

## Вопросы для повторения

1. Чем отличаются реальные газы от идеальных? Начертите кривую, выражающую характер зависимости сил взаимодействия и взаимной потенциальной энергии двух молекул от расстояния между ними

2. Выведите уравнение Ван-дер-Ваальса и сопоставьте его с уравнением Менделеева — Клапейрона

3. Начертите и объясните изотермы реального газа. Как уравнение Ван-дер-Ваальса описывает процесс фазового перехода вещества из жидкого состояния в газообразное?

4. В чем сущность и каковы причины эффекта Джоуля — Томсона?

5. Охарактеризуйте критическую температуру.

6. Какие методы сжижения газов Вам известны?

7. В чем заключается явление сверхтекучести гелия?

## Примеры решения задач

**Задача 13.1.** 0,7 кг азота заключено в баллоне емкостью 0,0224 м<sup>3</sup>. Определить давление газа на стенки баллона, внутреннее давление газа и собственный объем молекул. Температура газа 273 К. Постоянные Ван-дер-Ваальса для азота:  $a = 0,13 \text{ м}^5 \cdot \text{кг}/(\text{моль}^2 \cdot \text{с}^2)$ ;  $b = 4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$ .

Д а н о

Р е ш е н и е

$$M = 0,7 \text{ кг},$$

$$T = 273 \text{ К},$$

$$V = 2,24 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3,$$

$$a = 0,13 \frac{\text{м}^5 \cdot \text{кг}}{\text{моль}^2 \cdot \text{с}^2},$$

$$b = 4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль},$$

$$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}),$$

$$\mu = 0,028 \text{ кг/моль}$$

$$p - ? \quad p^* - ? \quad V' - ?$$

1) Сжатый газ подчиняется уравнению Ван-дер-Ваальса (формула 13.19):

$$\left(p + \frac{M^2}{\mu^2} \cdot \frac{a}{V^2}\right) \left(V - \frac{M}{\mu} b\right) = \frac{M}{\mu} RT.$$

Из этого уравнения выразим давление, производимое газом на стенки сосуда:

$$p = \frac{M}{\mu} \left[ \frac{RT}{V - \frac{M}{\mu} b} - \frac{M}{\mu} \cdot \frac{a}{V^2} \right].$$

2) Внутреннее давление газа  $p^*$  по формуле (13.16) равно

$$p^* = \frac{a}{V_\mu^2},$$

где  $V_\mu = \frac{\mu}{M} V$  — объем одного моля газа.

Следовательно,

$$p^* = \frac{M^2}{\mu^2} \frac{a}{V^2}.$$

3) Собственный объем молекул, заключенных в одном моле газа, по уравнению (13.9) равен  $b/4$ . Поэтому искомый объем

$$V' = \frac{Mb}{4\mu}.$$

Вычисления результатов производим в Международной системе единиц (С

$$p = \frac{M}{\mu} \left[ \frac{RT}{V - \frac{M}{\mu} b} - \frac{Ma}{\mu V^2} \right] = \frac{0,7}{28} \cdot \left[ \frac{8,31 \cdot 10^3 \cdot 273}{2,24 \cdot 10^{-2} - \frac{0,7}{28} \cdot 0,04} - \frac{0,7 \cdot 1,3 \cdot 10^5}{28 \cdot (2,24 \cdot 10^{-2})^2} \right] \text{ Па} = 2,49 \cdot 10^9 \text{ Па},$$

$$p^* = \frac{M^2}{\mu^2} \frac{a}{V^2} = \frac{0,7^2 \cdot 1,3 \cdot 10^5}{28^2 \cdot (2,24 \cdot 10^{-2})^2} \text{ Па} = 1,62 \cdot 10^5 \text{ Па},$$

$$V' = \frac{Mb}{4\mu} = \frac{0,7 \cdot 0,04}{4 \cdot 28} \text{ м}^3 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$