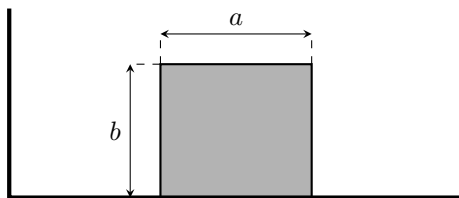


10 класс

Задача №1. Всплывающий брусок

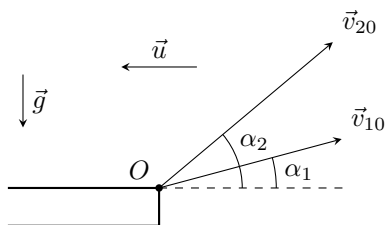
На дне сосуда с плоским горизонтальным дном лежит длинный однородный брусок, поперечное сечение которого представляет собой прямоугольник со сторонами a и $b = a\sqrt{7}/3$ (см. рис.). В сосуд медленно наливают воду.



При какой высоте H уровня воды в сосуде брусок перестанет касаться дна? Плотность материала бруска равна 50% от плотности воды. Длина бруска много больше a . Из-за шероховатости поверхностей бруска и дна сосуда вода свободно подтекает между ними.

Задача №2. Двое против ветра

С высокого, но узкого моста над рекой одновременно и практически из одной точки O бросили два одинаковых шарика: первый — под углом $\alpha_1 = 10^\circ$ к горизонту со скоростью $v_{10} = 8$ м/с, второй — под углом $\alpha_2 = 50^\circ$ к горизонту (см. рис.).



В районе моста дует сильный горизонтальный ветер, в результате чего шарики спустя достаточно большое время стали двигаться по параллельным прямым, всё время находясь на **одной вертикали** на расстоянии $L = 6$ м друг от друга. Известно, что первый шарик упал в воду спустя $\tau = 5$ с после броска, а второй упал позднее. Считая, что величина и направление скорости ветра всюду одинаковы и не меняются со временем, определите:

1. начальную скорость второго шарика v_{20} ;
2. высоту моста H над поверхностью воды;

3. скорость ветра u , если известно, что оба шарика пересекли вертикаль, проходящую через точку O , на одинаковом от неё **расстоянии**.

Траектории обоих шариков лежат в одной плоскости, параллельной вектору $\vec{u}$. Сила, действующая на шарик со стороны воздуха, определяется формулой $\vec{F} = -k\vec{v}_{\text{отн}}$, где $\vec{v}_{\text{отн}}$ — скорость шарика относительно воздуха, а k — коэффициент пропорциональности. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Задача №3. Газировка под поршнем

Вертикально расположенный цилиндрический сосуд разделён на две равные части объёмом $V_0 = 6,6 \text{ л}$ каждая лёгким горизонтальным газонепроницаемым поршнем, который может перемещаться без трения. Площадь поперечного сечения сосуда $S = 128 \text{ см}^2$. В обеих частях сосуда находятся одинаковые количества углекислого газа при давлении $P_0 = 164 \text{ кПа}$ и температуре $T_0 = 274 \text{ К}$.

В момент времени $t = 0 \text{ с}$ в нижнюю часть сосуда через клапан в его дне начинает медленно поступать холодная вода с постоянным объёмным расходом $q = 0,004 \text{ л/с}$. Поступившая вода постоянно перемешивается так, что углекислый газ растворяется в ней до равновесного состояния. Температура воды и газа в обеих частях сосуда поддерживается постоянной и равной T_0 . Работа насоса, подающего воду, прекращается в момент, когда давление газа в верхней части сосуда достигает значения $P_{\text{кр}} = 410 \text{ кПа}$.

Когда углекислый газ находится над поверхностью жидкости, масса CO_2 , растворённого при температуре T_0 в 1 м^3 жидкости, в равновесном состоянии равна $\mu_p = k \cdot P$, где $k = 3,17 \cdot 10^{-5} \text{ кг/}(\text{Па} \cdot \text{м}^3)$, а P — парциальное давление углекислого газа, контактирующего с поверхностью жидкости (закон Генри).

Молярная масса углекислого газа $M = 44 \text{ г/моль}$, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/}(\text{К} \cdot \text{моль})$. Давлением насыщенных паров воды, изменением объёма воды при растворении в ней газа и объёмом клапана пренебречь.

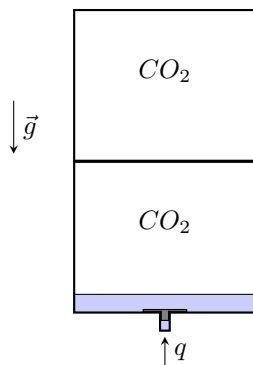
1. С какой скоростью и в каком направлении движется поршень в начальный момент времени?

2. Через какое время с момента включения насоса достигается минимальное давление в верхней части сосуда?

3. Определите минимальное давление в верхней части сосуда за время работы насоса.

