

Лабораторна робота № 19

Визначення критичного стану речовини

Мета роботи: Визначити критичну температуру ефіру.

Прилади і матеріали: термостат з прозорими стінками, скляні ампули з досліджуваною речовиною.

Теоретичні відомості

На відміну від ідеального газу в реальному газі не можна знехтувати власними розмірами молекул газу і силами взаємодії між ними. Ці два фактори є свідченням того, що рівняння стану реального газу відрізняється від рівняння стану ідеального газу. Зокрема, рівняння голландського фізика Ван-дер-Ваальса, яке якісно досить добре описує поведінку маси m реального газу, має вигляд

$$\left(p + \frac{m^2}{\mu^2} \cdot \frac{a}{V^2} \right) \left(V - \frac{m}{\mu} b \right) = \frac{m}{\mu} R T . \quad (1)$$

Тут a і b – поправки Ван-дер-Ваальса, сталі для даного газу, але різні для різних газів. Поправка b пропорційна сумарному власному об'єму молекул одного моля газу. Точніше, це почетверений власний об'єм числа Авогадро молекул газу. Величина $\frac{a}{V_0^2} = p_i$ називається внутрішнім тиском, який існує в об'ємі одного моля газу V_0 внаслідок взаємодії між молекулами (Ван-дер-Ваальсове притягання). Цей внутрішній тиск разом із зовнішнім тиском p (який

створюється, наприклад, стінками посудини) становить повний тиск

$$p + \frac{m^2}{\mu^2} \cdot \frac{a}{V^2}, \text{ що існує всередині об'єму газу } V.$$

Рівняння Ван-дер-Ваальса для одного моля газу записується так:

$$\left(p + \frac{a}{V_o^2} \right) (V_o - b) = RT. \quad (2)$$

Рівняння (2) переходить у рівняння стану ідеального газу при високих температурах (тобто при значних розрідженнях), коли поведінка реального газу мало відрізняється від поведінки ідеального.

Рівняння Ван-дер-Ваальса є рівнянням третього степеня відносно V , тобто кожному значенню тиску p при фіксованій температурі T відповідає одне (при високих температурах) або три (при низьких температурах) дійсних значення V . Ті тиск і температура, за яких усі три дійсних корені рівняння (2) збігаються, називаються критичним тиском p_k і критичною температурою T_k , а відповідний молярний об'єм – критичним молярним об'ємом $V_{ок}$.

Для кожного газу $p_k, T_k, V_{ок}$ мають цілком певні значення і є константами газу. Вони зв'язані з поправками Ван-дер-Ваальса такими співвідношеннями:

$$T_k = \frac{8a}{27bR}; V_{ок} = 3b; p_k = \frac{a}{27b^2}, \quad (3)$$

звідки

$$\frac{p_k V_{ок}}{T_k} = \frac{3}{8} R. \quad (4)$$

Критичний стан довільної маси газу m може існувати при p_K і T_K лише в певному об'ємі V_K , який дорівнює

$$V_K = \frac{m}{\mu} V_{ок}. \quad (5)$$

Це означає, що критичний стан можливий тільки тоді, коли об'єм посудини V_{Π} , в якій міститься маса газу m , дорівнює критичному об'єму V_K . Якщо $V_{\Pi} > V_K$, то рідина, що нагрівається, вся випаровується ще до досягнення критичної температури. Якщо $V_{\Pi} < V_K$, то газ скраплюється ще до досягнення критичної температури.

Хід виконання роботи

1. Через регулятор напруги ввімкнути ультратермостат на повільне нагрівання.
2. Звернути увагу на положення меніска в рідині, появу і зникнення критичної опалесценції. Критична температура буде в інтервалі початку і кінця опалесценції.
3. Аналогічні спостереження проводити при охолодженні. Значення температури в момент появи меніска відповідатиме критичній температурі.
4. Порахувати з формули (3) критичну температуру. Значення a і b вказані на установці. Результат порівняти з отриманим експериментальним шляхом.

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте означення реального газу.
2. Що таке критичний стан речовини?