

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Отчет о выполнении лабораторной работы №2.1.6

Эффект Джоуля-Томсона

Выполнил студент группы Б03-405
Тимохин Даниил

4 феврфля 2025 г.

1. Аннотация

В данной работе исследуется эффект Джоуля-Томсона и приближенная модель идеального газа Ван-дер-Ваальса.

2. Теоретическая справка

Эффект Джоуля-Томсона заключается в том, что из-за зависимости внутренней энергии газа от его объёма при его обратном расширении температура падает или растёт в зависимости от соотношения между коэффициентами Ван-дер-Ваальса.

Из закона сохранения энергии получим

$$A_2 - A_1 = P_2 V_2 - P_1 V_1 = (U_1 + \frac{\mu v_1^2}{2}) - (U_2 + \frac{\mu v_2^2}{2}) \quad (1)$$

$$(P_2 V_2 + U_2) - (P_1 V_1 + U_1) = \frac{\mu v_1^2}{2} - \frac{\mu v_2^2}{2} \quad (2)$$

Но так как в нашем процессе скорость газа на входе мала из-за большого трения в пористой перегородке, то получим

$$H_2 - H_1 \approx 0 \quad (3)$$

Записав энтальпию газа и упростив её

$$H = U + PV = C_v T + RT \frac{V}{V-b} - \frac{2a}{V} = C_p T + P(b - \frac{2a}{RT}) \quad (4)$$

Отсюда и получаем коэффициент Джоуля-Томсона из дифференциала получим.

$$\mu_{J-T} = \frac{\Delta T}{\Delta P} \approx \frac{\frac{2a}{RT} - b}{C_p} \quad (5)$$

Отсюда получаем температуру инверсии $T = \frac{2a}{Rb}$

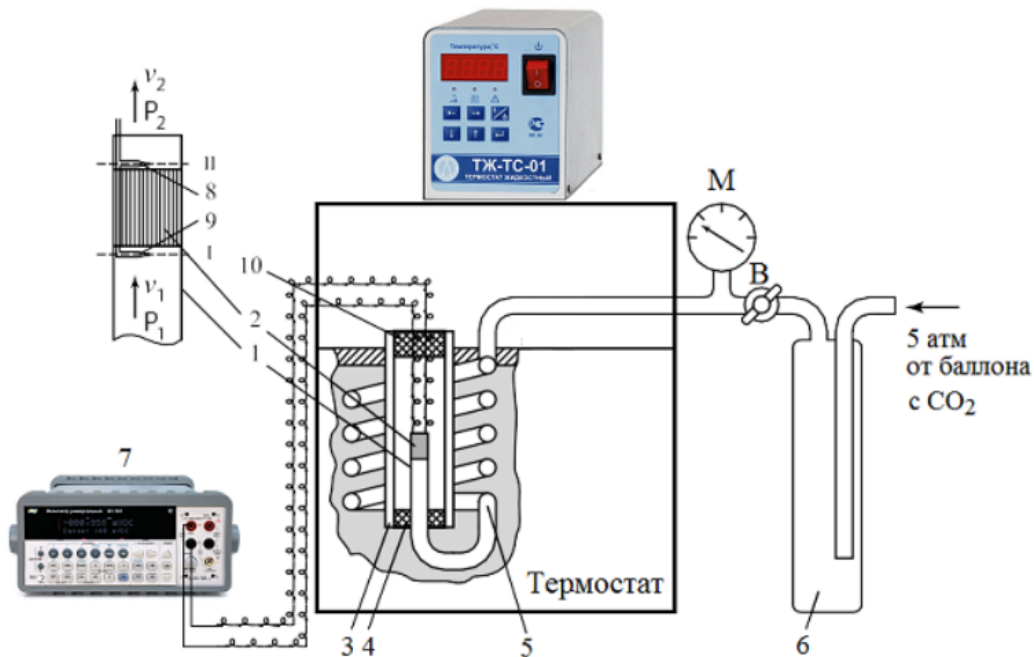


Рис. 1. Экспериментальная установка

С помощью Дифференциальной медно-константановой термопары измерим падение температуры, а с помощью барометра падение давления.

3.Оборудование

Экспериментальный стенд

4. Результаты измерений и обработка данных

Проведем измерения и получим такие графики из наших данных.

