

**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ
ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
2019/2020 УЧЕБНЫЙ ГОД
10 класс (решения)**

1. (10 баллов) Колонна автомашин длиной $l = 2$ км движется по прямой дороге со скоростью $v = 36$ км/ч. В момент времени, когда начало колонны поравнялось с мотоциклистом, он стартует и едет с постоянным ускорением $a = 0,1$ м/с² в направлении конца колонны. Доехав до конца, мотоциклист резко останавливается и с тем же по модулю ускорением едет обратно, к началу колонны. Пренебрегая временем, затраченным на изменение направления движения, найдите путь, пройденный мотоциклистом к моменту достижения им начала колонны.

Решение. Пусть t_1 – время, затраченное мотоциклистом на движение от начала колонны к её концу, а t_2 – время, затраченное на движение в обратном направлении. Пути, пройденные мотоциклистом при этих движениях, соответственно равны $S_1 = l - vt_1$ и $S_2 = l + vt_2$. Учитывая, что в обоих случаях мотоциклист начинает движение из состояния покоя, имеем:

$$S_1 = \frac{at_1^2}{2}, \quad S_2 = \frac{at_2^2}{2} \text{ или } l - vt_1 = \frac{at_1^2}{2}, \quad l + vt_2 = \frac{at_2^2}{2}.$$

Отсюда $t_1 = -\frac{v}{a} + \sqrt{\frac{v^2}{a^2} + \frac{2l}{a}}$ и $t_2 = \frac{v}{a} + \sqrt{\frac{v^2}{a^2} + \frac{2l}{a}}$.

Полный путь, пройденный мотоциклистом, $S = S_1 + S_2 = 2l + v(t_2 - t_1)$.

$$S = 2l + v \cdot 2 \frac{v}{a} = 2 \cdot \left(l + \frac{v^2}{a} \right), \quad S = 6 \text{ км.}$$

Ответ. 6 км.

2. (10 баллов) Стекланную трубку с зауженным концом (как у пипетки) опускают в горячую воду до половины длины трубки, зауженной частью вниз. Затыкают пальцем верхнее широкое отверстие, после чего вынимают трубку из воды и поднимают суженный конец вверх. Из него вырывается струя воды. Объясните наблюдаемое явление.

Решение. При подъёме узкого конца вверх горячая вода стекает вниз и нагревает воздух, давление которого повышается. К этому добавляется давление паров самой воды. Избыточное над атмосферным давление и выбрасывает воду, оставшуюся около узкого конца и не успевшую стечь вниз.

3. (10 баллов) Предмет рассматривают через лупу. При этом расстояние от лупы до оптического изображения предмета равно $f = 20$ см, а сам предмет расположен на расстоянии $x = 1$ см от фокуса лупы. Чему равна оптическая сила лупы?

Решение. При решении этой задачи необходимо знать особенности использования собирающей линзы в качестве лупы. Для того чтобы получить увеличенное мнимое изображение предмета, его располагают вблизи фокальной плоскости линзы между линзой и фокусом. Записывая формулу линзы, имеем:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F-x} - \frac{1}{f}.$$

Это равенство легко преобразуется в квадратное уравнение относительно фокусного расстояния линзы

$$F^2 - xF - xf = 0,$$

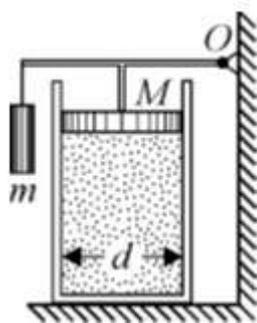
корни которого имеют вид:

$$F_{1,2} = \frac{1}{2}x \pm \sqrt{\frac{1}{4}x^2 + xf}.$$

Для собирающей линзы следует выбрать положительный корень. Фокусное расстояние линзы равно $F = 5$ см, а её оптическая сила $D = \frac{1}{F} = 20$ дптр.

Ответ. 20 дптр.

