

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель начальника
главного управления по
образованию
Могилевского облисполкома



И.Г.Лошкевич

21 марта 2022г.

ЗАДАНИЯ

для проведения городских, районных олимпиад
по учебному предмету «Физика»

Дата проведения: 30 марта 2022 г.

Время выполнения заданий: 10.00 – 13.00.

VIII класс

1. На Полесье провели гонки на вездеходах. На рисунке 1 представлены графики скорости движения двух вездеходов, стартовавших одновременно и движущихся по одной и той же трассе в одном и том же направлении. Постройте график зависимости расстояния между вездеходами от времени их движения. Определите наибольшее расстояние между вездеходами.

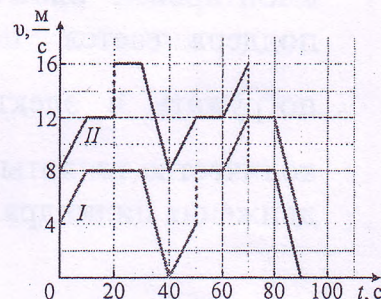


Рис. 1

2. В теплоизолированном сосуде пренебрежимо малой теплоемкости находится вода и лед при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$. В сосуд опускают нагреватель постоянной мощности $P = 231\text{ Вт}$ и содержимому сосуда начинают сообщать тепловую энергию, периодически измеряя температуру в сосуде. За одну минуту ($\tau = 1,0\text{ мин}$) температура в сосуде не изменилась. К концу второй минуты температура в сосуде повысилась на $\Delta t_1 = 5^\circ\text{C}$, а к концу третьей минуты она повысилась еще на $\Delta t_2 = 30^\circ\text{C}$. Определите массу льда, первоначально содержащегося в сосуде. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

3. К середине широкой горизонтальной трубы, закрытой с двух сторон пробками, припаяна узкая длинная вертикальная трубка (рис. 2). Площадь поперечного сечения узкой цилиндрической трубки $S = 4,0\text{ см}^2$. Поперечное сечение широкой трубы имеет форму квадрата, сторона которого $a = 4,0\text{ см}$. Через верхнее отверстие узкой трубки залили воду,

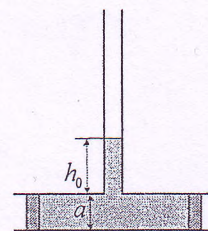


Рис. 2

заполнившую широкую трубу и поднявшуюся на высоту $h_0 = 3,0$ см в узкой трубке. Определите, минимальную работу, которую надо совершить, чтобы медленно смещая правую пробку, левая пробка начала двигаться. Сила трения скольжения между каждой пробкой и трубой $F_{\text{тр}} = 4,0$ Н. Известно, что при смещении правая пробка не достигает середины трубы, а вода через верхний край вертикальной трубки не выливается. Плотность воды $\rho = 1,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

Коэффициент $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

4. Вертикальный цилиндрический стеклянный сосуд площадью поперечного сечения $S_1 = 80 \text{ см}^2$ заполнен до высоты $h = 20$ см проводящей жидкостью (электролитом) (рис. 3), удельное сопротивление которой $\rho_1 = 0,08 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Сверху над электролитом расположен цилиндр из электропроводящего материала (эком) длиной $l = 20$ см и площадью поперечного сечения $S_2 = 40 \text{ см}^2$, касающийся поверхности электролита. Удельное сопротивление экома $\rho_2 = 0,02 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. К верхнему основанию цилиндра

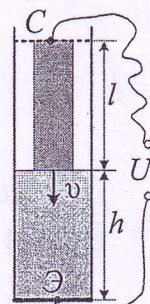
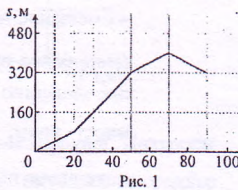


Рис. 3

прикреплена металлическая сетка C в форме круга. В дно сосуда вмонтирован плоский круглый электрод \mathcal{E} . Между сеткой и электродом поддерживается постоянное напряжение $U = 6,0$ В. Цилиндр начинают погружать в электролит с постоянной скоростью $v = 20 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$. Определите количество теплоты, выделившееся на участке $C\mathcal{E}$ электрической цепи за время движения цилиндра.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ 1 (VIII КЛАСС)

