



1. Механизм (8 баллов)

На рис. 1 изображена схема кривошипно-шатунного механизма паровой машины с качающимся цилиндром. Кривошип OA длиной r вращается с угловой скоростью ω 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 α в тот момент, когда угловая скорость муфты минимальна?
- 2) Определите максимальную угловую скорость муфты.

2. Ходьба на Земле и на Марсе (10 баллов)

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.

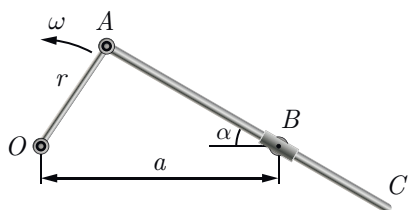


Рис. 1

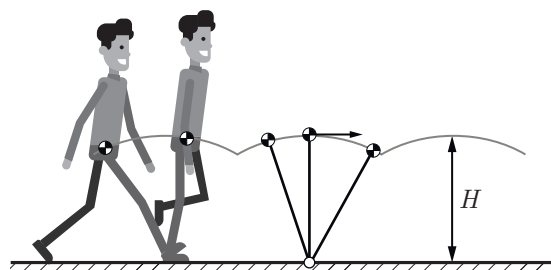


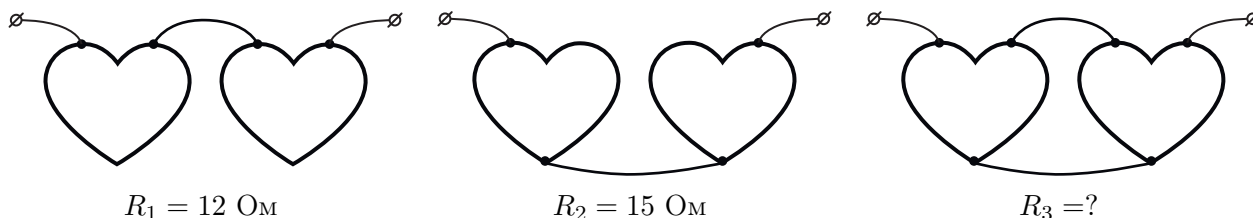
Рис. 2

3. Сухой лёд (10 баллов)

Сухой лёд — твёрдый диоксид углерода (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/м³, 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 $V_1 = 1$ см³ 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 $c_V = \frac{5R}{2}$.

4. Ко дню святого Валентина (10 баллов)

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.



5. Измерение стеклопакета (10 баллов)

Используя мощную лазерную указку, осуществляют эксперимент, схема которого показана на рис. 3. 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 масштабно-координатной бумаге (миллиметровке), которая лежит на подоконнике, наблюдают систему ярких пятен (см. рис. 4). 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 рис. 5 показан сильно увеличенный фрагмент фотографии с рис. 4, 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 $1,7$.

