

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Факультет общей и прикладной физики

**Отчет о выполнении работы 2.1.6: Эффект
Джоуля—Томсона**

Автор:
Студент гр. Б02-304
Головинов. Г.А.



Долгопрудный, 2024

Аннотация

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 a и b модели Ван-дер-Ваальса.

В работе используются: трубка с пористой перегородкой; труба Дьюара; термостат жидкостный; дифференциальная термопара; мультиметр; балластный баллон; манометр.

Основные теоретические сведения

Эффектом Джоуля—Томсона называется изменение температуры газа, просачивающегося из области высокого в область низкого давления в условиях тепловой изоляции. В разреженных газах (практически идеальных) при таком течении температура не меняется.

В работе газ из области повышенного давления P_1 проходит через множество узких и длинных каналов пористой перегородки в область с атмосферным давлением P_2 . Перепад давления $|\Delta P| = P_1 - P_2$ из-за большого сопротивления перегородки может быть заметным даже при малой скорости течения газа. Величина эффекта определяется по разности температур газа ΔT до и после перегородки.

Вывод эффекта Джоуля—Томсона. Пусть через трубку прошел $\Delta\nu = 1$ mol. газа, пусть V_1 и V_2 — молярные объемы газа до и после, P_1, P_2 — соответствующие давления. U_1, U_2 — внутренние энергии в расчете на 1 mol. Для того чтобы ввести в трубку порцию газа объемом V_1 необходимо совершить работу $A_1 = P_1 V_1$. Выходя из трубки эта же порция совершает работу $A_2 = P_2 V_2$. Считая, что стенки не проводят тепло и не совершается механической передачи энергии, получаем:

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

здесь кроме изменения внутренней энергии ΔU учтена кинетическая энергия течения $\mu v_{1,2}^2/2$.

Определим *молярную энтальпию* газа как $H = U + PV$. Тогда уравнение (1) можно переписать:

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

Это есть уравнение бернулли для течения газа, учитывающее его сжимаемость и внутреннюю энергию.

Внутри перегородки газ испытывает трение. Это приводит к необратимому переходу почти всей кинетической энергии газа в тепловую. Теплообмена с окружающей средой нет, поэтому вся энергия отдается обратно газу и уносится с потоком. Закон сохранения энергии (2) остается в силе, однако кинетическая энергия оказывается пренебрежимо малой. Приходим к выводу, что эффект Джоуля—Томсона — это процесс, в котором энтальпия сохраняется:

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

Энтальпия — функция состояния, зависящая от температуры и от давления. Коэффициентом Джоуля—Томсона называют отношение:

$$\mu_{J-T} = \frac{\Delta T}{\Delta P} \quad (4)$$