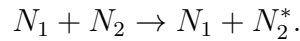


Олимпиада «Курчатов» по физике

10 класс, 2023 год

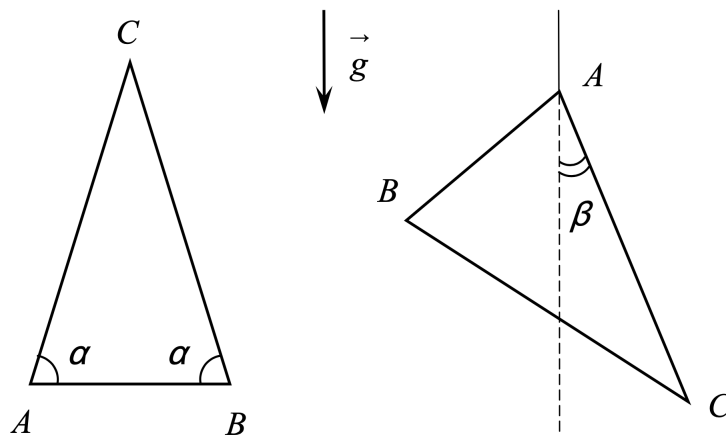
1. Ядро N_1 сталкивается с первоначально покоящимся ядром N_2 и возбуждает его:



При этом внутренняя энергия ядра N_2 увеличивается на положительную величину ΔE . Отношение масс ядер N_1 и N_2 равно $n = m_1/m_2 = 1/3$. Отношение энергии ΔE к начальной кинетической энергии K_0 ядра N_1 равно $x = \Delta E/K_0 = 2/5$. Найдите максимально возможное значение ϑ_m угла вылета возбуждённого ядра N_2^* , совместимое с законами сохранения импульса и энергии (угол вылета — угол между импульсом ядра N_2^* и начальным импульсом ядра N_1).

$$\cos \vartheta = \frac{x(1+u)}{1+u^2} \Rightarrow \vartheta = \arccos \left(\frac{x(1+u)}{1+u^2} \right)$$

2. Из тонкой однородной проволоки согнут равнобедренный треугольник ABC . Углы при основании AB равны $\alpha = 75^\circ$. Треугольник подвешен на тонкой нити за вершину A и находится в равновесии. Найдите угол β между направлением нити и боковой стороной AC .

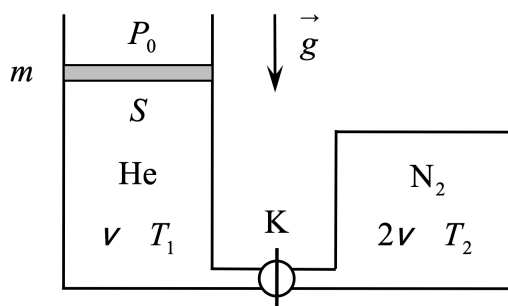


$$\cos \beta = \frac{(1 + \cos \alpha)}{2} \Rightarrow \beta = \arccos \left(\frac{1 + \cos \alpha}{2} \right)$$

3. В вакуумной камере большого объёма поддерживается постоянное давление $P_0 = 6$ кПа. В камере расположен открытый сверху вертикальный цилиндр, в котором может свободно двигаться поршень массой $m = 4$ кг и площадью $S = 100$ см². Цилиндр соединён с сосудом постоянного объёма короткой трубкой с краном K . В начальном состоянии кран закрыт, в цилиндре под поршнем находится гелий при температуре $T_1 = 570$ К, а в сосуде — молекулярный азот N_2 при температуре $T_2 = 380$ К. Давления гелия и азота одинаковы, число молей гелия $\nu = 0,025$, число молей азота 2ν . Кран открывают, газы начинают перемешиваться, и вся система переходит в новое равновесное состояние. Считая, что все стенки, поршень и трубка с краном не проводят тепло, найдите следующие величины:

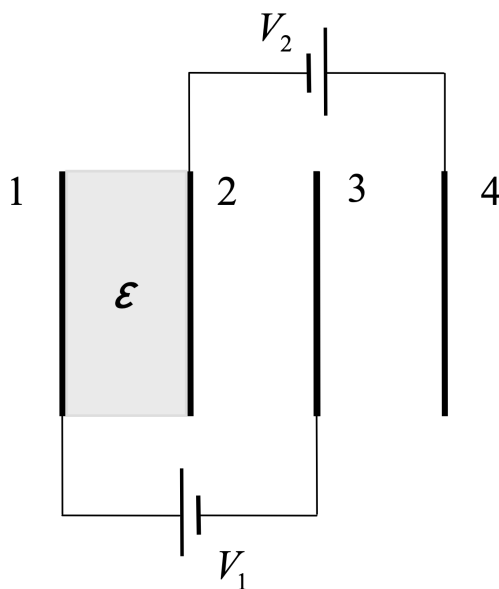
1. конечную температуру T газовой смеси,
2. расстояние x , на которое переместился поршень. Числовой ответ выразите в сантиметрах и округлите до десятых.

Универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$, ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Объём трубки с краном не учитывайте.



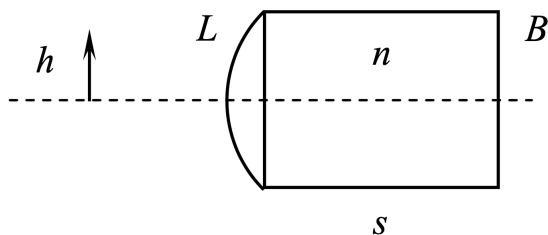
$$T_2 = \frac{61}{\epsilon_1 L^2 + 14 L^2} = \frac{61}{25 L^2} = 1 \text{ К}$$

4. Четыре одинаковые незаряженные металлические пластины расположены параллельно друг другу на равных расстояниях. Всё пространство между пластинами 1 и 2 заполнено твёрдым однородным диэлектриком с проницаемостью $\epsilon = 5$. Пластины 1 и 3 соединяют тонким проводом через батарею с ЭДС $V_1 = 9 \text{ В}$, а пластины 2 и 4 — через батарею с ЭДС $V_2 = 4,5 \text{ В}$. Найдите отношение $x = q_4/q_1$, где q_4 и q_1 — установившиеся заряды пластин 4 и 1.



$$q_4 = \frac{(\epsilon_1 + 1) \sigma^2}{\epsilon_1 (1 + \epsilon) + 14 \sigma^2} = x$$

5. Круговой цилиндр длиной $S = 70$ см закрыт с левого торца тонкой плосковыпуклой линзой L , обращённой плоской стороной внутрь цилиндра. Главная оптическая ось линзы совпадает с осью цилиндра, фокусное расстояние линзы в воздухе $F = 20$ см. Правый торец цилиндра закрыт экраном B , изготовленным из тонкого матового стекла. Внутри цилиндр заполнен водой. Показатель преломления воды относительно воздуха $n = 1,33$. Слева от линзы, перпендикулярно её оптической оси, расположена тонкая светящаяся стрелка высотой $h = 15$ мм. Изображение стрелки получено на матовом экране. Найдите высоту изображения стрелки H . Ответ выразите в миллиметрах и округлите до десятых.



$$H = h \left(1 - \frac{F}{S} \right) = 24,5 \text{ мм}$$