

**ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ**  
**ВАРИАНТ 27791** для 9-го класса

1.9. На Открытой московской инженерной конференции школьников «Потенциал», которая ежегодно проходит в НИУ «МЭИ», учащиеся 9-го класса демонстрировали экспериментальную установку для изучения законов идеального газа. В вертикальном сосуде они поместили тяжёлый поршень, который мог перемещаться практически без трения. Под поршнем в сосуде находился воздух, давление которого отличалось от атмосферного. В начальный момент поршень был закреплён. После освобождения поршня он начинал перемещаться с некоторым ускорением. Школьники пытались определить, изменится ли величина этого ускорения, если на поршень положить груз. Какой результат они получили? Объясните свой ответ.

**Решение:**

Если давление газа в начальный момент больше атмосферного, то ускорение поршня меньше ускорения свободного падения

$$a_1 = \frac{mg - (p_{\text{газа}} - p_{\text{атм}})S}{m}, \text{ где } S - \text{сечение сосуда.}$$

Ускорение может быть направлено как вниз, так и вверх. Если добавить груз, то

$$a_2 = g - \frac{(p_{\text{газа}} - p_{\text{атм}})S}{m + M}, \text{ где } M - \text{масса груза.}$$

Очевидно, что ускорения различны.

Если давление газа в начальный момент меньше атмосферного, то ускорение поршня больше ускорения свободного падения

$$a_3 = g + \frac{(p_{\text{атм}} - p_{\text{газа}})S}{m}.$$

Если в этом случае на поршне находился груз, то груз, который под действием силы тяжести движется с ускорением свободного падения, отстаёт от поршня и ускорение поршня не изменяется.

2.9. При передаче электроэнергии во высоковольтной линии (ЛЭП) от гидроэлектростанции к потребителю существует понятие натуральной мощности – такой полезной мощности, при которой потери энергии в линии минимальны и сводятся только к потерям на нагревание проводов. Так, натуральная мощность для ЛЭП, работающей под напряжением  $U_1 = 500$  кВ равна  $P_1 = 900$  МВт, а для ЛЭП с напряжением  $U_2 = 750$  кВ равна  $P_2 = 2100$  МВт. Как правило, в линиях на 500 кВ энергию передают по трём параллельно соединённым проводам одинакового сечения, а в линиях на 750 кВ – по пяти проводам такого же сечения. Определите, во сколько раз уменьшится потеря энергии при переходе с ЛЭП 500 кВ на ЛЭП 750 кВ, если и в том и в другом случае по линии передаётся натуральная мощность на одно и то же расстояние.

**Решение:**

Натуральная мощность является полезной мощностью, прошедшей через ЛЭП к потребителю

$$P = IU, \quad (1)$$

где  $I$  – сила тока в линии.

Потери определяются законом Джоуля-Ленца

$$P_{\text{пот}} = I^2 R = I^2 \frac{\rho L}{NS}, \quad (2)$$

где  $L$  – длина линии,  $N$  – количество запараллеленных проводников,  $S$  – площадь сечения одного проводника.

Выражая силу тока из (1) и подставляя в (2), получаем

$$P_{\text{пот}} = \left(\frac{P}{U}\right)^2 \frac{\rho L}{NS}.$$

Таким образом, отношение потерь в линиях равно

$$\frac{P_{\text{пот}2}}{P_{\text{пот}1}} = \left(\frac{P_2 U_1}{P_1 U_2}\right)^2 \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{2100 \cdot 500}{900 \cdot 750}\right)^2 \cdot \frac{3}{5} = \left(\frac{14}{9}\right)^2 \cdot \frac{3}{5} \approx 1,45$$

Ответ: в 1,45 раза

3.9. Чашка массой  $m = 400$  г вмещает  $V = 600$  мл воды. В начале опыта пустая чашка плавает на поверхности воды. В чашку тонкой струйкой наливают воду. Чашка тонет, когда её заполняют на  $2/3$  объема. Определите плотность материала, из которого изготовлена чашка. Плотность воды равна  $1000$  кг/м<sup>3</sup>. В ответе приведите формулу для определения плотности материала чашки в общем виде.

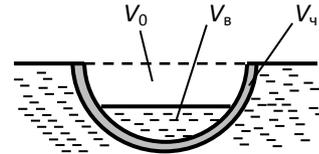
**Решение:**

Обозначим: объем материала чашки как  $V_ч$ ,  
 объем налитой в чашку воды,  
 когда она начинает тонуть, как  $V_в$ ,  
 объем чашки, не заполненный водой, как  $V_0$ .

Тогда:  $m_ч = \rho_ч V_ч$ ,  $m_в = \rho_в V_в$ .

Условие плавания непосредственно перед началом погружения чашки:  $F_A = (m_в + m_ч) g$ .

