

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Отчет о выполнении лабораторной работы №2.4.1

Определение теплоты испарения жидкости

Выполнил студент группы Б03-405
Тимохин Даниил

4 марта 2025 г.

1. Аннотация

В данной работе изучается кипение. Строится зависимость давления насыщенного пара от температуры и вычисляется удельная теплота парообразования для исследуемой жидкости.

2. Теоретическая справка

Теорию того, как одно вещество переходит в другое не будем, так как это хорошо описано в Сивухине и вообще из второго задания. Поэтому просто скажем, что изменение фазы состояния вещества связано с тем, что оно стремится к минимуму потенциала Гиббса. Из него происходит уравнение Клапейрона-Клаузиуса

$$\frac{dP}{dT} = \frac{S_2 - S_1}{V_2 - V_1} = \frac{Lm}{T(V_2 - V_1)} = \frac{L_\nu}{T(V_{\nu 2} - V_{\nu 1})} \quad (1)$$

Теперь, так как молярный объём газа гораздо больше молярного объёма воды, то формула упрощается

$$\frac{dP}{dT} = \frac{L_\nu}{TV_{\nu 2}} \quad (2)$$

Теперь рассмотрим уравнение состояния газа. Возьмем уравнение Ван-дер-Ваальса.

$$(P + \frac{a}{V^2})(V - b) = RT \quad (3)$$

Но при этом наш объём гораздо больше, чем b . Также из-за того, что объём достаточно большой, то поправка $\frac{a}{V^2}$ достаточно мала и её отсутствие вносит (по лабнику) 3% погрешности, так что можно её тоже убрать.

$$PV = RT \quad (4)$$

$$\frac{dP}{dT} = \frac{L_\nu P}{T^2 R} \quad (5)$$

Преобразуем уравнение

$$L_\nu = -R \frac{d(\ln P)}{d(1/T)} \quad (6)$$

3. Оборудование

Установка

Микроскоп для измерения давления

Термостат

4. Проведение эксперимента и обработка результатов

Проведя измерения получим таблицу результатов

Разобьём по частям и проинтегрируем уравнение 5:

$$\frac{dP}{P} = \frac{L_\nu dT}{RT^2} \quad (7)$$

$$\ln \frac{P}{P_0} = \frac{L_\nu}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right) \quad (8)$$

$$P = P_0 e^{\frac{L_\nu}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right)} \quad (9)$$

$$P = P_0 e^{\frac{L_\nu}{RT_0}} e^{-\frac{L_\nu}{RT}} = \bar{P}_0 e^{-\frac{L_\nu}{RT}} \quad (10)$$

Теперь построим график $P(T)$ и аппроксимацию данного графика формулой $P = b \cdot e^{\frac{a}{T}}$

