

Министерство науки и высшего образования РФ
Совет ректоров вузов Томской области
Открытая региональная межвузовская олимпиада
2020-2021
ФИЗИКА

8 класс

1 Вариант. II этап.

1. В воду на тонкой проволоке длиной l и массой m опущен металлический цилиндр плотностью ρ , диаметром d и высотой h . Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы вынуть цилиндр из воды за проволоку. Площадь круга $S = \pi r^2$. Плотность воды ρ_0 .

Возможное решение:

Минимальная работа, которую нужно совершить пойдет на увеличение потенциальной энергии тела, при этом не сообщая телу заметного $F_{\text{Арх}} = 0$ изменения скорости. Таким образом общая работа состоит из работы по поднятию проволоки и работы по подъему самого цилиндра:

$$A = A_1 + A_2,$$

где A_1 - работа по поднятию проволоки, A_2 - работа по поднятию цилиндра. (4 балла)

Так как проволока тонкая – силой Архимеда, действующей на неё – можно пренебречь, с другой стороны пока цилиндр в воде $F_{\text{Арх}} = \text{const}$, а когда цилиндр выходит из воды, она меняется от какого-то максимально значения $F_{\text{Арх}} = \text{макс}$, до минимального по линейному закону (отсюда можно высчитать среднюю силу Архимеда). Отсюда можно записать:

$$A_1 = mgh(l + h),$$

$$A_2 = \underbrace{m_2 g(l + h) - F_{\text{Арх}} l}_{\substack{\text{в воде до верхнего} \\ \text{торца цилиндра}}} - \underbrace{F_{\text{Арх}} \frac{h}{2}}_{A' = F_{\text{Арх.средн}} \cdot h}. \quad (8 \text{ баллов})$$

Массу цилиндра необходимо выразить через плотность и объём: $m_2 = \rho \frac{\pi d^2}{4} h$, и аналогично сила

$$\text{Архимеда } F_{\text{Арх}} = \rho_0 g \frac{\pi d^2}{4} h. \quad (4 \text{ балла})$$

Тогда, подставляя выраженные величины, можно записать ответ в общем виде:

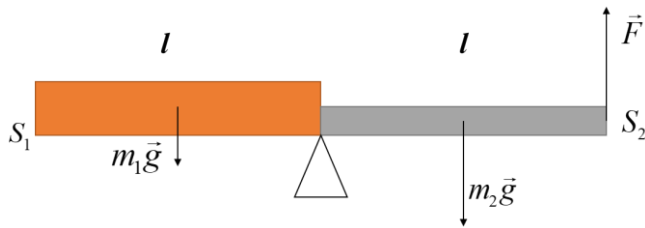
$$A = mg(l + h) + gh \frac{\pi d^2}{4} [l(\rho - \rho_0) + h(\rho - 0,5\rho_0)]. \quad (4 \text{ балла})$$

2. Стержень состоит из двух одинаковых по длине, но разных по сечению частей. Медная часть имеет плотность ρ_1 . Плотность стальной части ρ_2 , а площадь поперечного сечения S_2 . Если состыкованный стержень поставить на острие опоры, то к концу стальной части необходимо приложить силу F , чтобы вся система находилась в горизонтально положении.

Найдите сечение медного стержня.

Возможное решение

Сделан рисунок, отмечены силы, площадь частей стержня:



(4 балла)

Пусть l – длина части стержня, тогда можно записать условия равенства моментов (правило рычага):

$$(1) \quad m_2 g \frac{l}{2} = m_1 g \frac{l}{2} + Fl, \quad (6 \text{ баллов})$$

где $m_{1,2}$ можно заменить через плотность и объем: $m_1 = \rho V_1$, $m_2 = \rho V_2$. (2 балла)

Продолжая замену $V_i = S_i l$, и разделив уравнение (1) на l получим: (2 балла)

