РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ И УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЖЮРИ
2-о (районного) этапа республиканской олимпиады
по учебному предмету **«Физика»**
2021 год
IX класс

ЗАДАЧА 1 «Проволока» – 6 баллов
ЗАДАЧА 2 «Подшипник» – 7 баллов
ЗАДАЧА 3 «Кольцевой сосуд» – 10 баллов
ЗАДАЧА 4 «Шар в сосуде» – 12 баллов
ЗАДАЧА 5 «Фонарный зайчик» – 10 баллов

ИТОГО: 45 БАЛЛОВ

ЗАДАЧА 1 «Проволока». Сначала сила тока, проходящего по однородной проволоке, подключенной к источнику постоянного напряжения, была $I_1 = 50$ мА. Затем проволоку разрезали на четное число одинаковых кусков, которые разделили на две равные группы. Куски проволок каждой группы соединили между собой параллельно, а группы – последовательно друг с другом. Полученное комбинированное соединение кусков проволоки подключили к тому же источнику постоянного напряжения. На сколько кусков разрезали проволоку, если сила тока, проходящего в этой цепи, стала?

РЕШЕНИЕ. Пусть проволоку разрезали на n одинаковых кусков, каждый сопротивлением r. Тогда сопротивление проволоки $R_0 = nr$ (1).

В соответствии с законом Ома напряжение на концах проволоки: $U = I_1 R_0 = I_1 nr$ (2).

После разрезания сопротивление каждой группы параллельно соединенных кусков проволок: $R_1 = R_2 = \frac{2r}{n}$ (3). ***2 балла***

Общее сопротивление последовательно соединенных групп стало: $R = R_1 + R_2 = \frac{4r}{n}$ (4). ***1 балл***

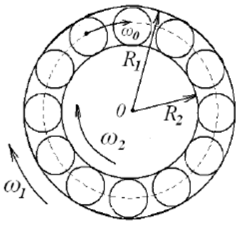
Напряжение на концах комбинированного соединения кусков проволоки: $U = I_2 R$ (5). Подставив (4) в (5), получим $U = I_2 \frac{4r}{n}$ (6). ***1 балл***

Из уравнений (2) и (6) следует ответ задачи: $n = 2\sqrt{\frac{I_2}{I_1}} = 14$. ***1 балл***

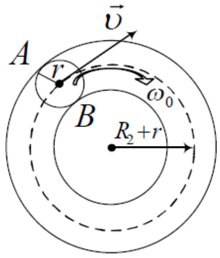
Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями и пояснениями. ***1 балл***

Всего за задачу 6 баллов

ЗАДАЧА 2 «Подшипник». На рисунке схематически изображен шарикоподшипник в разрезе. Радиусы внешнего и внутреннего колец равны R_1 и R_2, а их угловые скорости ω_1 и ω_2 соответственно. Проскальзывание между кольцами и шариками отсутствует. Найдите угловую скорость вращения шарика вокруг оси симметрии подшипника.



РЕШЕНИЕ. Запишем линейные скорости точек А и В шарика в местах касания с внешней и внутренней поверхностью колец подшипника соответственно**.** Согласно закону сложения скоростей имеем



$$\upsilon_A=\upsilon+\omega r, \quad \upsilon_B=\upsilon-\omega r, \quad \text{где } r=\frac{R_1-R_2}{2}$$ ***2 балла***

Если нет проскальзывания, то линейные скорости этих точек по модулю равны линейной скорости центра шарика

$$\upsilon_A=\upsilon_B=\upsilon.$$ ***1 балл***

Тогда можно переписать

$$\upsilon=\upsilon+\omega r=\omega_1 R_1$$
$$\upsilon=\upsilon-\omega r=\omega_2 R_2,$$ ***1 балл***

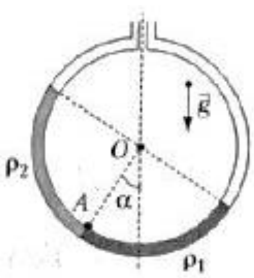
Отсюда $$\upsilon=\frac{\omega_1 R_1+\omega_2 R_2}{2}.$$ ***1 балл***

Угловая скорость вращения шарика вокруг оси симметрии подшипника составит $\omega_0=\frac{\upsilon}{R_2+r}=\frac{2\upsilon}{R_1+R_2}=\frac{\omega_1 R_1+\omega_2 R_2}{R_1+R_2}$. ***2 балла***

Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями и пояснениями. ***1 балл***

Всего за задачу 8 баллов

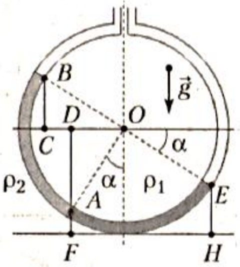
ЗАДАЧА 3 «Кольцевой сосуд». В длинную тонкую трубку залили равные объемы двух несмешивающихся жидкостей с различными плотностями ρ_1 и ρ_2,($\rho_1>\rho_2$), заполнив ее наполовину. Трубку свернули в кольцо и расположили в вертикальной плоскости так, как показано на рисунке. Отрезок ОА, проходящий через центр кольца О и границу раздела жидкостей А, составляет с вертикалью угол α=40,8°. Найдите плотность ρ_2 более легкой жидкости, если плотность более тяжелой жидкости ρ_1=13,6 г/см³.