Так как вездеходы движутся в одном направлении, то скорость одного вездехода относительно другого равна разности скоростей. Рассмотрим скорость второго вездехода относительно первого: $v_{21} = v_2 - v_1$ (1). Проанализировав графики, выделим четыре последовательных промежутка времени, на каждом из которых скорость v_{21} не изменялась. На первом ($\Delta t_1 = 20$ с), втором ($\Delta t_2 = 30$ с) и третьем ($\Delta t_3 = 20$ с) промежутке времени скорость второго вездехода превышала скорость первого на $(v_{21})_1 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $(v_{21})_2 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ и $(v_{21})_3 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ соответственно. На четвертом промежутке времени $\Delta t_4 = 20$ с скорость второго вездехода была меньше скорости первого, поэтому $(v_{21})_4 = -4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Расстояние между вездеходами на первых трех промежутках времени увеличивалось, а на четвертом уменьшалось: $s_1(t) = 4t$ (1), $s_2(t) = s_1^{\text{max}} + 8t$ (2), $s_3(t) = s_2^{\text{max}} + 4t$ (3) и $s_4(t) = s_3^{\text{max}} - 4t$ (4). На рисунке 1 построен искомый график $s(t)$. Наибольшее расстояние между вездеходами $s_{\text{max}} = 400$ м достигается в момент времени $t = 70$ с.



(VIII КЛАСС)

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ 2 (VIII КЛАСС)

Очевидно, в течение первой минуты не весь лед растаял, так как температура содержимого сосуда не изменилась. Запишем уравнение теплового баланса: $P\tau = \lambda m_1$ (1), где m_1 — масса растаявшего льда. За вторую и третью минуту температура в сосуде изменилась неодинаково, значит, в течение второй минуты таял оставшийся лед массой m_2 , и нагревалась вода от температуры $t_0 = 0$ °С до температуры $t_1 = 5$ °С. Уравнение теплового баланса имеет вид: $P\tau = \lambda m_2 + c(m_n + m_w)\Delta t_1$ (2), где m_n и m_w — соответственно первоначальная масса льда и воды в сосуде, c — удельная теплоемкость воды. Искомая масса льда $m_n = m_1 + m_2$ (3). Уравнение теплового баланса при нагревании воды в течение третьей минуты: $P\tau = c(m_n + m_w)\Delta t_2$ (4). Из (1) и (3) следует: $\lambda m_2 = \lambda m_n - P\tau$ (5). Из (2) найдем: $c(m_n + m_w) = \frac{P\tau}{\Delta t_1}$ (6). Подставив (5) и (6) в (4), получим $P\tau = \lambda m_n - P\tau + \frac{P\tau}{\Delta t_1} \Delta t_1$ (7). Первоначальная масса льда в сосуде $m_n = \frac{P\tau}{\lambda \Delta t_1} (2\Delta t_1 - \Delta t_2)$ (8) или $m_n = 77$ г.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ 3 (VIII КЛАСС)

Левая пробка начнет двигаться, если к ней будет приложена сила $F = F_{\text{пр}}$. Это означает, что среднее давление воды должно увеличиться до $\langle p \rangle = \frac{F}{S} = \frac{F_{\text{пр}}}{a^2}$ (1). Это будет достигнуто, если из-за смещения правой пробки высота столба воды в узкой трубке увеличится до $H = h_0 + h$ (2), где h — повышение уровня воды в узкой трубке. Среднее

давление на пробку $\langle p \rangle = \frac{\rho g H + \rho g (H + a)}{2}$ (3). Из записанных уравнений (2) и (3) следует:

$$\langle p \rangle = \rho g h_0 + \rho g h + \frac{\rho g a}{2} \quad (4). \text{ Из уравнений (1) и (4) высота } h = \frac{F_{\text{пр}}}{\rho g a^2} - h_0 - \frac{a}{2} = 0,20 \text{ м} \quad (5).$$

Используя свойство несжимаемости жидкости, запишем уравнение: $a^2 \Delta l = S h$ (6), где Δl – смещение правой пробки. Из уравнений (5) и (6) $\Delta l = h \frac{S}{a^2} = 0,05 \text{ м}$ (7). Работа внешней силы равна сумме изменения потенциальной энергии воды в системе труб и работы по преодолению силы трения при перемещении правой пробки: $A = \Delta E_n + |A_{\text{тр}}|$ (8). Найдем массу воды, которую вытеснит правая пробка: $\Delta m = \rho a^2 \Delta l = 0,080 \text{ кг}$ (9). Изменение потенциальной энергии этой воды $\Delta E_n = \Delta m g \left(\frac{h}{2} + h_0 + \frac{a}{2} \right) = 0,12 \text{ Дж}$ (10). Работа силы трения $A_{\text{тр}} = -F_{\text{тр}} \Delta l = -0,20 \text{ Дж}$ (11). Ответ задачи: $A = 0,32 \text{ Дж}$.

