

**7-9 классы, подготовка к теоретическому туру
олимпиады школьников «Робофест» по физике**

Задачи к итоговому занятию основного курса 2022/23 учебного года.

Тема: «ПОДГОТОВКА К ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ ТУРУ ФИНАЛЬНОГО ЭТАПА».

Задание 1.1.

Автобус проехал треть расстояния между остановками со скоростью 22 км/ч, вторую треть – со скоростью 44 км/ч, и последнюю треть – со скоростью 66 км/ч. Найдите среднюю скорость автобуса на всем пути от одной остановки до другой. Ответ запишите в км/ч, без указания единиц измерения.

Подсказка 1: Средняя скорость на участке пути – это отношение длины пути к полному времени, потраченному на его прохождение.

Подсказка 2: Полное время, потраченное автобусом на путь от одной остановки до другой

$$t = \frac{S/3}{v} + \frac{S/3}{2v} + \frac{S/3}{3v} = \frac{11S}{18v}.$$

Решение:

Обозначим S – расстояние между остановками, а скорости на трех участках запишем как v , $2v$ и $3v$. Полное время, потраченное автобусом на путь от одной остановки до другой

$$t = \frac{S/3}{v} + \frac{S/3}{2v} + \frac{S/3}{3v} = \frac{11S}{18v}. \text{ Его средняя скорость } v_{cp} = \frac{S}{t} = \frac{18v}{11} = 36 \text{ км/ч.}$$

ОТВЕТ: 36.

Задание 1.2

Соревновательная трасса для робота состоит из двух участков, на одном из которых («медленном») он движется с меньшей скоростью, на другом («быстром») – с большей. Известно, что длина «быстрого» участка в два раза больше, чем длина «медленного». Во время первого прохождения средняя скорость робота на трассе равнялась 2,5 м/с. При втором прохождении средняя скорость робота на «медленном» участке возросла в 1,2 раза, а на «быстром» – во столько же раз уменьшилась. Оказалось, что средняя скорость на всей трассе осталась той же. Чему равнялась средняя скорость робота на «быстром» участке при первом прохождении трассы? Ответ запишите в м/с, с точностью до десятых, без указания единиц измерения.

Подсказка 1: Обозначив L – длину «медленного» участка трассы, можно вычислить время ее

первого прохождения $t_1 = \frac{L}{v} + \frac{2L}{V}.$

Подсказка 2: Тогда $v_{cp} = \frac{3L}{t_1} = \frac{3vV}{V+2v}.$

Подсказка 3: При втором прохождении $t_2 = \frac{5L}{6v} + \frac{12L}{5V}.$

Решение:

Пусть L – длина «медленного» участка трассы. Тогда $2L$ – длина «быстрого» участка. Пусть также v и V – скорости робота на этих участках. Тогда время первого прохождения трассы

$$t_1 = \frac{L}{v} + \frac{2L}{V}, \text{ и поэтому заданная нам средняя скорость прохождения } v_{cp} = \frac{3L}{t_1} = \frac{3vV}{V+2v}. \text{ При}$$

втором прохождении новые величины скоростей $v' = 1,2v = \frac{6}{5}v$ и $V' = \frac{5V}{6}$, и $t_2 = \frac{5L}{6v} + \frac{12L}{5V}$.

Средняя скорость осталась прежней: $v_{cp} = \frac{3L}{t_2} = \frac{90vV}{25V + 72v}$. Приравнявая выражения для

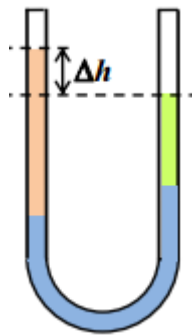
средней скорости, обнаруживаем, что $v = \frac{5}{12}V$. Тогда из любой формулы для v_{cp} получаем:

$$v_{cp} = \frac{15}{22}V \Rightarrow V = \frac{22}{15}v_{cp} = 4,4 \text{ м/с}.$$

ОТВЕТ: 4,4.

Задание 2.1

В U-образной трубке постоянного сечения, прямые отрезки которой расположены вертикально, было налито некоторое количество воды с плотностью $\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$. В нее с двух сторон аккуратно доливают маслянистые жидкости (не смешивающиеся с водой): в первом колене жидкость с плотностью $\rho_1 = 0,7 \text{ г/см}^3$ образует в трубке столбик длиной $L_1 = 50 \text{ мм}$, во втором колене жидкость с плотностью $\rho_2 = 0,8 \text{ г/см}^3$ образует в трубке столбик длиной $L_2 = 40 \text{ мм}$ (см. рисунок). В состоянии равновесия обе границы раздела жидкостей находятся в вертикальных участках трубки. Найдите разность высот уровней жидкости Δh . В ответе укажите модуль этой величины в мм с точностью до целого значения.



Подсказка 1: Условие гидростатического равновесия (при котором в нижней части, где колена трубки соединяются, давления в них одинаковы): $(\rho_1 L_1 + \rho x_1)g = (\rho_2 L_2 + \rho x_2)g$, где x_1 – высота столба воды в первом колене, а x_2 – во втором.