Примечание: tg(40,8°)=0,863.

РЕШЕНИЕ. Давление в жидкости наглубине h не зависит от формы сосуда и определяется по формуле $p(h)=p_0+\rho gh$ *(1)*

где ρ- плотность жидкости, p_0 – атмосферное давление у поверхности жидкости. ***1 балл***



Поскольку граница раздела жидкостей (точка А на рисунке) неподвижна (находится в равновесии), то силы давления (а значит, и давления) на нее обеих жидкостей должны быть одинаковы (p_1=p_2). **_1 балл_**

Запишем условие равенства давлений обеих жидкостей в точке А, используя (1). Для жидкости плотностью ρ_2 получим

$$p_1=p_0+\rho_2 g(BC+DA)=p_0+\rho_2 g(R\sin\alpha+R\cos\alpha). \qquad (2)$$ **_2 балла_**

Соответственно для жидкости плотностью ρ_1

$$p_1=p_0+\rho_1 g(EH-AF)=p_0+\rho_1 g(R(1-\sin\alpha)+R(1-\cos\alpha)). \qquad (3)$$ **_2 балла_**

Приравнивая (2) и (3), получим уравнение

$$\rho_2(\sin\alpha+\cos\alpha)= \rho_1(\cos\alpha-\sin\alpha). \qquad (4)$$ **_1 балл_**

Из (4) находим:

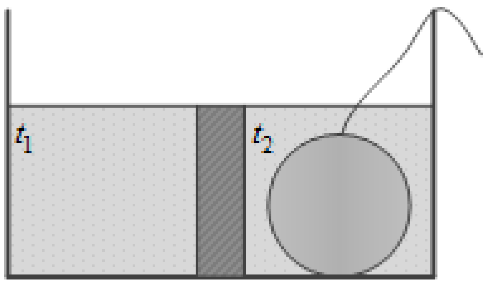
$$\rho_2=\frac{\cos\alpha-\sin\alpha}{\cos\alpha+\sin\alpha}\rho_1=\frac{1-tg\alpha}{1+tg\alpha}\rho_1=1\,\frac{г}{см^3} \qquad (5)$$ **_2 балла_**

Судя по полученному значению (5), более легкой жидкостью является вода.

Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями и пояснениями. **_1 балл_**

Всего за задачу 10 баллов

ЗАДАЧА 4 «Шар в сосуде». Сосуд разделен на две равные части теплоизолированной перегородкой, высота которой ниже краев сосуда. В левой части сосуда находится вода при температуре $t_1=8$ °C, а в правой – вода и однородный стеклянный шар при температуре $t_2=88$ °C. Уровни воды в обеих частях сосуда совпадают с верхней гранью перегородки. Шар с помощью тонкой невесомой нити переносят в левую часть сосуда. После того, как в каждой части сосуда устанавливается тепловое равновесие, шар переносят обратно в правую часть сосуда. Определите конечную температуру, установившуюся в правой части сосуда. Потерями энергии и теплообменом между шаром и водой во время переноса шара пренебречь. Удельная теплоемкость воды в $n=5$ раз больше удельной теплоемкости стекла. Масса воды, находящейся в правой части сосуда, на $\varepsilon=40$ % меньше массы шара. Плотность стекла в $k=2{,}5$ раза больше плотности воды.



РЕШЕНИЕ. Пусть масса шара равна m_1, тогда масса воды в правой части сосуда $m_2=\left(1-\frac{\varepsilon}{100\ \%}\right)m_1=0{,}6m_1$ (1). **_1 балл_**

Удельную теплоемкость стекла обозначим c_1, а удельную теплоемкость воды – c_2. В соответствии с условием задачи $c_2=nc_1$ (2). **_1 балл_**

Плотность стекла обозначим ρ_1, плотность воды – ρ_2. Согласно условию задачи $\rho_1 = k\rho_2$ (3). ***1 балл***

При переносе шара из правой части сосуда в левую в противоположном направлении переливается вода, объем V_0 которой равен объему V_1 шара: $V_0 = V_1 = \frac{m_1}{\rho_1}$ (4). Масса воды, перелитой в правую часть сосуда: $m_0 = \rho_2 V_1$ (5). Из уравнений (3), (4) и (5) получим $m_0 = \frac{m_1}{k}$ (6). ***2 балла***

Когда шар перенесли в левую часть сосуда, между горячим шаром и холодной водой, оставшейся в левой части, происходит теплообмен. Запишем уравнение теплового баланса:

$$\left|Q_{\text{отд}}\right| = Q_{\text{пол}} \text{ или } c_1 m_1 \left(t_2 - t_3\right) = c_2 m_2 \left(t_3 - t_1\right) \quad (7),$$

где t_3 – установившаяся температура в левой части сосуда. Подставим (1) и (2) в (7) и найдем эту температуру:

$$t_3 = \frac{t_2 + 0,6nt_1}{0,6n + 1} = 28\ ^\circ\text{C} \quad (8).$$ ***2 балла***

Когда шар перенесли в левую часть сосуда, в правую часть сосуда перелилась холодная вода. И здесь также происходит теплообмен между горячей и холодной водой. Найдем, какая температура t_4 воды установилась в правой части сосуда. Для этого запишем уравнение теплового баланса: $c_2 m_2 \left(t_2 - t_4\right) = c_2 m_0 \left(t_4 - t_1\right)$ (9).

