

## 2.1.6

## ЭФФЕКТ ДЖОУЛЯ-ТОМСОНА

Егор Берсенеv

## 1 Цель работы:

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

## 2 Оборудование

Термостат, трубка с пористой перегородкой, труба Дьюара, дифференциальная термопара, микровольтметр, балластный баллон, манометр.

## 3 Теоретическая часть

**Определение 1.** *Эффект Джоуля-Томсона — изменение температуры газа, медленно протекающего из области высокого в область низкого давления в условиях хорошей тепловой изоляции.*

Исследуем изменение температуры углекислого газа при его медленном течении через пористую перегородку. Газ из области повышенного давления проходит в область с атмосферным давлением. Величина эффекта Джоуля-Томсона определяется по разности температур газа до и после перегородки. Рассмотрим два сечения трубки: до и после перегородки. Пусть через перегородку прошел, для определенности, 1 моль газа,  $\mu$  — его молярная масса. Молярные объемы газа, давления и внутренние энергии в сечениях I и II обозначим как  $V_1, P_1, U_1, V_2, P_2, U_2$ . Для того, чтобы ввести в трубку объем  $V_1$  нужно совершить работу  $A_1 = P_1 V_1$ . Проходя через сечение газ сам совершает работу  $A_2 = P_2 V_2$ .

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

Перегруппируем члены.

$$H_1 - H_2 = \frac{1}{2} \mu (v_2^2 - v_1^2) \quad (2)$$

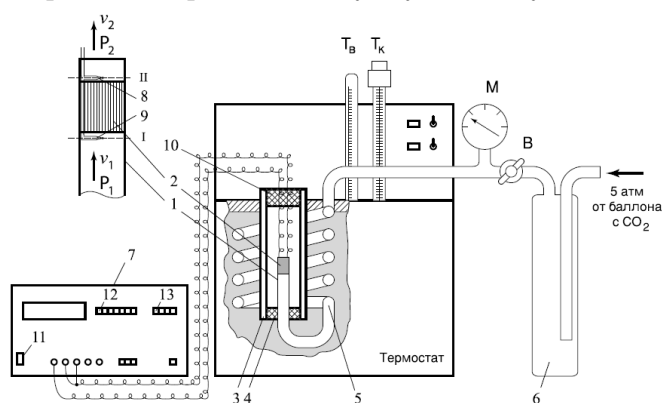
Используем выражение для коэффициента Джоуля-Томсона.

$$\mu_{Д-Т} = \frac{\Delta T}{\Delta P} \simeq \frac{\frac{2a}{RT} - b}{C_p} \quad (3)$$

Используя связь между  $a, b$  и критической температурой найдем:

$$T_{инв} = \frac{27}{4} T_{кр} \quad (4)$$

Рассмотрим экспериментальную установку.



1. Трубка, по которой протекает газ
2. Пористая перегородка
3. Труба Дьюара
4. Кольцо, уплотняющее трубу Дьюара
5. Змеевик
6. Балластный баллон
7. Вольтметр

## 4 Ход работы

Включим термостат и вольтметр, снимем значение поправочного напряжения  $\varepsilon_0 = 6$  мкВ. Проведем измерения напряжения на термопаре и разности давлений:

Таблица 1:  $T = 295$  K

$\Delta P$ , атм	4.1	3.7	3.3	2.9	2.5
$U - U_0$ , мкВ	150	134	116	98	80
$\Delta T$ , K	3.7	3.3	2.9	2.4	2

Таблица 2:  $T = 313$  K

$\Delta P$ , атм	4.1	3.7	3.3	2.9	2.5
$U - U_0$ , мкВ	124	106	88	74	58
$\Delta T$ , K	3	2.5	2.1	1.8	1.4

Таблица 3:  $T = 333$  K

$\Delta P$ , атм	4.1	3.7	3.3	2.9	2.5
$U - U_0$ , мкВ	90	74	62	47	36
$\Delta T$ , K	2.1	1.7	1.4	1.1	0.8

