

Всероссийская олимпиада школьников 2022-2023 учебный год
Окружной этап
ФИЗИКА
8 класс

1. Встречное движение

Из Чапаевска в Нефтегорск, расстояние между которыми $L = 120$ км, одновременно выехали навстречу друг другу дед Иван и дед Егор. Старенький «Москвич» деда Ивана ехал со скоростью $V_1 = 20$ км/ч, а новая «Нива» деда Егора развивала скорость $V_2 = 60$ км/ч. Каждая машина, пройдя 120 км, остановилась, одна в Чапаевске, а другая - в Нефтегорске. Постройте и обоснуйте график зависимости расстояния l между дедом Иваном и дедом Егором от времени t .

Решение:

Запишем для каждого автомобиля зависимости $x = x(t)$:

$$x_1 = v_1 \cdot t$$

$$x_2 = L - v_2 \cdot t$$

Найдем время t_0 и место x_0 встречи, решив систему уравнений при $x_1 = x_2$:

$$v_1 \cdot t_0 = L - v_2 \cdot t_0 \quad t_0 = \frac{L}{v_1 + v_2} = 1,5 \text{ ч.}$$

$$x_0 = 30 \text{ км}$$

Обоснуем график зависимости $l = l(t)$.

Участок I: начальное расстояние между автомобилями равно 120 км. В момент встречи автомобилей через 1,5 ч расстояние между ними равно 0.

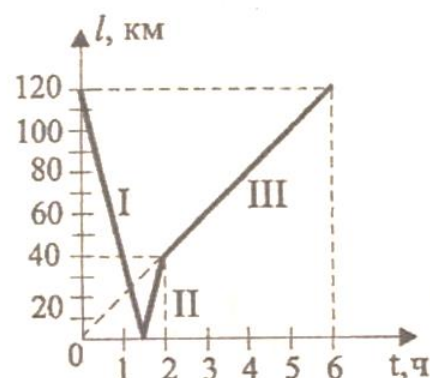
Участок II: затем расстояние между автомобилями возрастает со скоростью $v_1 + v_2$, т. е. с такой же скоростью, с которой оно убывало на участке I. Поэтому угол наклона графиков на участках I и II одинаков. «Нива» ехала от места встречи до Чапаевска $t = \frac{x_0}{v_2} = \frac{30}{60} = 0,5$ ч, поэтому в момент времени 2 ч второй участок графика заканчивается. А «Москвич» от места встречи должен до Нефтегорска проехать еще $120 - 30 = 90$ км за $90/20 = 4,5$ ч.

Участок III: К моменту времени, когда «Нива» приехала в Чапаевск, «Москвичу» осталось ехать до Нефтегорска еще $4,5 - 0,5 = 4$ ч. На последнем участке расстояние между автомобилями увеличивается только за счет движения «Москвича». И в момент времени $t = 6$ ч расстояние между автомобилями будет 120 км.

Критерии оценивания:

- 1) Записаны зависимости $x = x(t)$ для каждого автомобиля - 2 балла.
- 2) Найдены время и место встречи - 2 балла.
- 3) Правильно построен и обоснован 1-й участок графика - 2 балла.
- 4) Правильно построен и обоснован 2-й участок графика - 2 балла.
- 5) Правильно построен и обоснован 3-й участок графика - 2 балла.

Всего 10 баллов



2. Два нагревателя

В Стране Чудес Шляпник налил одинаковое количество воды при 20°C в два разных чайника и одновременно поставил их на два одинаковых нагревателя. За некоторое время температура воды в первом чайнике поднялась до 40°C , а во втором до 50°C . Алиса решила помочь Шляпнику приготовить чай и задумалась: в какой чайник и сколько нужно долить воды с температурой 60°C , чтобы оба чайника закипели одновременно? Помогите Алисе ответить на этот вопрос.

