

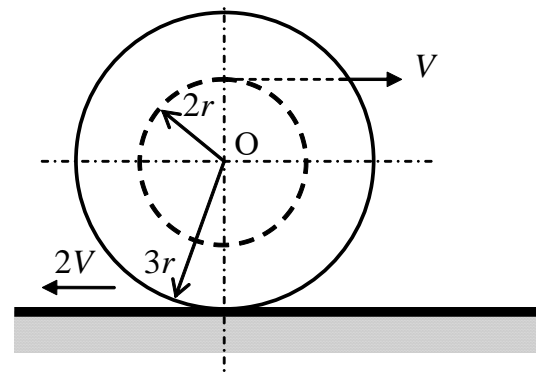
**Заключительный (очный) этап научно-образовательного соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации
«Техника и технологии» (общеобразовательный предмет физика), весна 2019 г.**

10 класс

Вариант 14

1. Баллон объемом $V = 0,02 \text{ м}^3$ содержит сжатый кислород при температуре $t_1 = 27^\circ\text{C}$ и давлении $p_1 = 7,5 \text{ МПа}$. В процессе газосварки давление в баллоне понизилось на 20%, а температура уменьшилась на 5°C . Какая масса кислорода была израсходована при газосварке? (10 баллов)

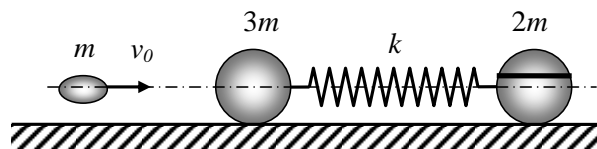
2. Катушка с нитками находится на ленте транспортера, движущейся со скоростью $2V$. Катушку тянут за нить в противоположную сторону со скоростью V , как показано на рисунке. Катушка катится по поверхности ленты без проскальзывания. С какой скоростью и в каком направлении движется центр катушки O ? Чему равна угловая скорость вращения катушки относительно точки O ? Радиусы катушки считать известными.



(15 баллов)

3. Система, состоящая из двух небесных тел, вращается вокруг общего центра масс с периодом T . При вращении расстояние между телами остается неизменным. Найдите это расстояние r . Известно, что радиус первого небесного тела r_1 , ускорение свободного падения вблизи его поверхности g_1 , радиус второго небесного тела r_2 , вторая космическая скорость для второго небесного тела v_2 . Радиусы небесных тел много меньше расстояния между ними. (15 баллов)

4. Шарики одинакового радиуса, массы $3m$ и $2m$, соединенные невесомой недеформированной пружиной жесткости k , лежат неподвижно на горизонтальном гладком столе (см. рис.). Шарик массы $2m$ разрезан на две части вдоль плоскости, параллельной плоскости стола. Пуля массы m летит со скоростью v_0 по линии, соединяющей центры шариков, и застревает в шарике массой $3m$. Время соударения шарика и пули мало по сравнению с временем деформации пружины. Определите минимальное значение коэффициента трения между частями разрезанного шарика, при котором эти части не будут проскальзывать друг относительно друга при дальнейшем движении шариков.



(30 баллов)

Критерии оценивания задач.

За каждую задачу выставляется целое число баллов от 0 до максимального балла (MAX). Если задача отсутствует, то в таблице пишется X.

Если решение задачи содержит разрозненные записи, присутствует рисунок (хоть частично правильный) и одна — две правильные формулы, но решение, как таковое отсутствует или абсолютно неверное, то можно поставить 1 — 2 балла.

Если решение абсолютно верное, содержит все необходимые формулы и физические законы, имеет понятные пояснения, а также проведены необходимые математические преобразования и получен правильный ответ (ответы) — это MAX.

За отсутствие пояснений, ответа или единиц физических величин, но при правильном решении задачи, можно снять 1— 2 балла.

В случае если задача содержит правильный путь решения, но не доведена до ответа или получен неправильный ответ, при этом присутствуют отдельные правильные элементы решения, то оценивание провести по критериям, приведенным ниже после каждой задачи.

Верные решения задач могут отличаться от авторских. Также никакие критерии не могут быть всеобъемлющими. Во всех случаях, не предусмотренных критериями, просьба руководствоваться соображениями здравого смысла и педагогическим опытом эксперта.

