

## Эффузия

*Эффузия* — это процесс проникновения молекул газа сквозь *маленькое* отверстие, диаметр  $d$  которого много меньше длины свободного пробега молекул  $\lambda$ . В этом случае можно считать, что при прохождении отверстия молекулы не сталкиваются друг с другом.

**ЗАДАЧА 1.** Сосуд с газом перегороден теплоизолирующей стенкой с маленьким отверстием ( $d \ll \lambda$ ). По разные стороны от стенки поддерживаются постоянные температуры  $T_1$  и  $T_2$ .

- Условие равновесного состояния в данном случае *не есть* равенство давлений ( $p_1 = p_2$ , как это было бы в случае большого отверстия), поскольку *нет теплового равновесия* (ведь температуры различны:  $T_1 \neq T_2$ ). Равновесие в данном случае — это *неизменность числа молекул по обе стороны стенки*. Поскольку столкновения молекул друг с другом при прохождении отверстия отсутствуют, можно утверждать, что равновесное состояние наступает при равенстве *потоков* молекул: число молекул, проходящих в единицу времени через отверстие из первого сосуда во второй, равно числу молекул, проходящих в единицу времени через отверстие из второго сосуда в первый.

Покажите, что требование равенства потоков молекул приводит к условию

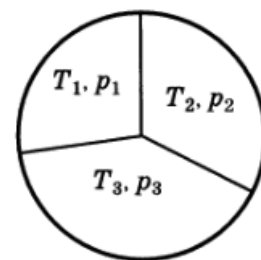
$$n_1 v_1 = n_2 v_2, \quad (1)$$

где  $n_i$  и  $v_i$  — концентрация и средняя квадратичная скорость молекул в  $i$ -й части сосуда.

- Покажите, что равенство (1) равносильно равенству

$$\frac{p_1}{\sqrt{T_1}} = \frac{p_2}{\sqrt{T_2}}. \quad (2)$$

**ЗАДАЧА 2.** (*Всеросс., 1995, ОЭ, 11*) Цилиндрический сосуд с идеальным газом разделён теплонепроницаемыми перегородками на три отсека (рис.; вид на сечение сосуда сверху). В каждой перегородке есть отверстие, размер которого мал по сравнению с длиной свободного пробега молекул газа. Температуры газа в отсеках сосуда поддерживаются постоянными и равными  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$ . Давление в первом отсеке  $p_1$  известно. Найдите давления  $p_2$  и  $p_3$  во втором и третьем отсеках.

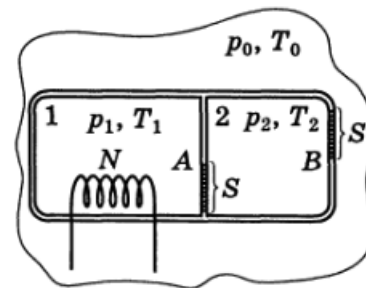


$$\frac{v_L}{v_R} \wedge \tau d = \varepsilon d : \frac{v_L}{v_R} \wedge \tau d = \tau d$$

**ЗАДАЧА 3.** (*Всеросс., 2006, ОЭ, 10*) На поверхность планеты, атмосфера которой имеет среднюю молярную массу  $\mu = 43$  г/моль и состоит только из аргона и углекислого газа (молярные массы  $\mu_1 = 40$  г/моль и  $\mu_2 = 44$  г/моль соответственно), опустился космический аппарат с вакуумированной полостью. От удара о поверхность планеты в стенке полости образовалась микротрещина, размеры которой меньше длины свободного пробега молекулы. Через неё в полость начал поступать газ из атмосферы планеты. Определите отношение  $\alpha$  концентраций аргона и углекислого газа в полости космического аппарата через малый промежуток времени после образования микротрещины. Для простоты вычислений считайте, что все молекулы газа имеют одинаковую кинетическую энергию.

$$\varepsilon \varepsilon' 0 \approx \frac{v_{T1}}{\tau \pi} \wedge \frac{v_{T1} - v_{T2}}{\pi - \tau \pi} = \nu$$

ЗАДАЧА 4. (Всеросс., 1998, финал, 11) Теплоизолированный сосуд разделён на две части теплонепроницаемой перегородкой  $A$ . В перегородке  $A$  и в одной из стенок  $B$  имеется большое количество маленьких отверстий общей площадью  $S$  в каждой. В первой части сосуда включили нагреватель мощности  $N$  (рис.). Сосуд заполнен аргоном и помещён в атмосферу аргона. Внешнее давление  $p_0$  и температура  $T_0$  поддерживаются неизменными. Оцените установившиеся значения давлений ( $p_1$  и  $p_2$ ) и температур ( $T_1$  и  $T_2$ ) в обеих частях сосуда. Сделайте числовые оценки при  $N = 20$  Вт,  $S = 10$  мм<sup>2</sup>,  $p_0 = 10^5$  Па,  $T_0 = 300$  К. Молярная масса аргона  $\mu = 40 \cdot 10^{-3}$  кг/моль; универсальная газовая постоянная  $R = 8,3$  Дж/(моль  $\cdot$  К).



$$p_1 = p_0 \sqrt{\frac{T_0}{T_1}} = 1,36 \cdot 10^5 \text{ Па}; p_2 = p_0 \sqrt{\frac{T_0}{T_2}} = 1,09 \cdot 10^5 \text{ Па}; T_1 = T_0 \left( 1 + \frac{S p_0}{N R} \sqrt{\frac{R T_0}{\mu}} \right) = 354 \text{ К}; T_2 = T_0 = 300 \text{ К}$$