Решение:

По условию за одинаковое время вода в первом чайнике получила количество теплоты

$$Q_1 = c \cdot m(40 - 20) = 20 c \cdot m, \quad (1)$$

а во втором чайнике

$$Q_2 = c \cdot m(50 - 20) = 30 c \cdot m. \quad (2)$$

Из этого можно сделать вывод, что при одинаковых нагревателях за одно и то же время полезное тепло, которое получает второй чайник, в 1,5 раза больше, чем у первого. Поэтому дополнительную воду массой m_x надо наливать во второй чайник, чтобы за счет дополнительного количества воды ее нагрев происходил медленнее.

Для закипания вода в первом чайнике должна получить количество теплоты

$$Q_3 = c \cdot m(100 - 40) = 60 c \cdot m, \quad (3)$$

следовательно, вода во втором чайнике за это же время получит количество теплоты

$$Q_4 = 1,5 \cdot 60 c \cdot m = 90 c \cdot m. \quad (4)$$

Это количество теплоты будет израсходовано на нагрев до температуры кипения массы воды, уже нагретой в чайнике, и дополнительной массы воды:

$$Q_4 = c \cdot m(100 - 50) + c \cdot m_x(100 - 60) = 50 c \cdot m + 40 c \cdot m_x. \quad (5)$$

Приравнивая эти количества теплоты, получим:

$$50 c \cdot m + 40 c \cdot m_x = 90 c \cdot m, \quad (6)$$

откуда получаем $m_x = m$.

Итак, надо долить во второй чайник столько воды, сколько в нем содержалось.

Ответ: $m_x = m$.

Критерии оценивания:

- 1) Сделан вывод, что воду нужно доливать во второй чайник - 2 балла.
- 2) Найдено количество тепла, необходимое для закипания воды в первом чайнике-2 балла.
- 3) Найдено количество тепла, необходимое для закипания воды во втором чайнике-2 балла.
- 4) Составлено уравнение теплового баланса - 2 балла.
- 5) Получен правильный вывод - 2 балла.

Всего 10 баллов

3. Подъём сокровищ

На дне озера на глубине $h = 5$ м лежит слиток золота объемом $V = 1000 \text{ см}^3$. Капитан Джек Воробей хочет поднять это сокровище с помощью невесомой и нерастяжимой веревки на высоту $H = 5$ м над поверхностью воды на палубу «Черной Жемчужины». Какую работу должен совершить Джек Воробей? Сравните эту работу с изменением потенциальной энергии слитка золота. Объясните полученный результат. Плотность золота $\rho = 19300 \text{ кг/м}^3$, плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение:

При подъеме на слиток золота, находящийся в воде, действуют сила тяжести $m \cdot g$, сила Архимеда $\rho \cdot g \cdot V$ и сила реакции подвеса T . При равномерном подъеме:

$$T = m \cdot g - \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot V \quad (1)$$

И работа по подъему слитка с глубины h на поверхность воды:

$$A_1 = T \cdot h = (m \cdot g - \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot V) \cdot h = (\rho \cdot V \cdot g - \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot V) \cdot h = 915 \text{ Дж.} \quad (2)$$

Работа по подъему слитка золота в воздухе на высоту H равна:

$$A_2 = m \cdot g \cdot H = \rho \cdot V \cdot H = 965 \text{ Дж.} \quad (3)$$

Результирующая работа по подъему слитка:

$$A = A_1 + A_2 = (m \cdot g - \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot V) \cdot h + m \cdot g \cdot H = (\rho \cdot V \cdot g - \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot V) \cdot h + \rho \cdot V \cdot H = 1880 \text{ Дж.} \quad (4)$$

Изменение потенциальной энергии слитка золота:

$$\Delta E_p = m \cdot g(H + h) = \rho \cdot V \cdot g(H + h) = 1930 \text{ Дж.} \quad (5)$$

Таким образом, работа, совершенная при подъеме слитка, меньше изменения его потенциальной энергии на 50 Дж.