Перед началом погружения чашка вытесняет из воды  $V_ч + V_0$ , следовательно,  $(V_ч + V_0) \rho_в g = (m_в + m_ч) g$



объем

$$\left( \frac{m_ч}{\rho_ч} + V_0 \right) \rho_в = V_в \rho_в + m_ч$$

$$\rho_в (V_0 - V_в) = m_ч - m_ч \frac{\rho_в}{\rho_ч}$$

$$\rho_в (V_0 - V_в) = m_ч \left( 1 - \frac{\rho_в}{\rho_ч} \right)$$

$$\frac{\rho_в}{m_ч} (V_0 - V_в) = 1 - \frac{\rho_в}{\rho_ч}$$

$$\frac{V_0 - V_в}{m_ч} = \frac{1}{\rho_в} - \frac{1}{\rho_ч}$$

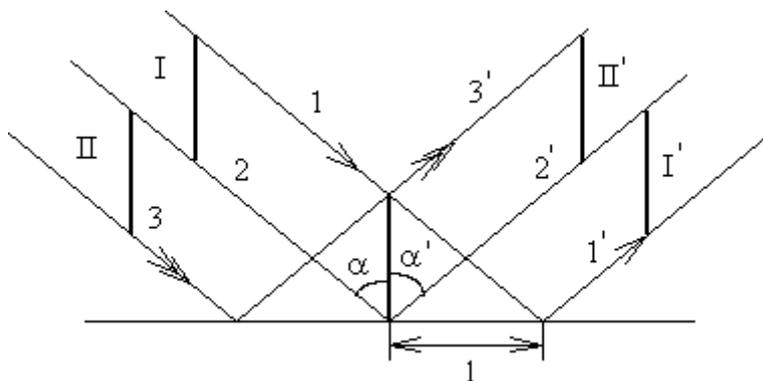
$$\frac{1}{\rho_ч} = \frac{1}{\rho_в} - \frac{V_0 - V_в}{m_ч}$$

$$\rho_ч = \frac{m_ч \rho_в}{m_ч - \rho_в (V_0 - V_в)} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{0,4 - 10^3 (0,6 - 0,4)} \cdot 10^{-3} = 2000 \text{ кг/м}^3.$$

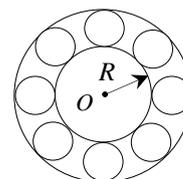
4.9. Через небольшое окно в южной стене в темную комнату проходит пучок солнечного света, параллельный восточной и западной стенам, и попадает на большое горизонтальное плоское зеркало, лежащее на столе. На зеркале вертикально укреплен непрозрачный квадрат, который отбрасывает тень на северную стену. Определите площадь тени, если длина стороны квадрата 9 см.

**Решение:**

Как видно из рисунка, квадрат отбрасывает тень как в падающем на него пучке, ограниченном лучами 1 и 2, так и в отраженном от зеркала пучке, ограниченном лучами 2' и 3'. Поскольку при падении любого луча на зеркало угол падения  $\alpha$  равен углу отражения  $\alpha'$ , то размеры каждого пучка в вертикальном направлении остаются неизменными. Не изменит своей длины в отбрасываемой квадратом тени и его сторона, лежащая в плоскости стола. Следовательно, тень квадрата будет представлять собой два примыкающих друг к другу квадрата, а суммарная площадь тени равна  $S_m = 2 \cdot 9 \cdot 9 = 162$  (см<sup>2</sup>).



5. 9. Внутреннее кольцо шарикоподшипника радиусом  $R=4$  см закреплено на оси  $O$  токарного станка. Внешнее кольцо подшипника закреплено неподвижно на корпусе станка. Шарики подшипника имеют радиус  $r=1$  см и катятся по внутреннему и внешнему кольцам без проскальзывания. Сколько оборотов вокруг оси  $O$  сделают шарики за время одного оборота внутреннего кольца?



**Решение.**

Введём следующие обозначения:

$\Omega$  – угловая скорость вращения оси станка,  $v$  – линейная скорость движения центра шарика,  $\omega_1$  – угловая скорость движения центра шарика вокруг оси станка.

Так как качение происходит без проскальзывания, то мгновенная скорость точки  $B$  равна нулю, а мгновенная скорость точки  $A$  в две раза больше линейной скорости центра шарика  $C$  и равна линейной скорости точек поверхности внутреннего кольца. Тогда:

$$2v = \Omega R.$$

Линейную скорость центра шарика  $C$  можно записать как:

$$v = \omega_1(R + r).$$

Тогда

$$2\omega_1(R + r) = \Omega R.$$

Введем периоды обращения центрального кольца и шарика относительно оси  $O$ :

$$\begin{cases} T = \frac{2\pi}{\Omega} \\ T_{\text{ш}} = \frac{2\pi}{\omega_1} \end{cases}$$

$$N = \frac{T}{T_{\text{ш}}} = \frac{\omega_1}{\Omega} = \frac{R}{2(R + r)} = \frac{4}{2(4 + 1)} = 0,4 \text{ оборота.}$$