Вариант 14

1. Баллон объемом $V = 0,02 \text{ м}^3$ содержит сжатый кислород при температуре $t_1 = 27^\circ\text{C}$ и давлении $p_1 = 7,5 \text{ МПа}$. В процессе газосварки давление в баллоне понизилось на 20%, а температура уменьшилась на 5°C . Какая масса кислорода была израсходована при газосварке? (MAX = 10 баллов)

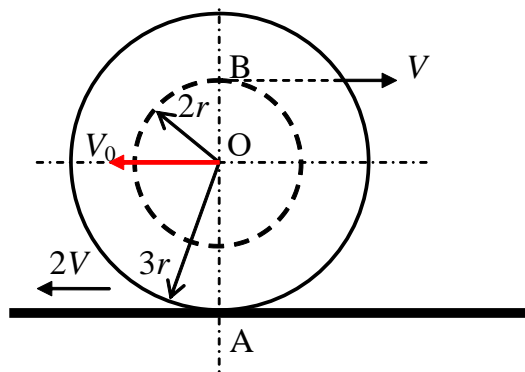
Возможное решение

$$\begin{cases} p_1 V = \frac{m_1}{\mu} R T_1, \\ p_2 V = \frac{m_2}{\mu} R T_2. \end{cases} \Rightarrow \Delta m = m_1 - m_2 = \frac{\mu V}{R} \left(\frac{p_1}{T_1} - \frac{p_2}{T_2} \right) = 0,36 \text{ кг.}$$

Критерии оценивания задачи 1.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Записаны уравнения состояния для озона и кислорода	от 1 до 2 баллов за каждое уравнение – всего 4 балла
2	Проведены необходимые алгебраические преобразования	от 1 до 4 баллов
3	Сделаны подстановки числовых значений и получен правильный числовой ответ	от 1 до 2 баллов

2. Катушка с нитками находится на ленте транспортера, движущейся со скоростью $2V$. Катушку тянут за нить в противоположную сторону со скоростью V , как показано на рисунке. Катушка катится по поверхности ленты без проскальзывания. С какой скоростью и в каком направлении движется центр катушки O ? Чему равна угловая скорость вращения катушки относительно точки O ? Радиусы катушки считать известными.



(MAX = 15 баллов)

Возможное решение

Обозначим V_0 – скорость поступательного движения центра O катушки, ω – угловая скорость вращения катушки относительно точки O . Считаем, что \vec{V}_0 направлена влево. Тогда для точек A и B катушки получим уравнения

$$\begin{cases} 2V = V_0 + \omega \cdot 3r, \\ V = \omega \cdot 2r - V_0. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_0 = \frac{V}{5}, \\ \omega = \frac{3V}{5r}. \end{cases} \text{ Центр катушки движется влево.}$$

Критерии оценивания задачи 2.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Правильно записана формула для скоростей вращательного движения точек A и B	По 1 баллу за правильный ответ – всего 2 балла
2	Записаны уравнения закона сложения скоростей для точек A и B	По 2 балла за каждое выражение – всего 4 балла
3	Указаны направления скоростей v_2 и v_1	По 1 баллу за правильный ответ – всего 2 балла
4	Проведены необходимые алгебраические преобразования	от 1 до 4 баллов
5	Получена формула для V_0	1 балл
6	Получена формула для угловой скорости ω	1 балл
7	Указано правильное направление движения центра катушки	1 балл

3. Система, состоящая из двух небесных тел, вращается вокруг общего центра масс с периодом T . При вращении расстояние между телами остается неизменным. Найдите это расстояние r . Известно, что радиус первого небесного тела r_1 , ускорение свободного падения вблизи его поверхности g_1 , радиус второго небесного тела r_2 , вторая космическая скорость для второго небесного тела v_2 . Радиусы небесных тел много меньше расстояния между ними. (MAX = 15 баллов)

Возможное решение

1) Пусть m_1, m_2 – массы небесных тел, r – расстояние между ними, x_1, x_2 – радиусы вращения небесных тел, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ – угловая скорость вращения тел. Тогда

$$\begin{cases} G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 \omega^2 x_1, \\ G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_2 \omega^2 x_2, \\ x_1 + x_2 = r, \\ T = \frac{2\pi}{\omega}. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_1 = \frac{m_2 r}{m_1 + m_2}, \\ x_2 = \frac{m_1 r}{m_1 + m_2}, \\ T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G(m_1 + m_2)}}, \end{cases} \Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{T^2}{4\pi^2} G(m_1 + m_2)}.$$

2) Найдем массу m_1 , пользуясь тем, что известно g_1 – ускорение свободного падения на его поверхности.

$$m g_1 = G \frac{m m_1}{r_1^2}, \Rightarrow m_1 = \frac{g_1 r_1^2}{G}.$$

3) Найдем массу m_2 , пользуясь тем, что известна v_2 – вторая космическая скорость.