Подсказка 2: Разность высот уровней $\Delta h = h_1 - h_2 = x_1 + L_1 - x_2 - L_2$.

Решение:

Пусть x_1 – высота столба воды в первом колене, а x_2 – во втором. Условие гидростатического равновесия (при котором в нижней части, где колена трубки соединяются, давления в них одинаковы): $(\rho_1 L_1 + \rho x_1)g = (\rho_2 L_2 + \rho x_2)g$. Из этого соотношения находим, что

$x_1 - x_2 = \frac{\rho_2 L_2 - \rho_1 L_1}{\rho}$. Значит, разность высот уровней жидкостей

$$\Delta h = h_1 - h_2 = x_1 + L_1 - x_2 - L_2 = \frac{\rho_2 L_2 - \rho_1 L_1}{\rho} + L_1 - L_2 = L_1 \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho}\right) - L_2 \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho}\right).$$

При заданных значениях $\Delta h = +7 \text{ мм}$, то есть в первом колене уровень на 7 мм выше, чем во втором.

ОТВЕТ: 7.

Задание 2.2

В U-образной трубке постоянного сечения, прямые отрезки которой расположены вертикально, было налито некоторое количество воды с плотностью $\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$. В нее с двух сторон аккуратно доливают маслянистые жидкости (не смешивающиеся с водой): в первом колене жидкость с плотностью $\rho_1 = 0,7 \text{ г/см}^3$ образует в трубке столбик длиной $L_1 = 50 \text{ мм}$, во втором колене жидкость с плотностью $\rho_2 = 0,8 \text{ г/см}^3$ образует в трубке столбик длиной $L_2 = 40 \text{ мм}$ (см. рисунок). В состоянии равновесия обе границы раздела жидкостей находятся в вертикальных участках трубки. На сколько нужно увеличить длину столбика долитой жидкости в колене, поверхность жидкости в котором находится ниже, чтобы уровни сравнялись? Считайте, что после такого доливания по-прежнему обе границы раздела жидкостей находятся в вертикальных участках трубки. Ответ запишите в мм с точностью до целого значения.

Подсказка 1: Как мы выяснили в предыдущем задании, доливать нужно жидкость во второе колено – до тех пор, пока не будет $\Delta h' = 0$.

Подсказка 2: Нужно воспользоваться формулой для Δh из решения предыдущего задания.

Решение:

Как мы выяснили в предыдущем задании, доливать нужно жидкость во второе колено – до тех пор, пока не будет $\Delta h' = 0$. В соответствии с полученной формулой это означает, что

$$L_1 \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho}\right) = (L_2 + \Delta L_2) \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho}\right) \Rightarrow \Delta L_2 = \frac{\rho - \rho_1}{\rho - \rho_2} L_1 - L_2 = 35 \text{ мм}.$$

ОТВЕТ: 35.

Задание 3.1

Вода подается к крану со скоростью $2,5 \text{ м/с}$ по трубе сечением 8 см^2 . За какое время наполнится ведро объемом 10 л , если направить в него струю из этого крана? Потерями воды пренебречь. Ответ запишите в секундах.

Подсказка 1: Расход воды в этом кране (объем воды, выливающейся из крана за единицу времени) можно определить по скорости течения и сечению трубы: $q \equiv \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{S \cdot v \Delta t}{\Delta t} = S \cdot v$.

Решение:

Расход воды в этом кране (объем воды, выливающейся из крана за единицу времени) можно определить по скорости течения и сечению трубы: $q \equiv \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{S \cdot v \Delta t}{\Delta t} = S \cdot v = 2 \text{ л/с}$. Значит,

$$\text{иск. время } t = \frac{V}{q} = \frac{V}{Sv} = 5 \text{ с}.$$

ОТВЕТ: 5.

Задание 3.2

В цилиндрический бассейн через множество отверстий в стенках медленными струями подается теплая вода с температурой 36°C . Известно, что за секунду в бассейн поступает 7 л теплой воды. Для уменьшения температуры в тот же бассейн ученик 9 класса подает из шланга холодную воду с температурой 9°C , разбрызгивая ее над самой поверхностью воды. Он наливает в бассейн 2 л воды за секунду. Вода выливается из бассейна через одно открытое сливное отверстие площадью сечения 30 см^2 , расположенное на дне бассейна.

Изучите установившийся режим в этой системе, когда уровень воды в бассейне и ее средняя температура практически не изменяются. Найдите среднюю температуру воды в бассейне в установившемся режиме. Теплообменом воды в бассейне с окружающей средой пренебречь. Ответ запишите в градусах Цельсия, с точностью до целого значения.

Подсказка 1: Равновесная температура может быть определена из уравнения теплового баланса: количество теплоты, отданное поступившей за секунду в раковину горячей водой в процессе перемешивания, равно количеству теплоты, полученному холодной водой.