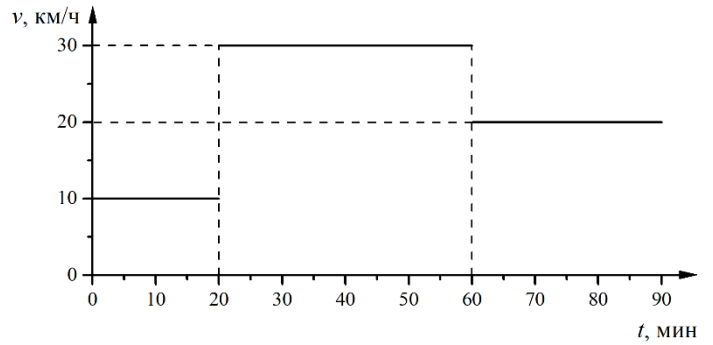
$$(2) \quad \frac{\rho_2 S_2 l g}{2} = \frac{\rho_1 S_1 l g}{2} + F, \quad (2 \text{ балла})$$

Остается лишь выразить искомую площадь медной части стержня:

$$\frac{2}{\rho_1 l g} \left(\frac{\rho_2 S_2 l g}{2} - F \right) = S_1,$$

Ответ:
$$\frac{\rho_2}{\rho_1} S_2 - \frac{2F}{\rho_1 l g} = S_1. \quad (4 \text{ балла})$$

3. На графике приведена зависимость скорости автомобиля от времени. Определите среднюю скорость автомобиля.



Возможное решение

Средняя скорость – это всё расстояние, деленное на полное время пути:

$$(1) \quad \langle v \rangle = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2 + v_3 t_3}{t_1 + t_2 + t_3}. \quad (16 \text{ баллов})$$

Тогда, если выписать каждый временной участок:

$$t_1 = \frac{1}{3} \text{ часа,}$$

$$(2) \quad t_2 = \frac{2}{3} \text{ часа,} \quad (2 \text{ балла})$$

$$t_3 = \frac{1}{2} \text{ часа,}$$

Можно получить окончательное выражение и ответ:

$$(3) \quad \langle v \rangle = \frac{10 \cdot \frac{1}{3} + 30 \cdot \frac{2}{3} + 20 \cdot \frac{1}{2}}{\frac{1}{3} + \frac{2}{3} + \frac{1}{2}}. \quad (2 \text{ балла})$$

Ответ: $\langle v \rangle \approx 22,2$ км/ч.

4. Водонагреватель состоит из ёмкости для воды и двух тепловых элементов, причём мощность первого в 3 раза меньше мощности второго. Используя только первый тепловой элемент можно нагреть 20 литров воды на 75°C за 3,5 часа. Сколько времени займет нагрев 80 л воды на ту же температуру с помощью двух тепловых элементов?

Возможное решение

Правильно записать исходные данные: $P_2 = 3P_1$, $m_2 = 4m_1$, тогда: (2 балла)

Количество теплоты передаваемая первым тепловым элементов объёму воды можно записать как:

(1)
$$P_1 t_1 = cm_1 \Delta T,$$
 (6 баллов)

с другой стороны, нагрев с помощью двух тепловых элементов:

(2)
$$(P_1 + P_2)t_2 = cm_2 \Delta T,$$
 (6 баллов)

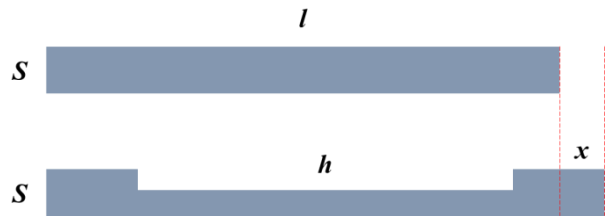
тогда, проведя замену, и разделив выражение (2) на (1), можно выразить t_2 :

(3)
$$\frac{P_1 + P_2}{P_1} \frac{t_2}{t_1} = \frac{cm_2 \Delta T}{cm_1 \Delta T},$$
 (4 балла)

$$t_2 = \frac{4m_1 P_1}{m_1 4P_1} t_1. \quad (2 \text{ балла})$$

Ответ: $t_2 = t_1 = 3,5$ ч.

5. Провод длиной l был придавлен валиком шириной h так, что по краям остались одинаковые части без изменения толщины. При этом он удлинился на величину x не изменив своего объёма, у провода уменьшилась площадь поперечного сечения только в придавленной области. Определить во сколько раз изменилось сопротивление такого провода.