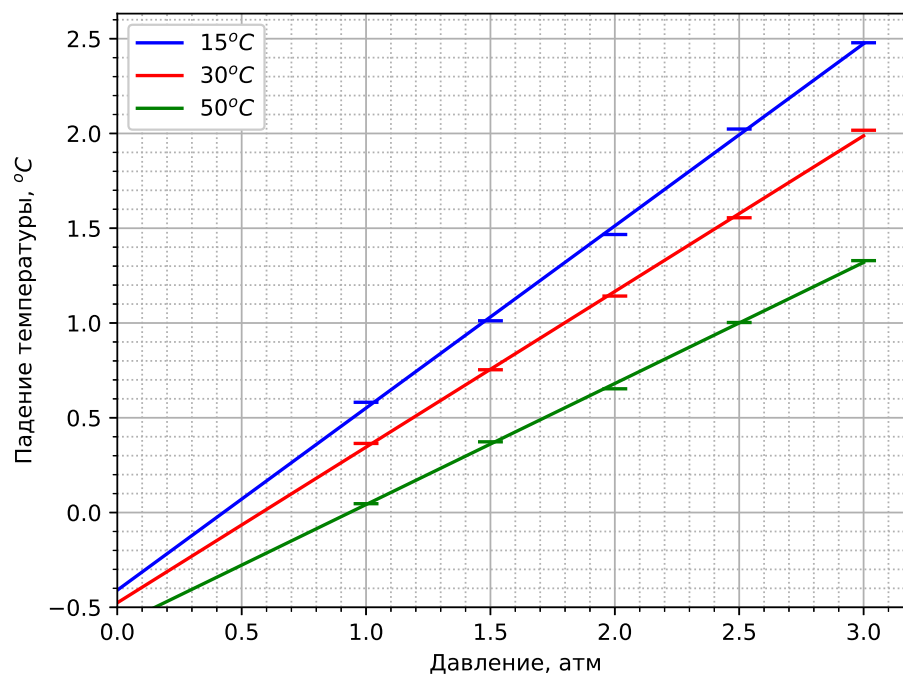


Рис. 2. Зависимость падения температуры от падения давления

Таблица 1. Нахождение коэффициентов Джоуля-Томсона

Температура, °C	Коэффициент Джоуля-Томсона, 10^{-4}	$\varepsilon_{\mu_{Д-Т}}$
15	9.6	0.02
30	8.2	0.02
50	6.4	0.01

Построим по этим данным теперь график зависимости $\mu_{Д-Т}(T^{-1})$.

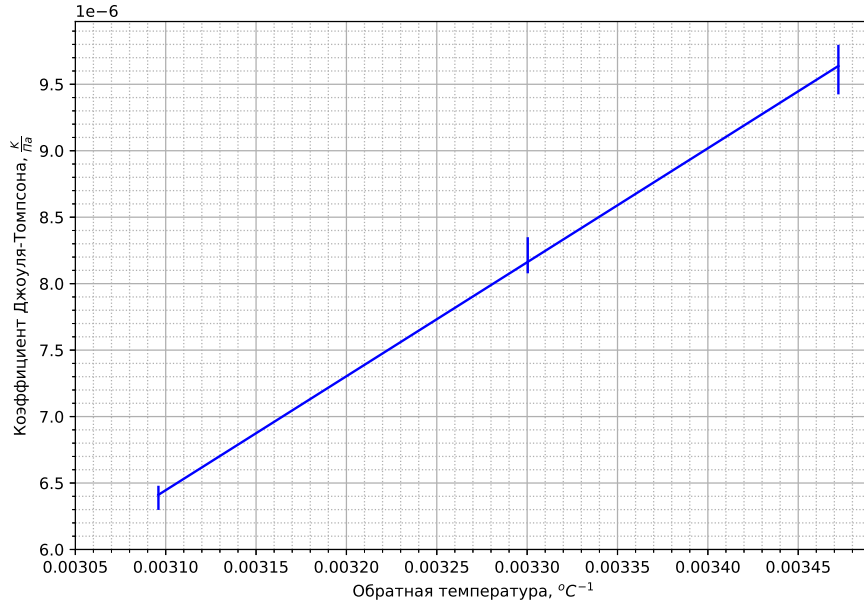


Рис. 3. график зависимости $\mu_{Д-Т}(T^{-1})$

Используя формулу 5, получим коэффициенты a и b .

$$a = 1.35 \frac{\text{Нм}^4}{\text{моль}^2} \quad \varepsilon_a = 0.02, \quad b = 7.6 \cdot 10^{-4} \text{м}^3 \quad \varepsilon_b = 0.001$$

Получаем $T_{инв} = 425.8 \text{K}$.

5. Обсуждение результатов и выводы

Полученные значения отличаются от табличных $a = 0.36 \frac{\text{Нм}^4}{\text{моль}^2}$ и $b = 0.42 \cdot 10^{-4} \text{м}^3$, так как коэффициенты Ван-дер-Ваальса в реальности зависят от температуры, а значит мы лишь можем получить их именно для нашего опыта. С этим также связано отличие от табличного значения критической температуры $T_{табл} = 2073 \text{K}$.

Был получен эффект Джоуля-Томсона и экспериментально подтверждена его приближенная формула.

Модель газа Ван-дер-Ваальса хорошо описывает газ только в некоторой окрестности его параметров. Поэтому данную модель нужно применять только подтвердив, что коэффициенты правильно задают поведение газа в определённых условиях. И не использовать табличные значения при критической температуре для всех расчётов.