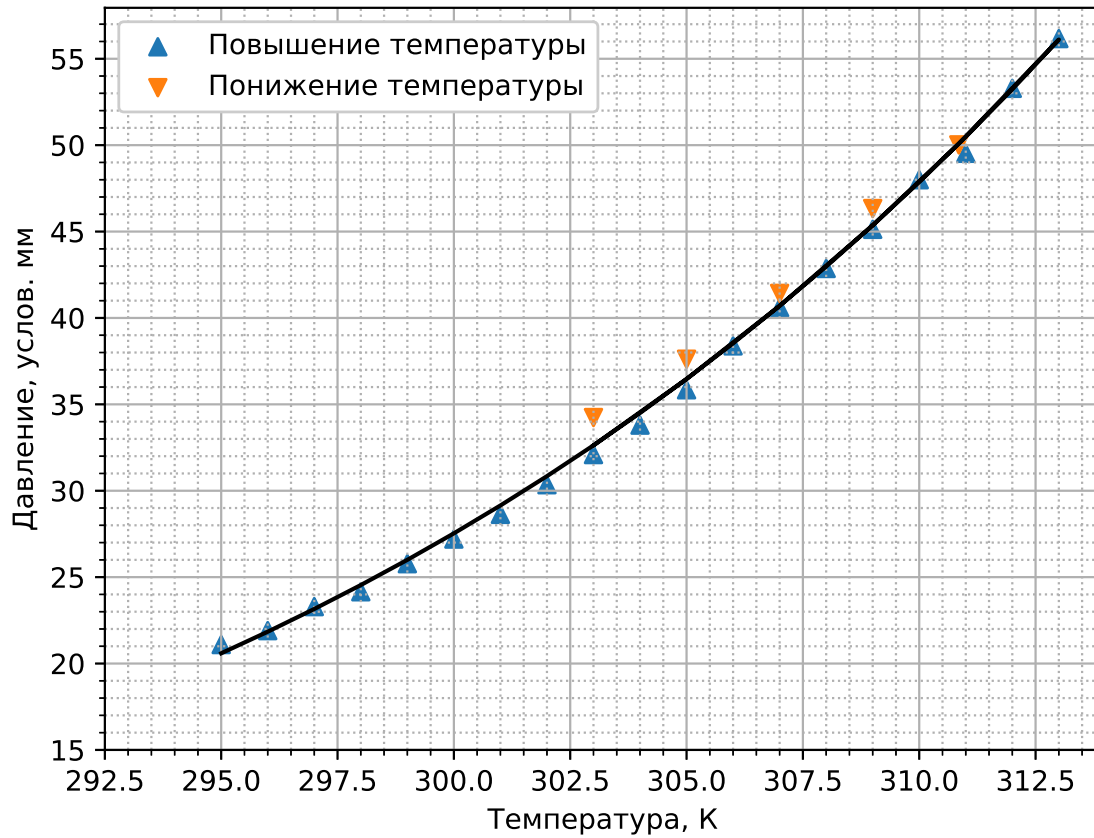


Рис. 1. Зависимость $P(T)$

Получаем коэффициент $a = 5142.1K$ и $\varepsilon_a = 0.01$. Получаем молярную теплоту испарения $L_\nu = 42730.9 \frac{Дж}{К}$, $L_\nu = 0.01$.

Далее построим график $\ln P(1/T)$ и найдём коэффициент

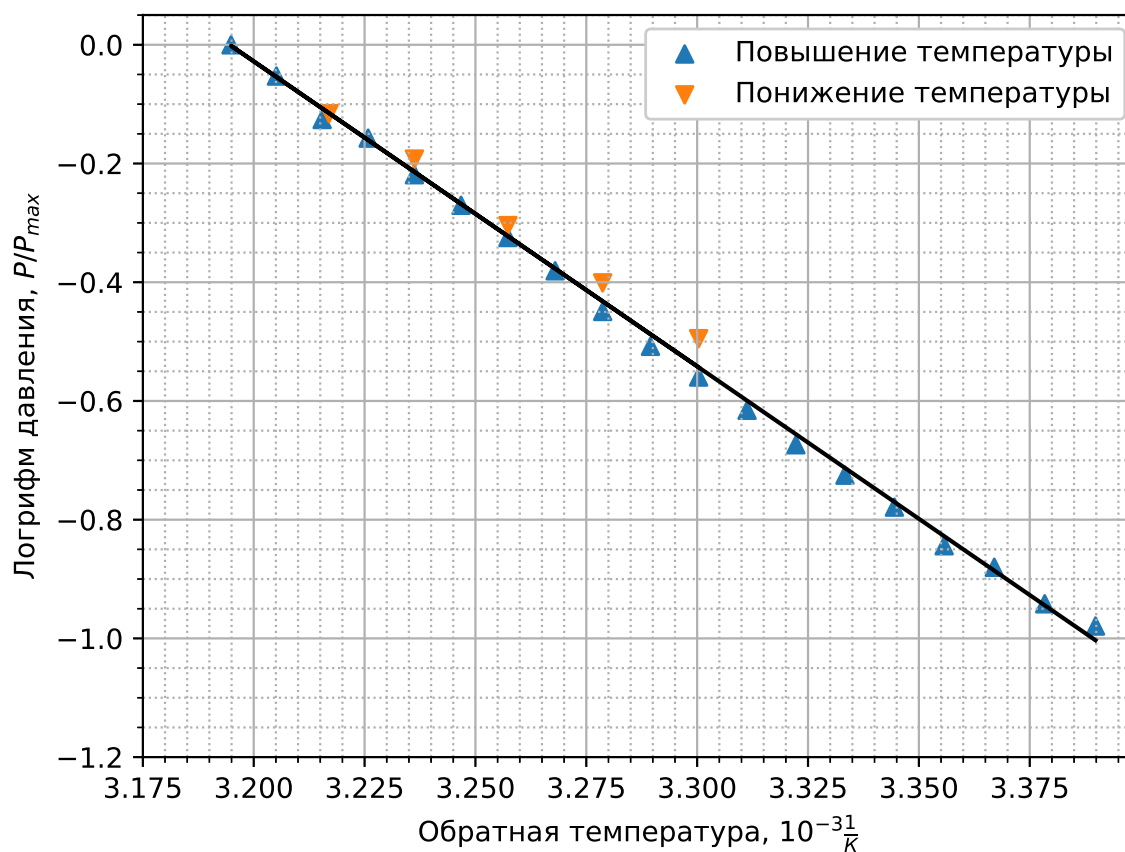


Рис. 2. Зависимость $\ln P(1/T)$

Здесь $k = -5137.3K$ $\varepsilon_k = 0.01$. Из неё получаем $L_\nu = 42691.2 \frac{Дж}{К}$, $\varepsilon_{L_\nu} = 0.01$.

Получаем значение: $L = 2.37 \frac{МДж}{кг}$ и $\varepsilon_L = 0.01$, табличное значение $L = 2.33 \frac{МДж}{кг}$

5. Обсуждение результатов и выводы

Мы смогли с хорошей точностью определить теплоту испарения жидкости. Она с достаточной точностью совпадает с табличными значениями. Также мы подтвердили справедливость Уравнения Клапейрона-Клаузиуса.