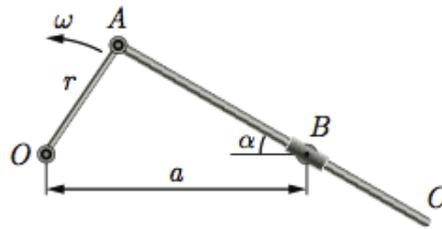


# Московская олимпиада школьников по физике

## 10 класс, первый тур, 2019 год

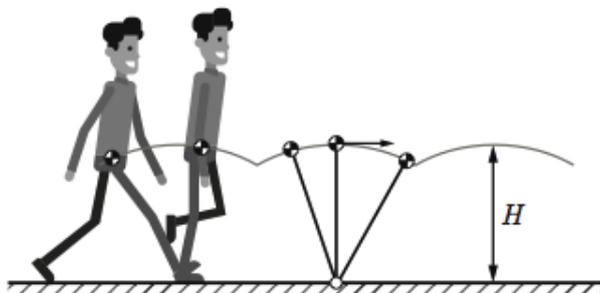
ЗАДАЧА 1. На рис. изображена схема кривошипно-шатунного механизма паровой машины с качающимся цилиндром. Кривошип  $OA$  длиной  $r$  вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг точки  $O$ . В точке  $A$  кривошип шарнирно соединен со стержнем  $AC$ , продетым сквозь муфту, закрепленную на шарнире  $B$ , так что муфта может свободно вращаться вокруг точки  $B$ .  $OB = a$ ,  $AC > a + r$ .



1. Чему равен угол  $\alpha$  в тот момент, когда угловая скорость муфты минимальна?
2. Определите максимальную угловую скорость муфты.

$$\frac{d\omega}{dt} = \omega_{\text{max}} \cos(\alpha) \quad (1)$$

ЗАДАЧА 2. В простейшей физической модели пешей ходьбы считается, что центр масс человека движется по периодической кривой, повторяющийся участок которой представляет собой дугу окружности с радиусом, равным длине ноги человека  $H$ . Определите в рамках этой модели отношение максимальных скоростей ходьбы на Земле и на Марсе, а также отношение мощностей, затрачиваемых при ходьбе с максимально возможной скоростью на этих планетах. Масса Марса составляет 0,11 массы Земли, радиус Марса равен 0,53 радиуса Земли. По поверхности Марса человек перемещается в скафандре, масса которого составляет примерно треть массы человека. Траектории центра масс человека на Земле и человека в скафандре на Марсе считайте одинаковыми. Учтите, что при ходьбе необходим постоянный контакт хотя бы одной ноги с поверхностью планеты.



$$\frac{v_{\text{max, Earth}}}{v_{\text{max, Mars}}} = \sqrt{\frac{g_{\text{Earth}}}{g_{\text{Mars}}}} \approx 2,6; \quad \frac{P_{\text{max, Earth}}}{P_{\text{max, Mars}}} = \frac{1}{3} \left( \frac{g_{\text{Earth}}}{g_{\text{Mars}}} \right)^{3/2} \approx 3,1 \quad (1)$$

ЗАДАЧА 3. Сухой лёд — твёрдый диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ), при нормальных условиях переходящий в газообразное состояние, минуя жидкую фазу (процесс сублимации). При давлении  $p_0 = 10^5$  Па динамическое равновесие между твёрдой и газовой фазами достигается при температуре  $t_S = -79^\circ\text{C}$ , при которой плотность твёрдого диоксида углерода равна  $\rho = 1560$  кг/м<sup>3</sup>, а удельная теплота сублимации равна  $q = 590$  кДж/кг. При температуре  $T_0 = 300$  К в термос объёмом  $V_0 = 1,0$  л, в котором изначально ничего не было, кроме воздуха, поместили небольшой кусочек сухого льда объёмом  $V_1 = 1$  см<sup>3</sup> и тут же герметично закрыли пробкой. Какая температура и какое давление установятся в термосе в состоянии термодинамического равновесия? Начальная температура сухого льда равна  $t_S$ . Молярная масса диоксида углерода равна  $\mu_1 = 44$  г/моль. Считайте, что термос обеспечивает идеальную теплоизоляцию содержимого, молярная теплоёмкость воздуха при постоянном объёме равна  $c_V = \frac{5R}{2}$ .

$$\frac{q}{\rho \cdot L} \approx \frac{q_0}{(\rho_{LH}^{(0)} + \rho)} = d$$

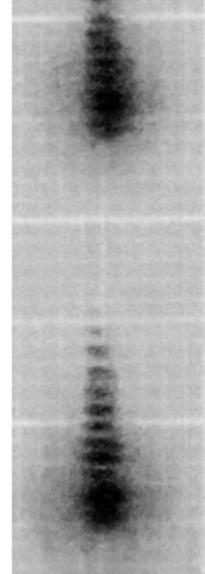
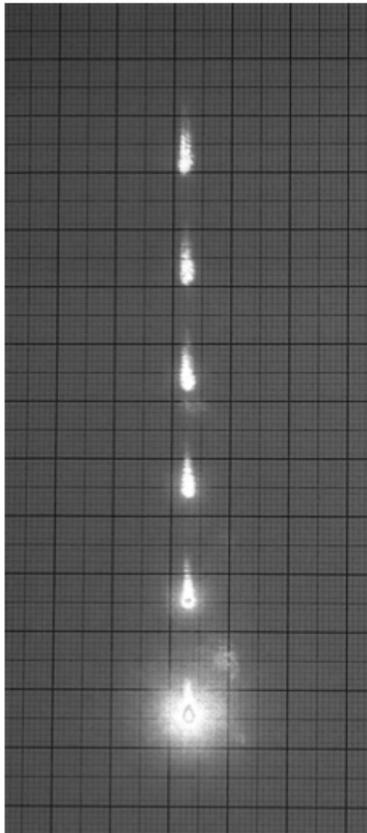
ЗАДАЧА 4. Из одинаковых проволочных фигур-сердечек, показанных на рисунке ниже (каждое сердечко имеет ось симметрии) собрали три электрические цепи. Сопротивление первой цепи между выводами  $R_1 = 12$  Ом, сопротивление второй —  $R_2 = 15$  Ом. Найдите сопротивление  $R_3$  третьей цепи. Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.



$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_1}$$

ЗАДАЧА 5. Используя мощную лазерную указку, осуществляют эксперимент, схема которого показана на левом рисунке. На стекло одинарного стеклопакета (состоит из двух параллельно расположенных стёкол толщиной 3 – 5 мм) направляют лазерный луч сверху вниз под малым углом (порядка 0,1 рад) к поверхности стекла. При этом на масштабной бумаге (миллиметровке), которая лежит на подоконнике, наблюдают систему ярких пятен (см. рисунок в центре). Известно, что расстояние между первым (самым ярким) и вторым пятнами равно  $l_1 = 20 \pm 2$  мм, а между следующими соседними  $l_2 = 19 \pm 2$  мм. Эти расстояния определяются по положению самой яркой области пятна. На правом рисунке показан сильно увеличенный фрагмент фотографии с центрального рисунка, инвертированный (чёрное заменено на белое и наоборот) для удобства восприятия. Найдите по данным эксперимента расстояние  $D$  между внутренними поверхностями стёкол. Оцените погрешность полученного результата.

Возможно, при анализе эксперимента вам потребуется значение показателя преломления для стекла. Для разных марок стекла показатель преломления лежит в пределах от 1,4 до 1,7.



$$D = 9,5 \pm 1,0 \text{ мм}$$