Задания и решения заключительного этапа ОШ «Ломоносов» по физике в 2015 году.
Задание для 7-х − 9-х классов

1. Школьники собрались на экскурсию в музей, находящийся в соседнем городе. Тронувшись от школы в назначенное время, автобус со школьниками поехал с постоянной скоростью $v_1 = 72$ км/ч, рассчитанной так, чтобы прибыть к музею к началу экскурсии. По дороге пошел дождь и водитель был вынужден снизить скорость автобуса до $v_2 = 54$ км/ч. Когда дождь кончился, до пункта назначения осталось проехать расстояние $S = 30$ км. Чтобы наверстать упущенное время, водитель увеличил скорость автобуса до $v_3 = 90$ км/ч. В результате автобус прибыл к музею точно в запланированное время. Сколько времени τ шел дождь? Ответ приведите в минутах.

1. Решение. Так как время, проведенное школьниками в пути, из-за дождя не изменилось, средняя скорость автобуса на всем пути совпадает с его скоростью на начальном отрезке, т.е. $v_{ср} = v_1$. Путь, пройденный автобусом за время дождя, равен $v_2\tau$. Время, за которое после дождя автобус проехал оставшееся расстояние, равно $\frac{S}{v_3}$. Время, затраченное автобусом с момента начала дождя до момента прибытия к музею, равно времени, которое потребовалось бы для преодоления того же расстояния со скоростью $v_{ср} = v_1$. Таким образом, $\tau + \frac{S}{v_3} = \frac{v_2\tau + S}{v_1}$. Отсюда $\tau = \frac{S(v_3 - v_1)}{v_3(v_1 - v_2)}$.

Ответ: $\tau = \frac{S(v_3 - v_1)}{v_3(v_1 - v_2)} = 20$ мин.

2. Для длительного хранения сжиженных газов обычно используют сосуды Дьюара, в которых постоянная температура поддерживается за счет хорошей теплоизоляции сосуда и свободного испарения жидкого газа при атмосферном давлении. В одном из таких сосудов при хранении $V = 2$ л жидкого азота при температуре $t_{аз} = -195$ ºС за $\tau_{аз} = 24$ часа испарилась ровно половина этого количества азота. После этого жидкий азот удалили из сосуда и положили в сосуд кусочек льда массой $m = 40$ г при температуре 0 ºС. Определите, через какое время $\tau_л$ лед полностью растает. Удельная теплота парообразования азота $r = 198$ кДж/кг, плотность жидкого азота $\rho = 0{,}8$ г/см^3, удельная теплота плавления льда $\lambda = 330$ кДж/кг. Температура окружающего воздуха $t_0 = 20\,°\mathrm{C}$. Считайте, что скорость поступления теплоты через стенки сосуда пропорциональна разности температур снаружи и внутри сосуда. Ответ приведите в часах, округлив до одного знака после запятой.

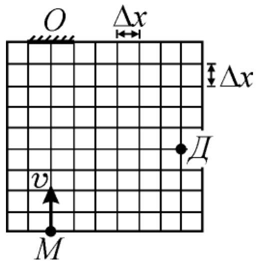
2. Решение. Количества теплоты, поглощенные льдом и азотом, соответственно равны $Q_л = \lambda m$, $Q_{аз} = r\rho\frac{V}{2}$. Исходя из условия, что скорость поступления теплоты пропорциональна разности температур снаружи и внутри сосуда, можно записать, что $\frac{Q_л}{\tau_л} = k(t_0 - 0\,°\mathrm{C})$, $\frac{Q_{аз}}{\tau_{аз}} = k(t_0 - t_{аз})$, где k – коэффициент пропорциональности. Из написанных уравнений находим $\tau_л = \frac{2\lambda m(t_0 - t_{аз})}{\rho r V(t_0 - 0\,°\mathrm{C})}\tau_{аз}$.

