

**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/с<sup>2</sup> 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

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

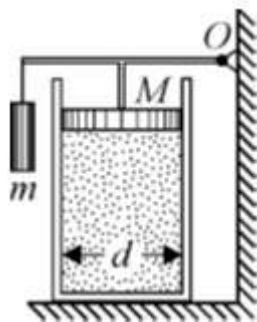
корни которого имеют вид:

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

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  $\Delta p$  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:

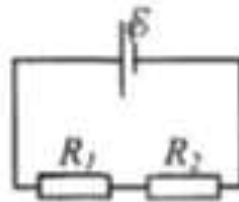
$$p_0 s + M \cdot g + 2mg = pS.$$

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.*