Подставив (1) и (6) в (9), получим:

$$t_4 = \frac{t_1 + 0,6kt_2}{0,6k + 1} = 56\ ^\circ\text{C} \quad (10).$$ ***2 балла***

Найдем установившуюся температуру t после того, как шар вернули обратно в правую часть сосуда. Снова запишем уравнение теплового баланса:

$$c_2 m_2 \left(t_4 - t\right) = c_1 m_1 \left(t - t_3\right) \quad (11).$$

Подставив (1), (2), (8) и (10) в (11), определим окончательную температуру в правой части сосуда:

$$t = \frac{t_3 + 0,6nt_4}{0,6n + 1} = 49\ ^\circ\text{C} \quad (12).$$ ***2 балла***

Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями и пояснениями. ***1 балл***

Всего за задачу 12 баллов

ЗАДАЧА 5 «Фонарный зайчик». Пассажир легкового автомобиля, едущего вдоль канала с водой наблюдает за световым бликом, который отбрасывается спокойной поверхностью воды от фонаря, висящего на противоположном берегу канала. Какова скорость движения блика по поверхности воды относительно берегов канала, если высота фонаря над поверхностью воды

H=10 м, высота глаз пассажира над поверхностью воды *h=4 м*, скорость автомобиля *V=60 км/ч*?

РЕШЕНИЕ. Нарисуем вид канала сверку (см. рис. 1) и обозначим на нем положения автомобиля (А), блика (В) и столба (С) буквами: А, В и С соответственно. Пусть в момент времени t=0 легковой автомобиль находился в начале системы координат ХОУ—точке О, причем прямая ОС перпендикулярна берегам канала. Тогда ОА=*Vt*. Обозначим так же ОС=*L*, АС=*l*, АВ=l_1, ВС=l_2 ***2 балла***

Нарисуем так же вид сбоку в плоскости АВС (см. рис. 2) обозначим местонахождения глаз пассажира A_1, а фонаря на столбе C_1

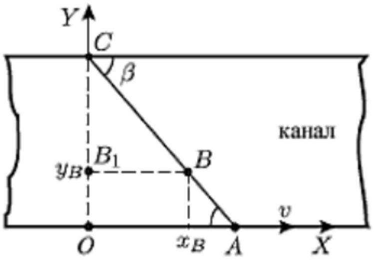


Рис. 1

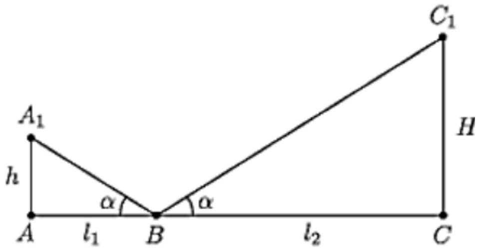


Рис. 2

Треугольники AA_1B и CC_1B подобны. Поэтому $\frac{BC}{AB} = \frac{CC_1}{AA_1} = \frac{H}{h}$.

Отсюда следует, что и $\frac{BC}{AC} = \frac{BC}{AB+BC} = \frac{H}{H+h}$. ***3 балла***

Проведем через точку В на рис. 1 прямую, параллельную берегам канала. Она пересечет перпендикуляр ОС в точке B_1. Из подобия треугольников CBB_1 и САО получаем $\frac{B_1C}{OC} = \frac{BC}{AC} = \frac{H}{H+h}$,

т.е. отношение $\frac{B_1C}{OC} = \frac{H}{H+h}$ есть постоянная величина. Это означает, что точка B_1 не меняет своего положения со временем. Таким образом, блик движется по прямой, проходящей через точку B_1 параллельно берегам канала. ***2 балла***

Найдем скорость блика. Длины отрезков B_1B и ОА равны *Vt* и *ut* соответственно. Из подобия треугольников CBB_1 и САО следует отношение:

$\frac{B_1B}{OC} = \frac{BC}{AC} = \frac{H}{H+h}$, но $\frac{B_1B}{OA} = \frac{Vt}{ut}$, т.е. $\frac{H}{H+h} = \frac{Vt}{ut}$, откуда скорость блика

$$u = \frac{H+h}{H}V = \frac{14}{10}60 = 84 \text{ км/ч}.$$ ***2 балла***

Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями и пояснениями. ***1 балл***

Всего за задачу 10 баллов