4. (10 баллов) В устройстве, изображённом на рисунке, в цилиндре диаметром $d = 10$ см под поршнем массой $M = 1$ кг находится воздух. Поршень удерживается в равновесии с помощью рычага, который может свободно поворачиваться вокруг оси O . К концу рычага подвешен груз массой $m = 1$ кг. Выступ на рычаге, передающий усилие на поршень, расположен в середине рычага. Найдите, на какую величину Δp давление воздуха в сосуде отличается от атмосферного давления. Массой рычага пренебречь. Трение не учитывать.



Решение. При равновесии поршня равнодействующая всех сил, действующих на него, равна нулю. Снизу вверх на поршень действует сила давления воздуха, находящегося в цилиндре, $F_1 = p \cdot S$, где p – давление воздуха, $S = \frac{\pi d^4}{4}$ – площадь поршня. Сверху на поршень действует сила атмосферного давления $F_2 = p_0 \cdot S$, где p_0 – атмосферное давление. Вниз также направлена сила тяжести $F_3 = M \cdot g$, действующая на поршень, и сила давления стержня F_4 . Последняя вычисляется по правилу моментов и равна $F_4 = 2m \cdot g$. Учитывая направления сил, условие равновесия поршня записывается в виде:

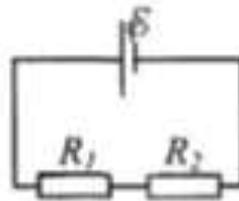
$$p_0 s + M \cdot g + 2mg = pS.$$

Отсюда находим искомую величину

$$\Delta p = p - p_0 = \frac{4(M + 2m)g}{\pi d^4} \approx 4 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

Ответ. $4 \cdot 10^3 \text{ Н.}$

5. (10 баллов) Если вольтметр, имеющий конечное сопротивление, подключен параллельно резистору R_1 , то он показывает напряжение $U_1 = 6 \text{ В}$, если параллельно резистору R_2 , то – напряжение $U_2 = 4 \text{ В}$. Каковы будут напряжения V_1 и V_2 на резисторах, если вольтметр не подключать? Напряжение на батарее $\varepsilon = 12 \text{ В}$.



Решение. Обозначим через R_x сопротивление вольтметра. Если подключить вольтметр к резистору R_1 , сопротивление всей цепи будет равно

$$R' = \frac{R_x R_1}{R_x + R_1} + R_1 = \frac{R_x R_1 + R_x R_2 + R_1 R_2}{R_x + R_1}.$$

По закону Ома в ней будет течь ток $I' = \frac{\varepsilon}{R'}$, и напряжение на вольтметре, равное напряжению на резисторе R_1 , определится, как

$$U_1 = I' \frac{R_x R_1}{R_x + R_1} = \frac{\varepsilon R_x R_1}{R_x R_1 + R_x R_2 + R_1 R_2}.$$

Рассуждая аналогично, можно найти, что при подключении вольтметра к резистору R_2 напряжение на нём будет $U_2 = \frac{\varepsilon R_x R_2}{R_x R_1 + R_x R_2 + R_1 R_2}$.

Из этих выражений находим, что $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$.

С другой стороны, если вольтметр не подключён, то напряжения на резисторах равны: $V_1 = IR_1, V_2 = IR_2$, где I – ток в цепи из двух последовательно соединённых резисторов. Отсюда следует, что $\frac{V_1}{V_2} = \frac{U_1}{U_2}$.

Кроме того, справедливо равенство $V_1 + V_2 = \varepsilon$. Выражая отсюда V_1 и V_2 , получаем:

$$V_1 = \frac{\varepsilon}{1 + \frac{U_2}{U_1}} = 7,2 \text{ В}, \quad V_2 = \varepsilon - V_1 = \frac{\varepsilon}{1 + \frac{U_1}{U_2}} = 4,8 \text{ В}.$$

Ответ. $V_1 = 7,2 \text{ В}, V_2 = 4,8 \text{ В}$.

Максимальное количество баллов – 50.