

Лабораторная работа 2.1.6 «Эффект Джоуля-Томсона»

Балдин Виктор, Б01-303

12 марта 2024 г.

Цель работы

1. Определение изменения температуры углекислого газа при протекании через малопроницаемую перегородку при разных начальных значениях.
2. Вычисление по результатам опытов коэффициентов Ван-дер-Ваальса a и b .

Оборудование Трубка с пористой перегородкой; труба Дьюара; термостат, термометры; дифференциальная термopара; микровольтметр; балластный баллон; манометр.

1 Теоретическая часть

Рассмотрим стационарный поток газа между произвольными сечениями трубки и пористой перегородкой. Для 1 моля можно записать первое начало термодинамики:

$$A_1 - A_2 = \left(U_2 + \frac{\mu v_2^2}{2} \right) - \left(U_1 + \frac{\mu v_1^2}{2} \right), \quad (1)$$

где $A_1 = P_1 V_1$ – работа над газом, необходимая для внесения его в первое сечение трубки, $A_2 = P_2 V_2$ – работа газа по прохождению второго сечения. Используя уравнение 1, получим:

$$H_1 - H_2 = (U_1 + P_1 V_1) - (U_2 + P_2 V_2) = \frac{1}{2} \mu (v_2^2 - v_1^2) \quad (2)$$

Или:

$$C_P (T_1 - T_2) = \frac{1}{2} \mu (v_2^2 - v_1^2), \quad (3)$$

откуда:

$$\Delta T = \frac{\mu}{2C_P} (v_2^2 - v_1^2) \quad (4)$$

При этом:

$$v_1 = \frac{P_2}{P_1} v_2 \quad (5)$$

Таким образом, для углекислого газа оценка по формуле 4 дает $\Delta T = 7 \cdot 10^{-4}$ К, что ничтожно мало по сравнению с измеряемым эффектом.

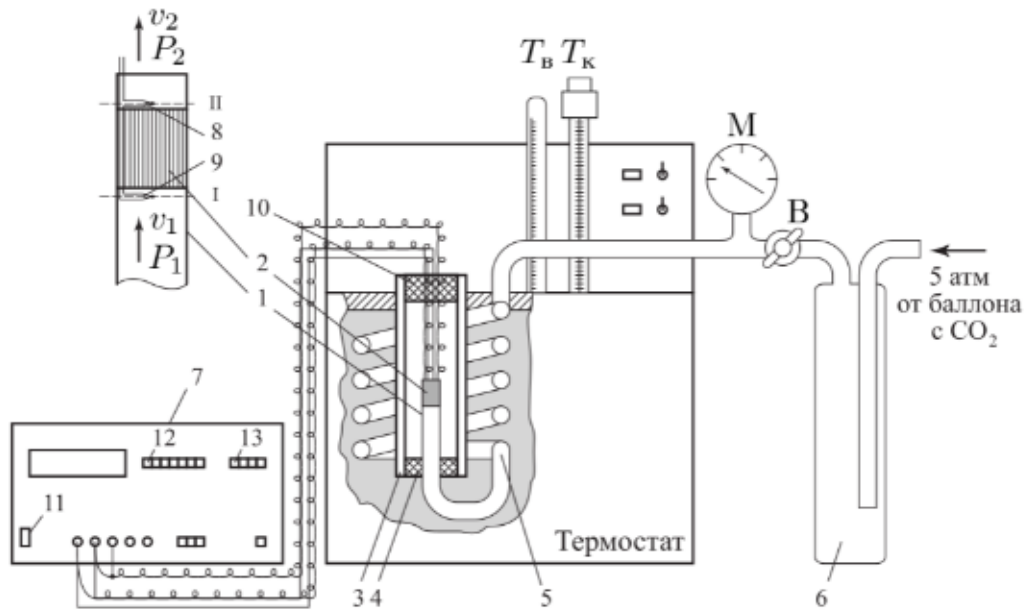


Рис. 1: Схема экспериментальной установки для изучения эффекта Джоуля-Томсона

2 Экспериментальная установка

Схема используемой установки приведена на рис. 1. Основным элементом установки является трубка 1 с пористой перегородкой 2, через которую пропускается исследуемый газ. Трубка имеет длину $L = 80$ мм и сделана из нержавеющей стали в силу ее малой теплопроводности. Диаметр трубки $d = 3$ мм, толщина стенок 0.2 мм. Толщина трубки $l = 5$ мм подобрана так, чтобы обеспечить оптимальный поток газа при перепаде давлений $\Delta P \leq 4$ атм, при этом в результате эффекта Джоуля-Томсона создается достаточная разность температур.

Давление газа измеряется манометром М и регулируется вентилем В. Манометр М измеряет разность с атмосферным давлением $\Delta P = P_1 - P_2$.

Разность температур газа до перегородки и после нее измеряется дифференциальной термопарой медь – константан.