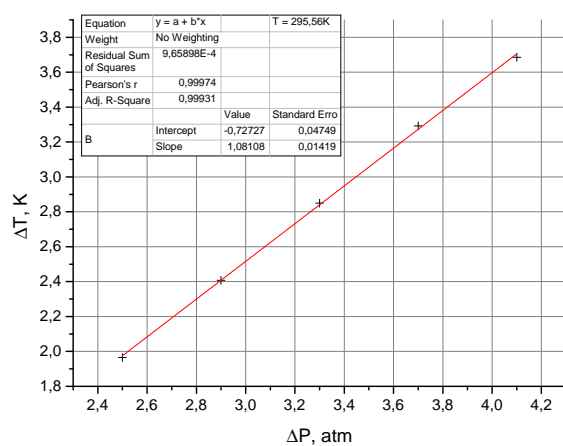
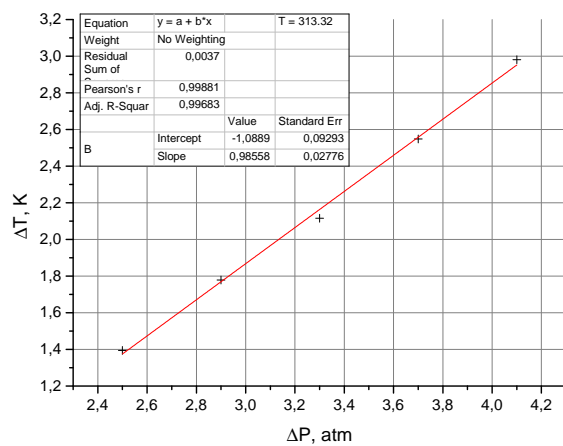
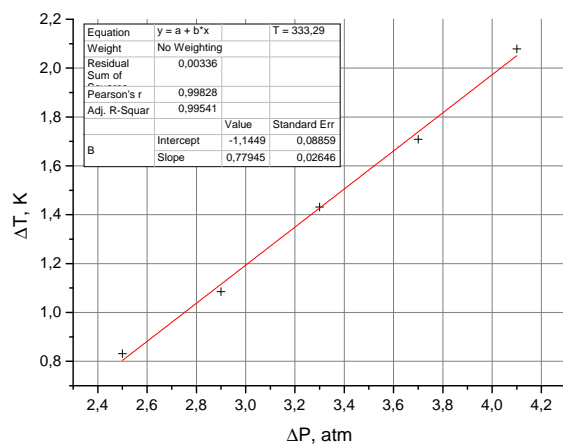
Рис. 1:  $T = 295\text{ K}$ Рис. 2:  $T = 313\text{ K}$ Рис. 3:  $T = 333\text{ K}$

Таблица 4: Коэффициенты Джоуля-Томсона

	T = 295 K	T = 313 K	T = 333 K
$\mu_{Д-Т}$	1.08	0.99	0.78
$\sigma_{\mu_{Д-Т}}$	0.01	0.03	0.03

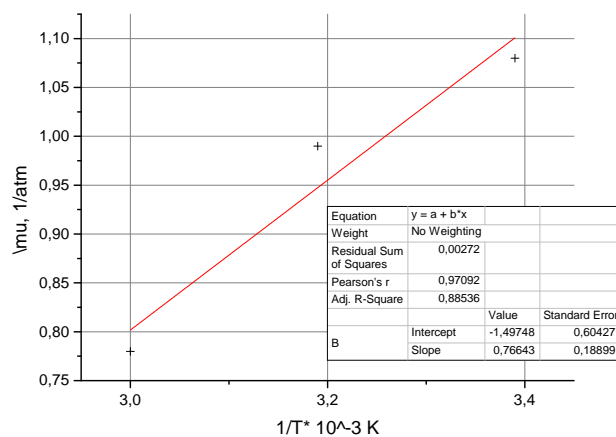


Рис. 4: Коэффициенты Джоуля-Томсона

Коэффициенты Ван-дер-Ваальса  $a = \frac{kRC_p}{2} = 1.273 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^4}{\text{моль}^2}$ ,  $b = -iC_p = 6 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}$ .

## 5 Вывод

Значения коэффициентов Ван-дер-Ваальса не совпадают с табличными, т.к. в таблице они указаны для критических параметров.  $T_i = \frac{2a}{Rb} = 510\text{K}$ , что также очень сильно расходится с табличным. Это могло произойти из-за несовершенства условий эксперимента.