$$-G \frac{m m_2}{r_2} + \frac{m v_2^2}{2} = 0, \Rightarrow m_2 = \frac{v_2^2 r_2}{2G}.$$

4) Получим окончательную формулу

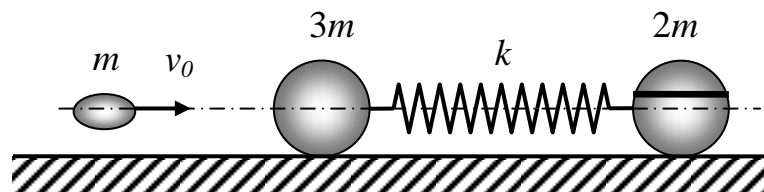
$$r = \sqrt[3]{\frac{T^2}{4\pi^2} \left(g_1 r_1^2 + \frac{v_2^2 r_2}{2} \right)}.$$

Критерии оценивания задачи 3.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Записаны уравнения второго закона Ньютона для каждого из небесных тел	по 1 баллу за каждое уравнение – всего 2 балла
2	Записана связь периода и угловой скорости (или периода и линейной скорости)	от 1 до 2 баллов
3	Получено выражение для m_1 (зная ускорение свободного падения на поверхности)	от 1 до 3 баллов

4	Получено выражение для m_2 (используя определение второй космической скорости)	от 1 до 3 баллов
5	Проведены необходимые алгебраические преобразования	от 1 до 4 баллов
6	Получен окончательный ответ для r	1 балл

4. Шарики одинакового радиуса, массы $3m$ и $2m$, соединенные невесомой недеформированной пружиной жесткости k , лежат неподвижно на горизонтальном гладком столе (см. рис.). Шарик массы $2m$ разрезан на две части вдоль плоскости, параллельной плоскости стола. Пуля массы m летит со скоростью v_0 по линии, соединяющей центры шариков, и застревает в шарике массой $3m$. Время соударения шарика и пули мало по сравнению с временем деформации пружины. Определите минимальное значение коэффициента трения между частями разрезанного шарика, при котором эти части не будут проскальзывать друг относительно друга при дальнейшем движении шариков.



(MAX = 30 баллов)

Возможное решение

1) Абсолютно неупругое столкновение пули и шарика $3m$ в предположении, что время их соударения много меньше времени деформации пружины.

$$mv_0 = 4mv_1 \Rightarrow v_1 = \frac{v_0}{4}.$$

2) Найдем максимальное сжатие пружины x_{\max} , используя законы сохранения энергии и импульса. При этом скорости шариков одинаковы и равны u .

$$\begin{cases} \frac{4m}{2} \cdot \left(\frac{v_0}{4}\right)^2 = \frac{kx_{\max}^2}{2} + \frac{6mu^2}{2}, \\ 4m \frac{v_0}{4} = 6mu. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u = \frac{v_0}{6}, \\ x_{\max} = \frac{v_0}{2} \sqrt{\frac{m}{3k}} \end{cases}$$

3) В случае максимального сжатия (максимального растяжения) сила упругости пружины равна

$$F_{\text{упр. max}} = kx_{\max} = 2ma_{\max} \Rightarrow a_{\max} = \frac{kx_{\max}}{2m} = \frac{v_0}{4} \sqrt{\frac{k}{3m}}.$$

4) Пусть масса верхней части шарика $2m$ равна m_0 , и запишем для нее второй закон Ньютона. На нее действует сила трения покоя $F_{\text{тр.пок.}} \leq \mu m_0 g$.

$$m_0 a_{\max} = F_{\text{тр.пок.}} \leq \mu m_0 g \Rightarrow \mu \geq \frac{a_{\max}}{g} \Rightarrow \mu_{\min} = \frac{a_{\max}}{g} = \frac{v_0}{4g} \sqrt{\frac{k}{3m}}$$

Критерии оценивания задачи 4.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Записаны уравнения законов сохранения импульса и энергии при столкновении шариков m и $5m$	по 2 балла за каждое уравнение (всего 4 балла)
2	Сделаны необходимые алгебраические преобразования и получена скорость v_2	от 1 до 6 баллов в зависимости от полноты объяснений
3	Записаны уравнения законов сохранения импульса и энергии при максимальном сжатии пружины	по 2 балла за каждое уравнение (всего 4 балла)
4	Сделаны необходимые алгебраические преобразования и получена формула для x_{\max}	от 1 до 6 баллов в зависимости от полноты объяснений
5	Получена формула для максимального ускорения a_{\max}	от 1 до 4 баллов
6	Получена формула для μ_{\min}	от 1 до 6 баллов