Подсказка 2: Обозначив количества поступающей воды $q_1 = 7 \text{ л/с}$ и $q_2 = 2 \text{ л/с}$, можно записать УТБ в виде $c\rho \cdot q_1(t_1 - t) = c\rho \cdot q_2(t - t_2)$.

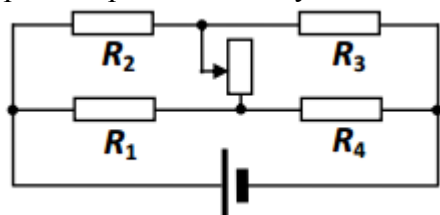
Решение:

Равновесная температура может быть определена из уравнения теплового баланса: количество теплоты, отданное поступившей за секунду в бассейн теплой водой ($q_1 = 7 \text{ л/с}$) в процессе перемешивания, равно количеству теплоты, полученному холодной водой (поступает $q_2 = 2 \text{ л/с}$), то есть $c\rho \cdot q_1(t_1 - t) = c\rho \cdot q_2(t - t_2) \Rightarrow t = \frac{q_1 t_1 + q_2 t_2}{q_1 + q_2} = 30^\circ\text{C}$.

ОТВЕТ: 30.

Задание 4.1

В схеме, показанной на рисунке, $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_3 = 8 \text{ Ом}$ и $R_2 = R_4 = 4 \text{ Ом}$. Идеальный источник создает на своих клеммах напряжение $U = 12 \text{ В}$. Сопротивление реостата может изменяться в диапазоне от 1 Ом до 20 Ом. Какова максимально возможная сила тока в резисторе R_1 ? Ответ укажите в А.



Подсказка 1: Здесь $R_1 R_4 = R_2 R_3$.

Подсказка 2: Поэтому пары резисторов 1-4 и 2-3 делят напряжение источника в одинаковой пропорции 1:2, и потенциалы контактов, к которым подключен реостат, равны.

Решение:

На самом деле в этой схеме ток через реостат не течет, поскольку это – сбалансированная мостовая схема: $R_1 R_4 = R_2 R_3$. Чтобы это доказать, нужно заметить, что пары резисторов 1-4 и 2-3 делят напряжение источника в одинаковой пропорции 1:2. Поэтому потенциалы контактов, к которым подключен реостат, равны, и напряжение на реостате всегда равно нулю. Это означает, что сила тока, текущего через последовательно соединенные R_1 и R_4

равна $I = \frac{U}{R_1 + R_4} = 2 \text{ А}$.

ОТВЕТ: 2.

Задание 4.2

При подключении вольтметра к клеммам одного аккумулятора он показывает напряжение $U_1 = 17,1 \text{ В}$, а при подключении к четырем таким же аккумуляторам, соединенным параллельно – напряжение $U_4 = 19 \text{ В}$. Какое напряжение покажет этот же вольтметр, если подключить его к трем таким же аккумуляторам, соединенным последовательно? Ответ запишите в В, с точностью до десятых.

Подсказка 1: При подключении вольтметра к клеммам одного аккумулятора сила тока через него равна $I = \frac{U}{R+r}$, и напряжение на вольтметре $U_1 = \frac{R}{R+r}U = \frac{z}{z+1}U$, где $z \equiv \frac{R}{r}$.

Подсказка 2: У четырех таких же аккумуляторов, соединенных параллельно, ЭДС такое же, а внутреннее сопротивление равно $\frac{r}{4}$.

Подсказка 3: Значит, $U_4 = \frac{4R}{4R+r}U = \frac{4z}{4z+1}U = \frac{4(z+1)}{4z+1}U_1 \Rightarrow \frac{U_4}{U_1} = \frac{10}{9} = \frac{4(z+1)}{4z+1}$.

Решение:

Введем обозначения: пусть U – напряжение, создаваемое аккумулятором на своих клеммах при разомкнутой цепи (его ЭДС), r – внутреннее сопротивление аккумулятора, а R – сопротивление вольтметра. Тогда при подключении вольтметра к клеммам одного аккумулятора сила тока через него равна $I = \frac{U}{R+r}$, и напряжение на вольтметре

$U_1 = \frac{R}{R+r}U = \frac{z}{z+1}U$, где $z \equiv \frac{R}{r}$. У четырех таких же аккумуляторов, соединенных

параллельно, ЭДС такое же, а внутреннее сопротивление равно $\frac{r}{4}$, так что

$U_4 = \frac{4R}{4R+r}U = \frac{4z}{4z+1}U = \frac{4(z+1)}{4z+1}U_1 \Rightarrow \frac{U_4}{U_1} = \frac{10}{9} = \frac{4(z+1)}{4z+1}$. Из этого уравнения находим, что

$z = \frac{13}{2}$. При подключении вольтметра к трем таким же аккумуляторам, соединенным последовательно, напряжения на аккумуляторах и их внутренние сопротивления складываются, так что $U_3 = \frac{R}{R+3r}3U = \frac{3z}{z+3}U = \frac{3(z+1)}{z+3}U_1 = 40,5\text{В}$.

ОТВЕТ: 40,5.