3 Ход работы

1. Убедимся, что термостат залит водой, все электрические приборы заземлены.
2. Включим термостат.
3. Включим вольтметр 7. Получим показания вольтметра при $\Delta P = 0$, используем ее для корректировки: $\mathcal{E} = U(P) - U(0)$.
4. Графики:

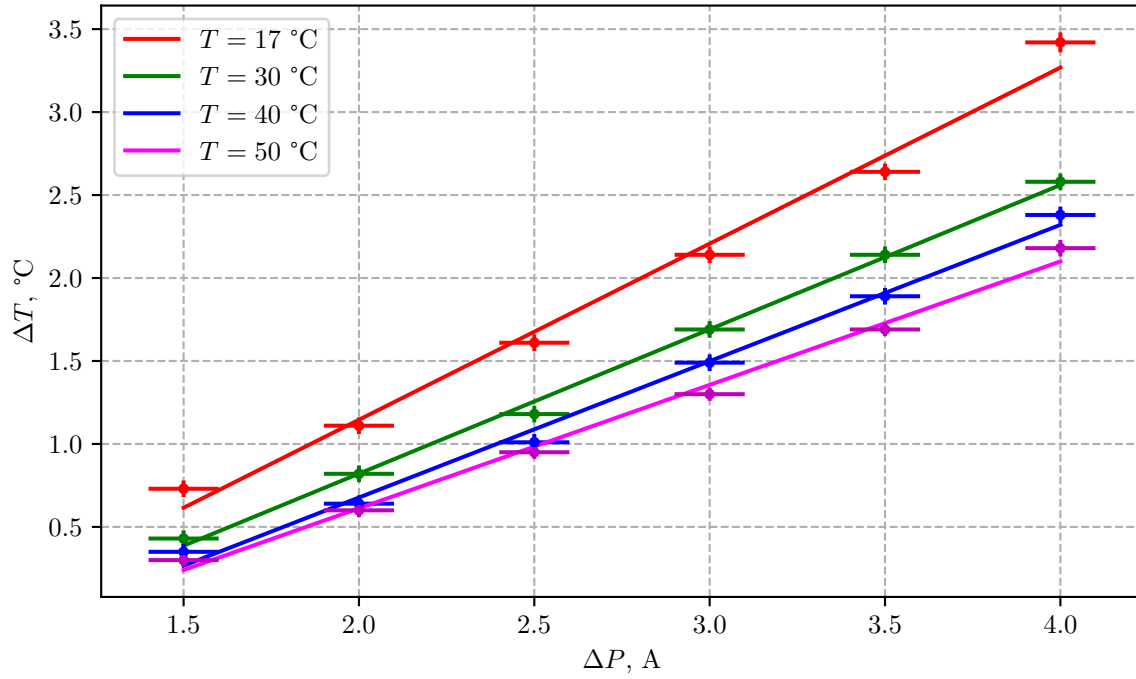


Рис. 2: Графики $\Delta T(\Delta P)$

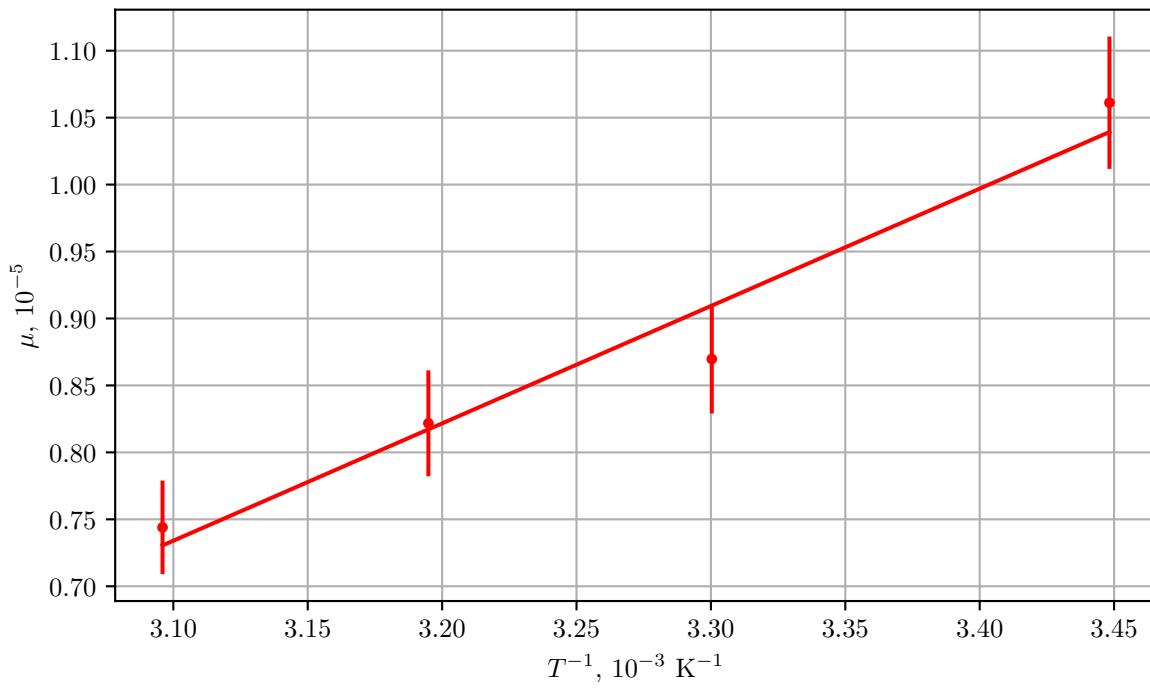


Рис. 3: График $\mu(T)$