Если построить график зависимости силы F , под действием которой перемещают правую пробку, от пути s , который она проходит, то числовое значение площади под графиком $F(s)$ будет равно искомой работе.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ 4 (VIII КЛАСС)

Цилиндр будет опускаться до дна сосуда в течение времени $\tau = \frac{h}{v} = 10 \text{ с}$ (1).

Причем половину этого времени он будет погружаться в электролит. При движении цилиндра сопротивление цепи будет изменяться. Выделим три этапа: 1) цилиндр не погружен в электролит, но касается его поверхности; 2) цилиндр частично погружен в электролит; 3) цилиндр полностью погружен в электролит. На рисунке 1 показана схема электрической цепи, соответствующая первому этапу. Сопротивление последовательно соединенных проводников $R_0 = R_2 + R_1$ (2) или

$$R_0 = \rho_2 \frac{l}{S_2} + \rho_1 \frac{h}{S_1} = 3,0 \text{ Ом} \quad (3). \text{ Найдем закономерность, по которой будет}$$

изменяться сопротивление участка цепи, пока цилиндр будет погружаться в электролит. Рассмотрим некоторый момент времени

$$0 < \tau_1 < \frac{\tau}{2}. \text{ За это время цилиндр пройдет путь } s_1 = v \tau_1 \quad (4) \text{ и}$$

погрузится в электролит на глубину $l_1 = 2v \tau_1$ (5) (рис. 2).

На рисунке 3 показана схема электрической цепи, соответствующая второму этапу. Сопротивление

$$R(\tau_1) = r_1 + \frac{r_2 r_3}{r_2 + r_3} + r_4 \quad (6). \text{ Сопротивление}$$

$$r_1 = \rho_2 \frac{l - 2v \tau_1}{S_2} = \frac{\rho_2 l}{S_2} - \frac{2\rho_2 v}{S_2} \tau_1 \quad (7) \text{ или } r_1 = 1 - 0,2 \tau_1 \quad (8).$$

Сопротивление параллельно соединенных проводников

$$r_{23} = \frac{\frac{\rho_2 2v \tau_1}{S_2} \cdot \frac{\rho_1 2v \tau_1}{S_1 - S_2}}{\frac{\rho_2 2v \tau_1}{S_2} + \frac{\rho_1 2v \tau_1}{S_1 - S_2}} = \frac{2\rho_1 \rho_2 v}{(\rho_1 + \rho_2) S_2} \tau_1 \quad (9) \text{ или } r_{23} = 0,16 \tau_1 \quad (10). \text{ В (9) учтено, что } S_1 = 2S_2.$$

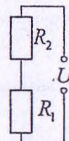


Рис. 1

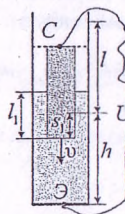


Рис. 2

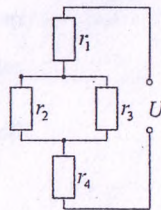


Рис. 3

Сопротивление

$$r_4 = \rho_1 \frac{h - v\tau_1}{S_1} = \frac{\rho_1 h}{S_1} - \frac{\rho_1 v}{S_1} \tau_1 \quad (11) \text{ или}$$

$$r_4 = 2 - 0,2\tau_1 \quad (12). \text{ Подставив (8), (10) и}$$

$$(6), \text{ получим } R(\tau_1) = 3 - 0,24\tau_1 \quad (13).$$

погружении цилиндра в жидкость сопротивление цепи линейно уменьшается (формула (13)). В момент времени $\tau_1 = 5$ с цилиндр полностью погрузится в жидкость. При этом

сопротивление цепи станет $R(5 \text{ с}) = 1,8 \text{ Ом}$ (14) и дальше изменяться не будет. Построим график зависимости $R(\tau)$ (рис. 4). Так как первый участок графика линейный, то среднее

значение сопротивления $\langle R \rangle = \frac{3 \text{ Ом} + 1,8 \text{ Ом}}{2} = 2,4 \text{ Ом}$. По закону Джоуля-Ленца

$$Q = \frac{U^2}{\langle R \rangle} \cdot \frac{\tau}{2} + \frac{U^2}{R(5 \text{ с})} \cdot \frac{\tau}{2} \text{ или } Q = 175 \text{ Дж}.$$

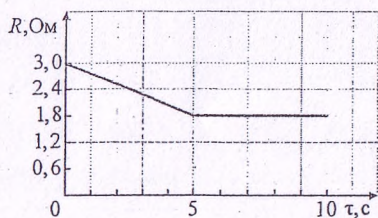


Рис. 4

(12) в
При