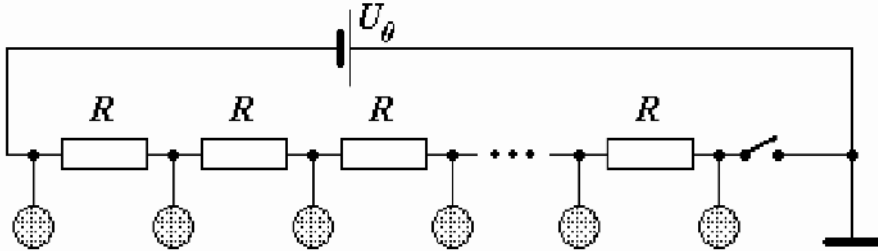


Условие

10-2 В теплоизолированном непроницаемом сосуде, закрытом теплонепроницаемым подвижным поршнем массой $M = 100\text{ кг}$ находятся в состоянии теплового равновесия $4,40\text{ г}$ «сухого» льда (твердая углекислота) и $0,10\text{ моль}$ углекислого газа. Сосуд находится в вакууме. Системе сообщается 2140 Дж теплоты. Определите установившуюся температуру в сосуде, если известно, что поршень поднялся на $h = 4,0\text{ см}$. Температура сублимации CO_2 $T_c = 194,7\text{ К}$, удельная теплота парообразования $r = 16,5\text{ кДж}/(\text{К} \cdot \text{моль})$, внутреннюю энергию 1 моль CO_2 считать равной $U = 3RT$. Сообщаемая теплота идет на возгонку, работу по подъему поршня (изобарический процесс) и изменение внутренней энергии газа.



Решение

10-2. Определим какое количество теплоты потребуется, чтобы ν_2 молей твердой углекислоты испарилось в данных условиях. Согласно первому закону термодинамики

$$Q = \nu_2 \mu r + Mgh,$$

где μ - молярная масса углекислоты, Mgh - работа газа по поднятию поршня. Используя уравнение состояния идеального газа, запишем

$$PV_0 = \nu_1 RT_c$$

$$PV_1 = (\nu_1 + \nu_2)RT_c$$

отсюда следует

$$Mgh = P(V_1 - V_2) = \nu_2 RT_c,$$

тогда искомое количество теплоты

$$Q = \nu_2(\mu r + RT_c).$$

Так как не известно, испарится ли весь «сухой лед», подсчитаем какое количество теплоты потребуется для полного его испарения, полагая $\nu_2 = 0,10\text{ моль}$ (что соответствует $4,4\text{ грамм}$), получим $Q \approx 234\text{ Дж}$, что меньше, чем подведенное количество теплоты, поэтому весь лед испарится, а оставшееся количество теплоты пойдет на нагревание газа. Запишем еще раз уравнение первого начала термодинамики

$$Q = mr + Mgh + \frac{5}{2}R(\nu_2 + \nu_1)(T - T_c),$$

где T - конечная температура газа. Совершенную работу найдем с помощью уравнения состояния

$$Mgh = P\Delta V = (\nu_1 + \nu_2)RT - \nu_1 RT_c,$$

Из этих уравнений легко находим

$$T = \frac{Q - mr + \nu_1 RT_c + \frac{5}{2}(\nu_1 + \nu_2)RT_c}{\frac{7}{2}(\nu_1 + \nu_2)R} \approx 200 \text{ K}.$$