Возможное решение

Объём провода не изменился, таким образом, можем записать: $V = Sl = S_1 h + (l + x - h)S$. (3 балла)

Тогда площадь придавленной валиком части провода можно выразить как:

$$(1) \quad S_1 = \frac{h-x}{h} S, \quad (1 \text{ балл})$$

Сопротивление провода определяется по формуле: $R = \frac{\rho L}{S}$, причем в случае когда провод придавлен по центру – общее сопротивление можно рассчитать как сумму последовательно соединённых проводов соответствующего сечения:

$$R' = R_1 + 2R_2,$$

где $R_1 = \frac{\rho h}{S_1} = \frac{\rho h^2}{(h-x)S}$, а $R_2 = \frac{\rho(l+x-h)}{2S}$. Таким образом, можно выразить итоговое R' : (4 балла)

$$R' = \frac{\rho h^2}{(h-x)S} + \frac{\rho(l+x-h)}{S},$$

$$R' = \frac{\rho}{S} \left(\frac{h^2}{h-x} + l + x - h \right),$$

$$(2) \quad R' = \frac{\rho}{S} \frac{h^2 + lh - lx + hx - x^2 - h^2 + hx}{h-x}, \quad (8 \text{ баллов})$$

$$R' = \frac{\rho}{S} \frac{l(h-x) + x(2h-x)}{h-x},$$

$$R' = \frac{\rho}{S} \left(l + \frac{x(2h-x)}{h-x} \right).$$

Таким образом, наконец, зная что $R_0 = \frac{\rho l}{S}$, можно выразить ответ:

$$(3) \quad \frac{R'}{R_0} = \frac{\frac{\rho}{S} \left(l + \frac{x(2h-x)}{h-x} \right)}{\frac{\rho l}{S}}, \quad (4 \text{ балла})$$

$$\frac{R'}{R_0} = 1 + \frac{x(2h-x)}{l(h-x)}.$$

Оценка заданий №№ 1 – 5 по 20 баллов

Внимание!

Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

Желаем успеха!

Министерство науки и высшего образования РФ
Совет ректоров вузов Томской области
Открытая региональная межвузовская олимпиада
2020-2021
ФИЗИКА

8 класс

2 Вариант. II этап.

1. В воду на тонкой проволоке длиной l и массой m опущен металлический цилиндр плотностью ρ и высотой h . Минимальная работа, которую нужно совершить, чтобы вынуть цилиндр из воды за проволоку равна A . Найти площадь основания цилиндра. Площадь круга $S = \pi r^2$. Плотность воды ρ_0 .

Возможное решение:

Минимальная работа, которую нужно совершить пойдет на увеличение потенциальной энергии тела, при этом не сообщая телу заметного $F_{\text{Арх}} = 0$ изменения скорости. Таким образом общая работа состоит из работы по поднятию проволоки и работы по подъему самого цилиндра:

$$A = A_1 + A_2,$$

где A_1 - работа по поднятию проволоки, A_2 - работа по поднятию цилиндра. (4 балла)

Так как проволока тонкая – силой Архимеда, действующей на неё – можно пренебречь, с другой стороны пока цилиндр в воде $F_{\text{Арх}} = \text{const}$, а когда цилиндр выходит из воды, она меняется от какого-то максимально значения $F_{\text{Арх}} = \text{макс}$, до минимального по линейному закону (отсюда можно высчитать среднюю силу Архимеда). Отсюда можно записать:

$$A_1 = mgh(l + h),$$

$$A_2 = \underbrace{m_2 g(l + h) - F_{\text{Арх}} l}_{\text{в воде до верхнего торца цилиндра}} - \underbrace{F_{\text{Арх}} \frac{h}{2}}_{A' = F_{\text{Арх.средн}} \cdot h}. \quad (8 \text{ баллов})$$

Массу цилиндра необходимо выразить через плотность и объём: $m_2 = \rho Sh$, и аналогично сила Архимеда $F_{\text{Арх}} = \rho_0 gSh$. (4 балла)

Тогда, подставляя выраженные величины, можно записать в общем виде:

$$A = mg(l + h) + ghS[l(\rho - \rho_0) + h(\rho - 0,5\rho_0)]. \quad (3 \text{ балла})$$

