

# Лабораторная работа 2.1.6

## Эффект Джоуля–Томсона

Татаурова Юлия Романовна

5 марта 2024 г.

### Цель работы:

- 1) определить изменения температуры углекислого газа при протекании через малопроницаемую перегородку при разных начальных значениях давления и температуры;
- 2) вычислить по результатам опытов коэффициенты и модели Ван-дер-Ваальса.

**Оборудование:** трубка с пористой перегородкой; труба Дьюара; термостат жидкостной; дифференциальная термопара; вольтметр универсальный (мультиметр); балластный баллон; манометр.

### Теоретические сведения

Эффектом Джоуля–Томсона называется изменение температуры газа, медленно просачивающегося из области высокого в область низкого давления в условиях тепловой изоляции. Коэффициентом Джоуля–Томсона называется величина:

$$\mu_{\text{Д-Т}} = \frac{\Delta T}{\Delta P} \quad (1)$$

Выведем некоторые теоретические соотношения:

$$Q = 0 \rightarrow \delta A = -\Delta U \rightarrow P_1 V_1 - P_2 V_2 = (U_2 + \frac{\mu v_2^2}{2}) - (U_1 + \frac{\mu v_1^2}{2})$$

Молярная энтальпия:  $H = U + PV$ , тогда

$$H_1 - H_2 = \frac{\mu(v_2^2 - v_1^2)}{2}$$

Однако кинетическая энергия газа оказывается пренебрежимо малой, поэтому

$$H_1 \approx H_2$$

Рассмотрим реальный газ как газ Ван-дер-Ваальса:

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

$$U = C_v T - \frac{a}{V}$$

Тогда энтальпия:

$$H = U + PV = C_v T + RT \frac{V}{V-a} - \frac{2a}{V} \quad (2)$$

При этом для упрощения вычислений будем считать газ разряженным и считать объем по формуле Клайперона-Менделеева  $V \approx \frac{RT}{P}$ , а также с учетом того, что  $b \ll V$  из 2 получаем:

$$H \approx C_p T + P \left( b - \frac{2a}{RT} \right) \quad (3)$$

Так же будем считать изменения температуры в опыте небольшим  $\frac{\Delta T}{T} \ll 1$ . Тогда полагая  $\Delta H = 0$  из 3:

$$\mu_{д-т} = \frac{\Delta T}{\Delta P} \approx - \frac{b - \frac{2a}{RT}}{C_p} \quad (4)$$

Из 4 видно, что существует такая температура (*температура инверсии*), при которой знак эффекта меняется:

$$T_{инв} = \frac{2a}{Rb} \quad (5)$$

## Экспериментальная установка

Схема установки для исследования эффектов Джоуля-Томсона в углекислом газе представлена на ниже.

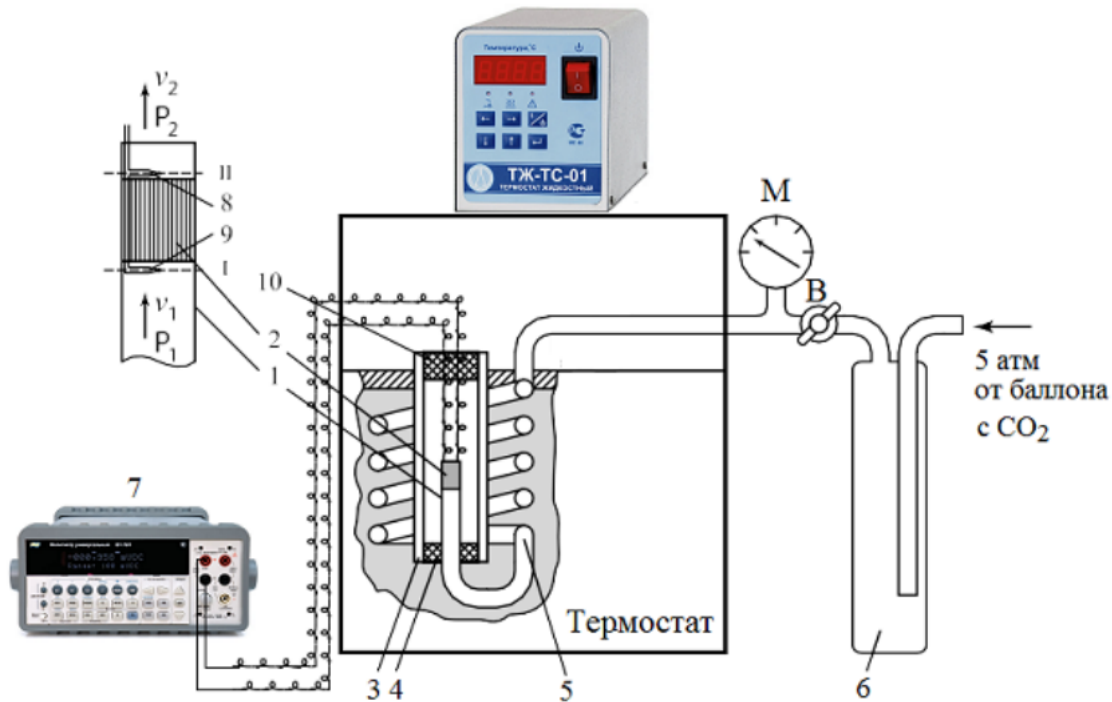


Рис. 1: Экспериментальная установка для исследования эффектов Джоуля-Томсона

Через турбку 1,сделанной из стали и потому обладающей малой теплопроводностью и содержащей на конце пористую перегородку 2, пропускается исследуемый газ - двуокись углерода  $CO_2$ . Углекислый газ под повышенным давлением попадает в трубку через змеевик 5 из баллона 6. Змеевик в свое время медленно нагревает проходящий через него газ до температуры воды в термостате, который поддерживает ее постоянной с точностью  $\pm 0.1^\circ C$ . Манометр М измеряет разность давлений внутри трубки и снаружи. Разность температур газа до и после перегородки измеряется дифференциальной термопарой медь-констант, концы которой подключены к вольтметру. Если концы термопары имеют разную температуру, то в цепи возникает разность потенциалов, которая и измеряется вольтметром.