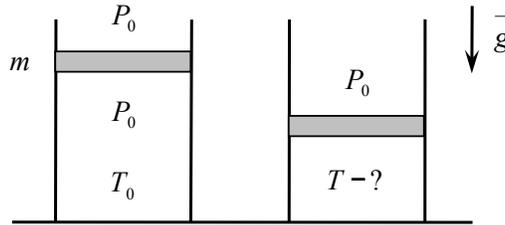


Заключительный этап. 10 класс

Задача 1. Стена абсолютно упруга относительно воздействий вдоль нормали к ее поверхности. Поверхность стены также имеет коэффициент трения $\mu = \frac{\sqrt{3}}{6}$. В стену бросают абсолютно твердый кубик так, что одна грань кубика параллельна стене, а скорость кубика \vec{v} составляет угол α с нормалью к поверхности. Найдите зависимость угла β , под которым кубик отскакивает от стены, от угла α . Постройте качественный график функции $\beta(\alpha)$.

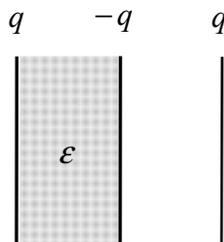
Задача 2. Вакуумная камера большого объёма заполнена воздухом при давлении $P_0 = 1$ кПа. В камере расположен высокий вертикальный цилиндр площадью поперечного сечения $S = 100$ см². Сверху цилиндр закрыт поршнем массой $m = 2$ кг. Под поршнем находится гелий при температуре $T_0 = 300$ К. В начальном состоянии поршень закреплён, давление гелия также равно P_0 . Поршень отпускают, и через некоторое время система переходит в конечное равновесное состояние. Найдите температуру T гелия в этом состоянии. Числовой ответ выразите в кельвинах и округлите до целого значения. Стенки цилиндра и поршень не проводят тепло, поршень движется без трения, давление воздуха в камере постоянно. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



Задача 3. Картофельная пушка, стреляющая горизонтально, представляет собой полуоткрытый цилиндр с площадью поперечного сечения $S = 120$ см². Когда из пушки стреляют, картофель находится в состоянии покоя, объем между концом цилиндра и картофелем составляет $V_0 = 3100$ см³, а давление газа в этом объеме составляет $P_0 = 9 \cdot 10^5$ Па. Газ в баллоне двухатомный: $C_v = 5R/2$ и $C_p = 7R/2$. (Возможно стоит убрать). Картофель движется вниз по цилиндру достаточно быстро, чтобы газ не передавал тепло. Трение между картофелем и бочкой незначительно, а утечка газа вокруг картофеля отсутствует. Параметры P_0 , V_0 и S фиксированы, но общая длина L не фиксирована. Атмосферное давление – $P_{\text{атм}} = 10^5$ Па.

- 1) Какова максимальная кинетическая энергия E_{max} , с которой картофель может вылететь из бочки?
- 2) Какова длина L в этом случае?

Задача 4. Три одинаковые тонкие проводящие пластины расположены параллельно друг другу на равных расстояниях. Каждая из крайних пластин несёт заряд q , заряд средней пластины равен $(-q)$. Всё пространство между левой и средней пластинами заполняют твёрдым однородным диэлектриком с проницаемостью $\epsilon = 4$ и соединяют крайние пластины тонким проводом (провод не касается средней пластины). Найдите отношение $x = q_1/q_2$, где q_1 и q_2 – установившиеся заряды левой и правой пластин.



Задача 5. Стенка нейрона состоит из эластичной двуслойной липидной мембраны, которая сопротивляется сжатию так же, как пружина. Она имеет эффективную жесткость k и равновесную толщину d_0 . Локально рассмотрим участок мембраны, имеющий незначительную кривизну, у которого площадь поверхности каждого из двух слоев равна S . В стенках клетки находятся специальные белковые ионные помпы, которые могут перемещать различные ионы через мембрану. В результирующем заряженном состоянии в межклеточной среде положительный и отрицательный ионный заряд равномерно распределяется вдоль внешней и внутренней поверхностей мембраны соответственно. После того как ионные насосы проделали некоторую работу, на внешней и внутренней поверхностях наводится заряд, поэтому толщина мембраны изменяется до некоторого нового значения. Предположим, что ионные помпы включаются, когда мембрана незаряжена, а мембрана заряжается достаточно медленно (квазистатически). Помпы прекращают работу в случае, если разность напряжений на мембране станет больше определенного порогового значения V_n . Насколько должна быть велика жесткость пружины k , чтобы ионные помпы отключились до того, как мембрана разрушится? Диэлектрическая проницаемость мембраны ϵ .