После чего нетрудно получить итоговый ответ:

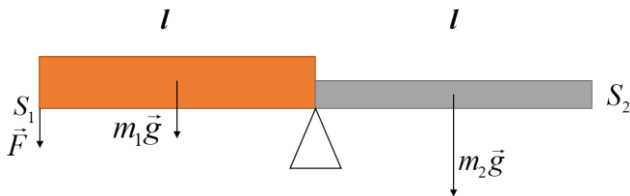
$$S = \frac{A - mg(l + h)}{gh[l(\rho - \rho_0) + h(\rho - 0,5\rho_0)]}. \quad (1 \text{ балл})$$

2. Стержень состоит из двух одинаковых по длине, но разных по сечению частей. Медная часть имеет плотность ρ_1 и сечение S_1 . Плотность стальной части ρ_2 . Если состыкованный стержень поставить на острие опоры, то к концу медной части необходимо приложить силу F , чтобы вся система находилась в горизонтально положении.

Найдите сечение стального стержня.

Возможное решение

Сделан рисунок, отмечены силы, площадь частей стержня:



(4 балла)

Пусть l – длина части стержня, тогда можно записать условия равенства моментов (правило рычага):

$$(1) \quad m_2 g \frac{l}{2} = m_1 g \frac{l}{2} + Fl, \quad (6 \text{ баллов})$$

где $m_{1,2}$ можно заменить через плотность и объем: $m_1 = \rho V_1$, $m_2 = \rho V_2$. (2 балла)

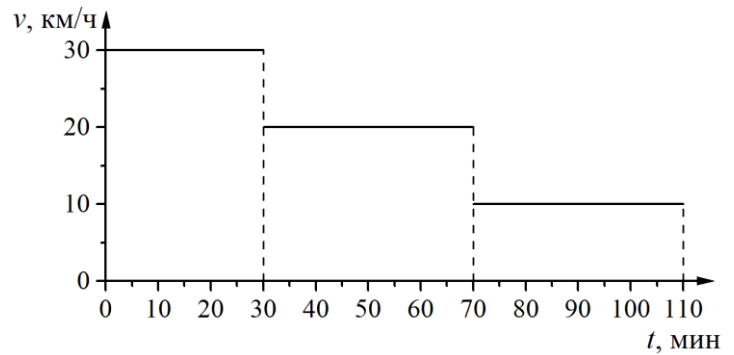
Продолжая замену $V_i = S_i l$, и разделив уравнение (1) на l получим: (2 балла)

$$(2) \quad \frac{\rho_2 S_2 l g}{2} = \frac{\rho_1 S_1 l g}{2} + F. \quad (2 \text{ балла})$$

Остается лишь выразить искомую площадь стальной части стержня:

$$\frac{2F}{\rho_2 l g} + \frac{\rho_1}{\rho_2} S_1 = S_2. \quad (4 \text{ балла})$$

3. Определите среднюю скорость автомобиля, если зависимость скорости от времени задана на графике.



Возможное решение

Средняя скорость – это всё расстояние, деленное на полное время пути:

$$(1) \quad \langle v \rangle = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2 + v_3 t_3}{t_1 + t_2 + t_3}. \quad (16 \text{ баллов})$$

Тогда, если выписать каждый временной участок:

$$(2) \quad \begin{aligned} t_1 &= \frac{1}{2} \text{ часа,} \\ t_2 &= \frac{2}{3} \text{ часа,} \\ t_3 &= \frac{2}{3} \text{ часа,} \end{aligned} \quad (2 \text{ балла})$$

Можно получить окончательное выражение и ответ:

$$(3) \quad \langle v \rangle = \frac{30 \cdot \frac{1}{2} + 20 \cdot \frac{2}{3} + 10 \cdot \frac{2}{3}}{\frac{1}{2} + \frac{2}{3} + \frac{2}{3}}. \quad (2 \text{ балла})$$

Ответ: $\langle v \rangle \approx 19,1 \text{ км/ч.}$

4. Водонагреватель состоит из ёмкости для воды и двух тепловых элементов, причём мощность первого в 4 раза больше мощности второго. Используя оба тепловых элемента можно нагреть 80 литров воды на 75°C за 2,8 часа. Сколько времени займёт нагрев 20 л воды на ту же температуру с помощью только второго теплового элемента?

