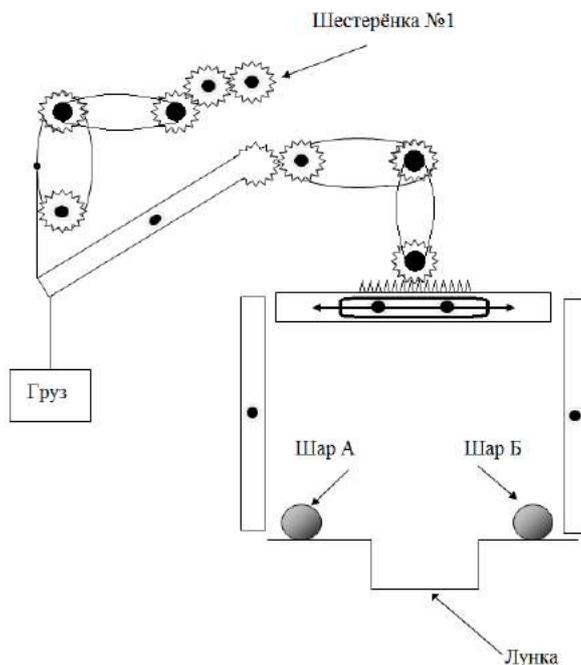


**Задания и решения первого тура отборочного этапа
Олимпиады «Ломоносов» по инженерным наукам 2017/2018
8-9 классы**

Задача 1 (12 баллов).

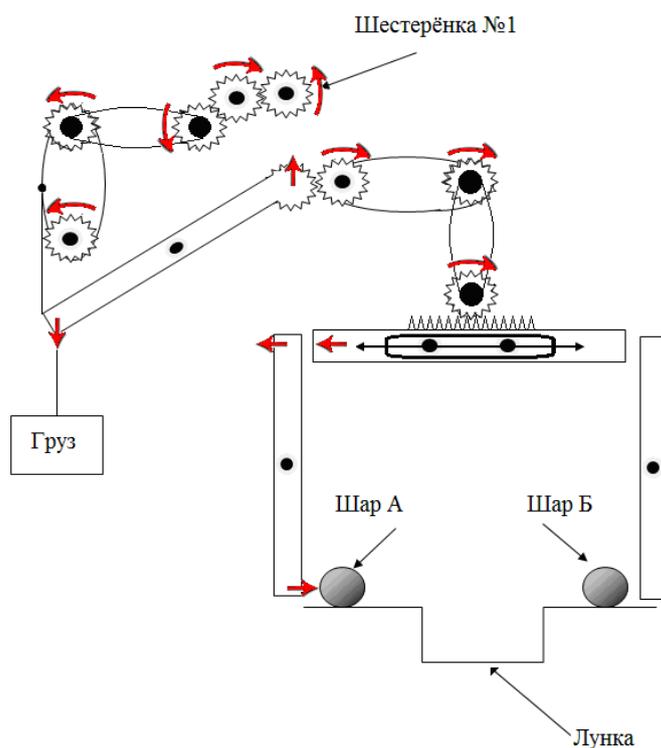


На рисунке изображен механизм, состоящий из вращающихся шестеренок, ременных передач, рычагов, рейки с зубьями и груза на веревке.

В какую сторону (по часовой стрелке или против часовой стрелки) надо вращать шестеренку №1, чтобы в лунке оказался шар А? Ответ обоснуйте.

Решение:

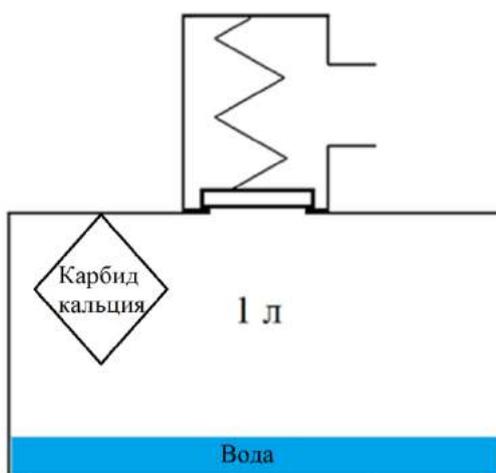
См. рисунок ниже.



Ответ: против часовой стрелки.

Задача 2 (25 баллов).