При подъеме тела в воде на высоту h объем воды, равный объему тела, опускается вниз на высоту h . Это означает, что потенциальная энергия воды в поле силы тяжести уменьшается на величину $m_{\text{в}} \cdot g = \rho_{\text{в}} \cdot V \cdot g \cdot h = 50 \text{ Дж}$ и $\Delta E_p = -50 \text{ Дж}$. Работа равна изменению потенциальной энергии системы «слиток-вода»: $A = \Delta E_p + \Delta E_{\text{в}}$, что подтверждается расчетами: $1880 \text{ Дж} = 1930 \text{ Дж} - 50 \text{ Дж}$.

Ответ: 1880 Дж

Критерии оценивания:

- 1) Найдена работа по подъему тела на поверхность воды - 2 балла.
- 2) Найдена работа по подъему тела в воздухе – 2 балла.
- 3) Найдена результирующая работа по подъему тела - 2 балла.
- 4) Найдено изменение потенциальной энергии тела - 2 балла.
- 5) Приведено объяснение полученного результата - 2 балла.

Всего 10 баллов

4. Тепловые процессы

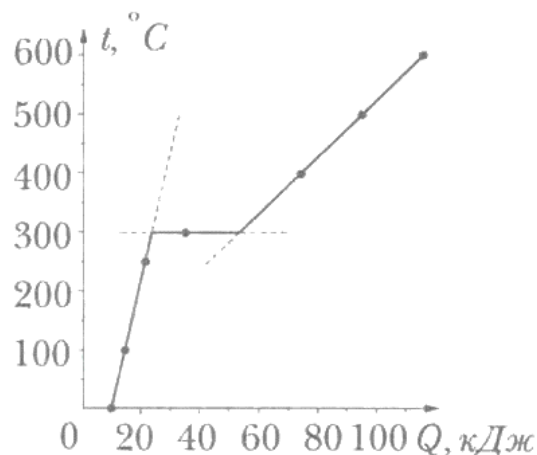
В школьной физической лаборатории юный физик Артем изучал зависимость температуры t вещества массой 1 кг от количества подведенной теплоты Q . В результате эксперимента были получены следующие данные:

$t, ^\circ\text{C}$	100	200	250	300	400	500	600
$Q, \text{кДж}$	0,0	14,0	21,0	35,0	74,0	95,0	116,0

- 1) Постройте график зависимости $t = t(Q)$.
- 2) Объясните, какие тепловые процессы происходят с веществом.
- 3) Определите значения удельных физических величин, характеризующих эти процессы.

Решение:

Как следует из графика, группы точек, соответствующие температурам 100°C , 200°C и $400 - 600^\circ\text{C}$, лежат на прямых с различными наклонами. Точка графика, соответствующая температуре 300°C , не принадлежит ни одной из этих прямых. На основании построенного графика можно утверждать, что в задаче речь идет о некотором веществе, которое вначале находится в одном агрегатном состоянии, а затем переходит в другое. Например, это может быть кристаллическое вещество с температурой плавления 300°C .



Найдем удельную теплоемкость вещества в твердом состоянии, взяв данные из таблицы:

$$c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta t} = \frac{21000 - 14000}{1 \cdot (250 - 200)} = 140 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) \quad (1)$$

Найдем удельную теплоемкость вещества в жидком состоянии, взяв данные из таблицы:

$$c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta t} = \frac{95000 - 74000}{1 \cdot (500 - 400)} = 210 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}). \quad (2)$$

Найдем удельную теплоту плавления, взяв данные из графика:

$$\lambda = \frac{\Delta Q}{m} \approx \frac{55000 - 25000}{1} = 30 \text{ кДж}/\text{кг}. \quad (3)$$

Ответ: $140 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, $210 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, $30 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

Критерии оценивания:

- 1) Построен график зависимости $t = t(Q)$ - 2 балла.
- 2) Дано объяснение всем тепловым процессам - 2 балла.
- 3) Найдена удельная теплоемкость вещества в твердом состоянии - 2 балла.
- 4) Найдена удельная теплоемкость вещества в жидком состоянии - 2 балла.
- 5) Найдена удельная теплота плавления - 2 балла.

Всего 10 баллов