратится в водяной пар и лед.

Теперь в сосуде жидкой воды уже не будет, а останутся только водяной пар и лед. Используя закон сохранения массы вещества, можно получить равенство $m = m_1 + m_2$, где m – это масса жидкой воды в сосуде до начала процессов испарения и конденсации, m_1 – масса жидкой воды, которая испарилась (масса водяного пара), m_2 – масса жидкой воды, которая кристаллизовалась (масса льда).

Используя закон сохранения энергии, получаем, что количество теплоты, которое было затрачено на испарение жидкой воды массой m_1 , должно быть равно количеству теплоты, которое выделилось в результате кристаллизации жидкой воды массой m_2 .

При испарении воды $Q_1 = Lm_1$, где L – это удельная теплота парообразования воды. При замерзании воды $Q_2 = \lambda m_2$, где λ – это удельная теплота плавления (кристаллизации) воды. Удельная теплота

парообразования (испарения) воды существенно больше, чем удельная теплота замерзания (кристаллизации) воды.

Так как $Q_1 = Q_2$, то $Lm_1 = \lambda m_2$. Решая это уравнение относительно m_2/m , где m_2/m – это часть жидкой воды, которая превратилась в лед, получаем, что $m_2/m = 0,87$.

Получается, что 87% жидкой воды, которая первоначально была в сосуде, превратилась в лед, а 13% - в водяной пар.

Критерии оценивания

Указано, какие процессы будут происходить	4 балла
Для каждого процесса записано отданное (полученное) количество теплоты	2 балла
Получено уравнение $Q_1 = Q_2$	2 балла
Рассчитана часть воды, которая может быть обращена в лед	2
Всего	10 баллов

ЗАДАНИЕ 4.

На дно мензурки, высота которой больше 40 см, ученик положил монетку. Глядя сверху вниз, ученик убедился, что монетка лежит на дне мензурки. После этого он налил в мензурку воды до высоты 40 см и опять посмотрел в мензурку сверху вниз. Где ученик теперь увидел монетку (на дне мензурки или в другом месте)? Какое он увидел изображение монетки (действительное или мнимое, увеличенное или уменьшенное)?

Решение.

Построение изображения монетки, которая лежит на дне заполненной водой мензурки, можно начать с геометрического центра монетки (центр окружности, если смотреть сверху вниз или центр отрезка, который соединяет две противоположные точки этой окружности, если смотреть на мензурку в горизонтальном направлении). Обозначим эту точку O . Для построения изображения точки O , выберем два луча, выходящие из этой точки. Первый луч направим вертикально вверх. Дойдя до границы раздела

«вода – воздух», он преломляться не будет, т.е. сохранит свое направление. Второй луч направим под малым углом к вертикали. Дойдя до границы раздела «вода – воздух», он поменяет свое направление (преломится). После пересечения границы раздела «вода – воздух», лучи 1 и 2 останутся расходящимися. Следовательно, действительного изображения точки O не будет. Поэтому необходимо построить обратные продолжения лучей 1 и 2. Обратные продолжения лучей 1 и 2 пересекутся в точке O' , которая является мнимым изображением точки O . Мнимое изображение геометрического центра монетки находится выше, чем сам геометрический центр. Следовательно, ученик увидит монетку не там, где она находится на самом деле, а немного ближе (монетка «всплыла» и оказалась выше дна мензурки). Ученик увидел мнимое изображение монетки, т.к. для его построения пришлось строить обратные продолжения выбранных лучей. Для ответа на последний вопрос, необходимо выполнить построение изображения точки, которая находится на ободке монетки. Расстояние между выбранной точкой и точкой O фиксирует размер самой монетки, а расстояние между изображением выбранной точки и точкой O' , фиксирует размер изображения монетки. Размер изображения монетки равен ее размеру.

Критерии оценивания

Построено изображение монетки	4 балла
Определено, что ученик увидел монетку (выше дна сосуда)	2 балла
Определено, что изображение монетки мнимое	2 балла
Определено, что размеры монетки и изображения равны	2 балла
Всего	10 баллов

ЗАДАНИЕ 5.

Несколько небольших мешков, связанных между собой, в безветренную погоду сбросили на парашюте с самолета. Через некоторое время скорость падения груза стала постоянной и равной 6 м/с. Неожиданно один из мешков оторвался от связки, и скорость падения груза стала уменьшаться. Через некоторое время она опять стала постоянной, но теперь

уже равной 4 м/с. За какое время t после отрыва мешка скорость парашюта уменьшится на 10 см/с? Сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости парашюта.

Решение.

Сила сопротивления воздуха $F = \alpha v$. Эта сила направлена вверх. Сила тяжести, действующая на груз, направлена вниз. Груз может двигаться равномерно (с постоянной скоростью) только при условии, что сила сопротивления воздуха равна силе тяжести

$$Mg = \alpha v_1,$$

где M – масса груза до того, как оторвался один мешок.

$$(1 - k)Mg = \alpha v_2,$$

где k – отношение массы одного мешка к полной массе груза.

Решая систему двух уравнений относительно k , получим

$$k = 1 - \frac{v_2}{v_1}.$$

Хитрость! Так как уменьшение скорости на 10 см/с существенно меньше скорости 6 м/с, то для малого промежутка времени силу сопротивления воздуха можно считать постоянной!

Запишем второй закон Ньютона для момента времени сразу после отрыва мешка:

$$(1 - k)Ma = \alpha v_2 + (1 - k)Mg,$$

где a – ускорение, с которым будет двигаться груз после отрыва мешка.

Решая это уравнение относительно a , получим:

$$a = \left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right)g.$$

Тогда время t , за которое скорость оставшегося груза уменьшится на 10 см/с, сразу же после отрыва мешка, будет равно:

$$t = -\frac{\Delta v}{a} = -\frac{\Delta v}{-0,5g} = \frac{0,1}{5} = 0,02 \text{ с.}$$

Ответ: 0,02 с

Критерии оценивания

Определено отношение массы одного мешка к полной массе груза	2 балла
Указано, что силу сопротивления воздуха можно считать постоянной	2 балла
второй закон Ньютона для момента времени сразу после отрыва мешка	2 балла
Определено ускорение, с которым будет двигаться груз после отрыва мешка	2 балла
Определено время t , за которое скорость оставшегося груза уменьшится на 10 см/с	2 балла
Всего	10 баллов

Приложение 1 (бумага для решения задачи 1)