Пробка закрывает горлышко банки объемом 1 л. Площадь сечения горлышка равна 1 см^2 . В банке содержится вода и 1 г карбида кальция, который в исходном состоянии с водой не соприкасается. Пробка закрывает горлышко, будучи прикрепленной к пружине (см. рисунок) жесткостью 500 Н/м , сжатой на 1 см. В какой-то момент времени находящиеся в банке реактивы приходят в соприкосновение, и начинается химическая реакция. Будет ли горлышко оставаться закрытым на протяжении всего процесса химической реакции, если известно, что карбид прореагировал полностью? Объем воды много меньше объема банки. Все процессы, происходящие в задаче, считать изотермическими. Температура окружающего воздуха равна 27°C .



Решение:

Запишем уравнение реакции, происходящей в банке:



Как видно из уравнения, на один моль карбида кальция, участвующего в реакции, приходится один моль выделившегося ацетилена.

Определим, сколько моль карбида кальция участвует в реакции. Для этого необходимо массу карбида кальция поделить на его молярную массу.

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{1\text{г}}{64 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = \frac{1}{64} \text{ моль}$$

Значит, в ходе реакции у нас выделилось $\frac{1}{64}$ моль ацетилена.

Определим, какое давление создает $\frac{1}{64}$ моль ацетилена в банке объемом 1 л при температуре 27°C .

$$pV = \nu RT$$

$$P = \frac{\nu RT}{V}$$

$$p = \frac{\frac{1}{64} \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К}}{1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} \approx 4 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

На пробку с одной стороны действует сила упругости, определяемая деформацией пружины, а с другой стороны сила, создаваемая давлением выделившегося ацетилена. Сравним между собой значения этих сил:

$$F_{\text{упр.}} = k\Delta x = 500 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 0,01 \text{ м} = 5 \text{ Н}$$

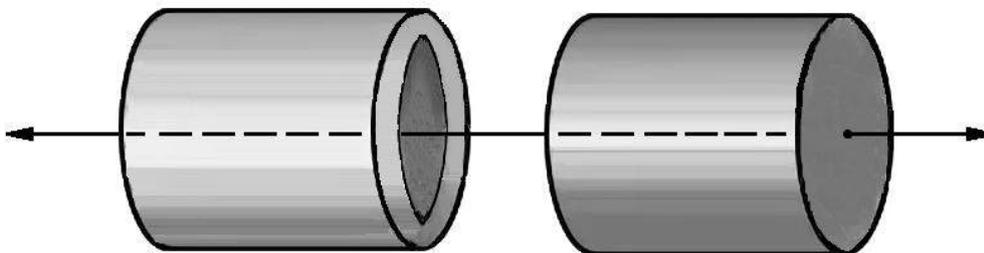
$$F_{\text{ац.}} = p_{\text{ац.}} \cdot S_{\text{пробки}} = \frac{\nu RT}{V} \cdot S \approx 4 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 4 \text{ Н}$$

Как видно, сила, которая прижимает пробку к горлышку, больше силы, создаваемой давлением ацетилена. Следовательно, горлышко будет оставаться закрытым.

Ответ: горлышко будет оставаться закрытым.

Задача 3 (17 баллов).

Воздухоплаватель Федор взял полый тонкостенный металлический цилиндр с площадью основания $0,03 \text{ м}^2$ и разрезал его на две равные части по плоскости, перпендикулярной оси цилиндра (см. рисунок). Отметив, что барометр показывает нормальное атмосферное давление, он сел на воздушный шар, поднялся на большую высоту и на этой высоте прижал друг к другу полостями полученные части цилиндра, получив герметично закрытый полый цилиндр. Вернувшись на землю, Федор обнаружил, что для разъединения частей необходимо приложить силу 1 кН по направлению оси цилиндра. Оцените, на какую высоту поднимался воздухоплаватель. Считайте, что при подъеме на один километр атмосферное давление падает на 13%.