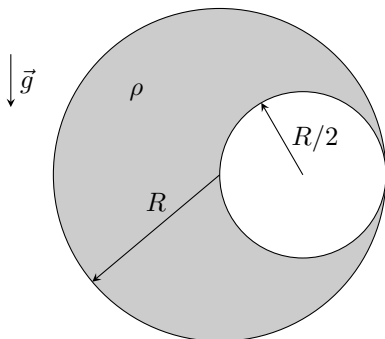
4. Сколько времени проработал насос до своего выключения?

5. Постройте график зависимости объёма газа в верхней части сосуда от времени. Укажите на нём координаты характерных точек.

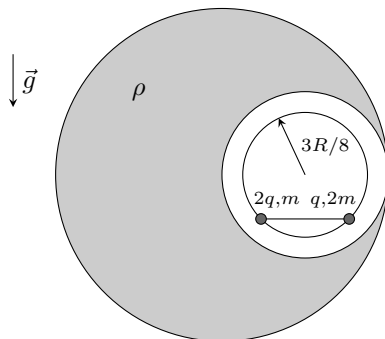


Задача №4. Гантель в полости

В равномерно заряженном по объёму очень длинном непроводящем цилиндре радиусом R высверлили цилиндрическую полость радиусом $R/2$. Ось полости параллельна оси цилиндра, расстояние между осями равно $R/2$. Цилиндр закреплён в поле тяжести так, что плоскость, проходящая через оси цилиндра и полости, горизонтальна (рис. а). Известно, что небольшой шарик массой m , заряженный зарядом q того же знака, что и заряд цилиндра, отпущенный из точки на оси полости без начальной скорости, столкнётся со стенкой полости через время $\tau = \sqrt{\sqrt{2R/(2g)}}$, где g — ускорение свободного падения.



(а)



(б)

1. Определите объёмную плотность заряда цилиндра ρ .

В полости цилиндра в вертикальной плоскости закрепляют гладкое непроводящее кольцо радиусом $3R/8$, так что центр кольца лежит на оси полости. На кольцо надевают две маленькие бусинки и шарнирно соединяют их лёгким стержнем длиной $3\sqrt{2}R/8$. Заряды и массы бусинок равны $2q, m$ и $q, 2m$ соответственно. Систему из бусинок и стержня удерживают так, что стержень горизонтален (рис. б). Систему отпускают, и она начинает двигаться без трения по кольцу.

2. Определите максимальную скорость бусинок в процессе их движения.
3. Определите силу, с которой стержень действует на бусинку в момент, когда скорость бусинок максимальна.
4. Определите силы, с которыми каждая из бусинок действует на кольцо в момент, когда скорость бусинок максимальна.

Кольцо находится вдали от торцов цилиндра.

Задача №5. Термистор, лазер и диод

Десятиклассник Паша, познакомившись на прошедшем региональном этапе со свойствами термистора, решил собрать электрическую цепь, состоящую из источника, ЭДС которого можно регулировать, резистора сопротивлением $r = 40$ Ом, а также соединённых между собой параллельно диода и термистора (см. рис. 1). ЭДС источника можно изменять в пределах от 0 В до некоторого достаточного большого значения $\mathcal{E}_{max}$.

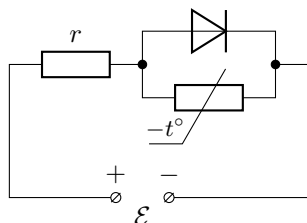


Рис. 1

Паше известно, что вольт-амперная характеристика диода имеет вид, представленный на рис. 2, а температурная зависимость сопротивления термистора задаётся формулой

$$R(t) = R_0 / (1 + \alpha(t - t_0))^2,$$

где $R_0 = 60$ Ом — сопротивление термистора при комнатной температуре t_0 (значение константы α мальчик не нашёл). Включив источник и медленно увеличивая его ЭДС, Паша обнаружил, что диод открывается при ЭДС источника $\mathcal{E}_1 = 5$ В.

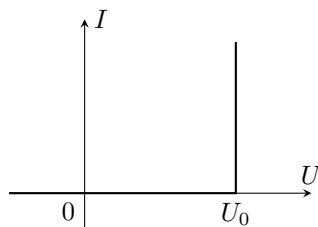


Рис. 2

1. Продолжая свои эксперименты, Паша взял мощный лазер и стал светить им прямо на термистор. Оказалось, что диод при этом закрылся и, более того, никакие изменения ЭДС источника не приводили к его открытию! Определите минимальную тепловую мощность P , передаваемую при этом от лазера термистору.

2. Выключив лазер, Паша обнаружил, что диод остался закрытым, несмотря на то, что ЭДС источника была близка к $\mathcal{E}_{max}$. Удивившись, мальчик стал плавно уменьшать ЭДС. При каком максимальном значении ЭДС источника $\mathcal{E}_2$ диод снова откроется?

Напряжение на открытом диоде равно $U_0 = 2$ В. Теплоёмкостью термистора и внутренним сопротивлением источника можно пренебречь. Мощность тепловых потерь пропорциональна разности температур тела и окружающей среды. Термистор во всех экспериментах находится в воздухе, имеющем температуру t_0 , не контактируя с другими предметами.