Ответ: $\tau_л = \frac{2\lambda m(t_0 - t_{аз})}{\rho r V(t_0 - 0\,°\mathrm{C})}\tau_{аз} \approx 21{,}5$ ч.

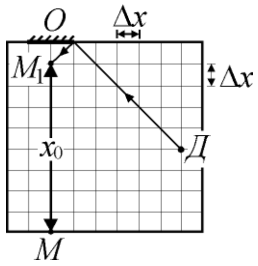
3. Две электроплитки при параллельном подключении к электрической сети выделяют суммарную мощность $N_1 = 900$ Вт, а при последовательном подключении к сети – суммарную мощность $N_2 = 200$ Вт. Пренебрегая зависимостью сопротивления плиток от температуры, найдите мощности N_{01} и N_{02} этих плиток по отдельности.

3. Решение. Пусть U – напряжение сети. Тогда $N_{01} = \dfrac{U^2}{R_1}$, $N_{02} = \dfrac{U^2}{R_2}$, где R_1 и R_2 – сопротивления плиток. Отсюда $R_1 = \dfrac{U^2}{N_{01}}$, $R_2 = \dfrac{U^2}{N_{02}}$. При параллельном подключении плиток полная мощность равна $N_1 = N_{01} + N_{02}$. При их последовательном подключении полная мощность $N_2 = \dfrac{U^2}{R_1 + R_2} = \dfrac{N_{01}N_{02}}{N_{01} + N_{02}}$. Таким образом, справедлива следующая система уравнений: $N_{01} + N_{02} = N_1$, $N_{01}N_{02} = N_1 N_2$. Разрешая ее относительно N_{01}, N_{02}, получаем, что $N_{01} = \dfrac{N_1}{2} \pm \dfrac{1}{2}\sqrt{N_1^2 - 4N_1N_2}$, $N_{02} = \dfrac{N_1}{2} \mp \dfrac{1}{2}\sqrt{N_1^2 - 4N_1N_2}$.

Ответ: $N_{01} = \dfrac{N_1}{2} + \dfrac{1}{2}\sqrt{N_1^2 - 4N_1N_2} = 600$ Вт; $N_{02} = \dfrac{N_1}{2} - \dfrac{1}{2}\sqrt{N_1^2 - 4N_1N_2} = 300$ Вт.



4. Мальчик *М* и девочка *Д* стоят в комнате, вид сверху на которую показан на рисунке. На стене, противоположной первоначальному расположению мальчика, висит плоское зеркало с центром в точке *О* и шириной $2\Delta x$. В некоторый момент времени мальчик начал идти к зеркалу по прямой *МО*. Двигаясь равноускоренно, он набрал за время $t_0 = 1$ с скорость $v_0 = 1$ м/с, а затем шел с постоянной скоростью v_0. Через какое время τ после начала движения мальчик увидел в зеркале изображение девочки, если шаг сетки с квадратными ячейками, нанесенной на полу комнаты, $\Delta x = 1$ м?



4. Решение. Мальчик начнет видеть в зеркале изображение девочки в тот момент, когда луч света, идущий от девочки и отраженный от правого края зеркала, впервые попадет мальчику в глаза. Положение мальчика в этот момент обозначено на рисунке точкой M_1. Из рисунка находим, что расстояние между точками *М* и M_1 равно $x_0 = 8\Delta x$. При равноускоренном движении мальчик переместится на $x_1 = \dfrac{v_0 t_0}{2}$. Время его равномерного движения $t_1 = \dfrac{x_0 - x_1}{v_0}$. Из записанных выражений получаем, что полное время движения мальчика $\tau = \dfrac{t_0}{2} + \dfrac{x_0}{v_0} = \dfrac{t_0}{2} + \dfrac{8\Delta x}{v_0}$. **Ответ:** $\tau = \dfrac{t_0}{2} + \dfrac{8\Delta x}{v_0} = 8{,}5$ с.