Возможное решение

Правильно записать исходные данные: $P_1 = 4P_2$, $m_1 = 4m_2$, тогда: (2 балла)

Количество теплоты передаваемая воде в первом случае, можно записать как:

$$(1) \quad (P_1 + P_2)t_1 = cm_1\Delta T, \quad (6 \text{ баллов})$$

с другой стороны, нагрев с помощью только второго теплового элемента:

$$(2) \quad P_2t_2 = cm_2\Delta T, \quad (6 \text{ баллов})$$

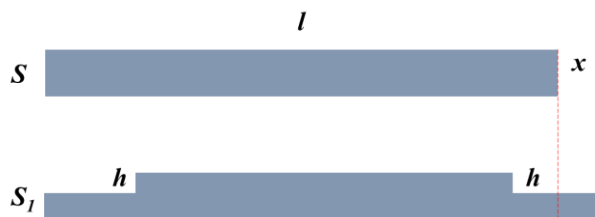
тогда, проведя замену, и разделив выражение (2) на (1), можно выразить t_2 :

$$(3) \quad \frac{P_2}{P_1 + P_2} \frac{t_2}{t_1} = \frac{cm_2\Delta T}{cm_1\Delta T}, \quad (4 \text{ балла})$$

$$t_2 = \frac{m_2 5 P_2}{4 m_2 P_2} t_1. \quad (2 \text{ балла})$$

Ответ: $t_2 = \frac{5}{4}t_1 = 3,5 \text{ ч.}$

5. Провод длиной l был придавлен с двух концов валиком шириной h так, что в середине осталась неизменённая часть провода. При этом провод удлинился на величину x не изменив своего объёма. У провода уменьшилась площадь поперечного сечения только в придавленных областях h . Во сколько раз изменилось сопротивление такого провода?



Возможное решение

Объём провода не изменился, таким образом, можем записать: $V = Sl = 2S_1h + (l+x-2h)S$. (3 балла)

Тогда площадь придавленной валиком части провода можно выразить как:

$$(1) \quad S_1 = \frac{2h-x}{2h} S, \quad (1 \text{ балл})$$

Сопротивление провода определяется по формуле: $R = \frac{\rho L}{S}$, причем в случае когда провод придавлен по центру – общее сопротивление можно рассчитать как сумму последовательно соединённых проводов соответствующего сечения:

$$R' = 2R_1 + R_2,$$

где $R_1 = \frac{\rho h}{S_1} = \frac{\rho 2h^2}{(2h-x)S}$, а $R_2 = \frac{\rho(l+x-2h)}{S}$. Таким образом, можно выразить итоговое R' : (4 балла)

$$(2) \quad \begin{aligned} R' &= 2 \frac{\rho 2h^2}{(2h-x)S} + \frac{\rho(l+x-2h)}{S}, \\ R' &= \frac{\rho}{S} \left(\frac{4h^2}{2h-x} + l+x-2h \right), \\ R' &= \frac{\rho}{S} \frac{4h^2 + 2hl - lx + 2hx - x^2 - 4h^2 + 2hx}{2h-x}, \\ R' &= \frac{\rho}{S} \frac{2hl - lx + 4hx - x^2}{2h-x}, \\ R' &= \frac{\rho}{S} \frac{(2h-x)l + (4h-x)x}{2h-x}, \\ R' &= \frac{\rho}{S} \left(l + \frac{(4h-x)x}{2h-x} \right), \end{aligned} \quad (8 \text{ баллов})$$

Таким образом, наконец, зная что $R_0 = \frac{\rho l}{S}$, можно выразить ответ:

$$(3) \quad \begin{aligned} \frac{R'}{R_0} &= \frac{\frac{\rho}{S} \left(l + \frac{(4h-x)x}{2h-x} \right)}{\frac{\rho l}{S}}, \\ \frac{R'}{R_0} &= 1 + \frac{(4h-x)x}{2h-x}. \end{aligned} \quad (4 \text{ балла})$$

Оценка заданий №№ 1 – 5 по 20 баллов

Внимание!

Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

Желаем успеха!