Решение:

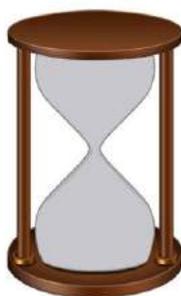
Пусть $P_0 \approx 100 \text{ кПа}$ – нормальное атмосферное давление, P – давление в цилиндре до разъединения частей, а $F = 1 \text{ кН}$ – сила, которую нужно было приложить для разъединения частей цилиндра после возвращения Федора на землю. Тогда $F = (P_0 - P)S$, где $S = 0,03 \text{ м}^2$ – площадь основания цилиндра. Отсюда $P = P_0 - F/S \approx 67 \text{ кПа}$. Так как цилиндр был закрыт герметично, такое же давление было на высоте, на которую поднимался Федор. Заметим, что

поскольку при подъеме на 1 км давление падает на 13 %, давление на высоте 1 км составляет приблизительно $100 \text{ кПа} \cdot 0,87 = 87 \text{ кПа}$, на высоте 2 км – $100 \text{ кПа} \cdot 0,87^2 \approx 76 \text{ кПа}$, а на высоте 3 км – $100 \text{ кПа} \cdot 0,87^3 \approx 66 \text{ кПа}$. Таким образом, высоту, на которую поднимался Федор, можно приближенно оценить в 3 км.

Ответ: 3 км.

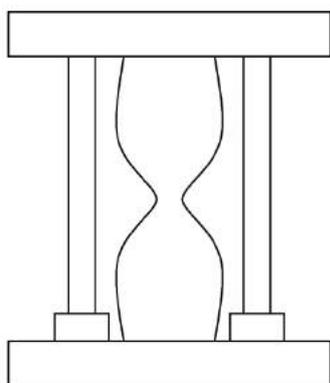
Задача 4 (12 баллов).

Выполните эскизы фронтальной, горизонтальной и профильной проекций песочных часов, изображенных на рисунке. Считать, что фронтальная проекция – это вид спереди; горизонтальная – вид сверху; профильная – вид сбоку слева.

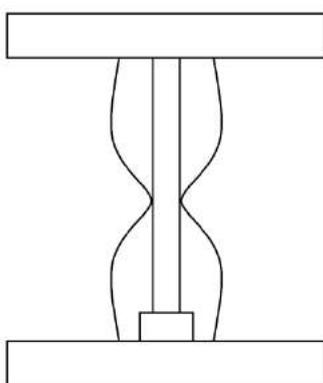


Решение:

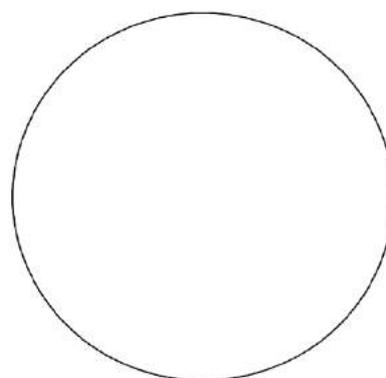
См. рисунок ниже.



Фронтальная



Профильная



Горизонтальная

Задача 5 (17 баллов).

При какой минимальной ширине горизонтальной дороги школьник на электросамокате может развернуться на 180° на скорости 20 км/ч, не касаясь дороги ногой, если коэффициент трения колеса о дорогу равен 0,4?

Решение:

Пусть школьник разворачивается по дуге окружности радиуса R . Тогда, если его скорость равна v , то на него должна действовать играющая роль центростремительной силы сила трения, равная $\frac{mv^2}{R}$. Но при движении по горизонтальной поверхности сила трения не может превышать mgk , где $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения, а k – коэффициент трения. Поэтому R не может быть меньше, чем $\frac{v^2}{gk} = 7,9 \text{ м}$. Это означает, что ширина дороги не может быть меньше $2R = 15,8 \text{ м}$.

Ответ: 15,8 м.

Задача 6 (17 баллов).

В экспериментах по регистрации солнечных нейтрино использовался детектор, содержащий 615 тонн жидкого перхлорэтилена (C_2Cl_4) при атмосферном давлении, через который в течение нескольких часов пропускали мелкие пузырьки гелия. Оцените, на какой глубине пузырек гелия имел в полтора раза меньший объем, чем у поверхности?

Решение:

Давление в жидкости на глубине h равно $p = p_0 + \rho gh$, где p_0 – атмосферное давление, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения, а $\rho = 1,62 \text{ г/см}^3$ – плотность перхлорэтилена. Считая процесс всплытия пузырька изотермическим, из закона Бойля-Мариотта $pV = \text{const}$ заключаем, что объем пузырька на глубине h равен $V = V_0 \frac{p_0}{p_0 + \rho gh}$, где V_0 – объем пузырька у поверхности. Поэтому искомая глубина определяется требованием $\rho gh = p_0/2$, т.е. $h = \frac{p_0}{2\rho g} = 3,2 \text{ м}$.

Ответ: 3,2 м.