

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Физтех-школа физики и исследований им. Ландау

Лабораторная работа 2.4.1

Определение теплоты испарения жидкости

Выполнил студент группы Б02-202
Хомченков Александр Павлович

Долгопрудный, 2023 г.

Аннотация

В работе была исследована молярная теплота испарения воды при температуре от 20°C до 30°C . Для проведения измерений был использован косвенный метод, основанный на применении формулы Клапейрона-Клаузиуса. Полученные результаты позволили определить теплоту парообразования воды с точностью в $\varepsilon = 1,5\%$.

Введение

Количество теплоты, необходимое для изотермического испарения одного моля жидкости при внешнем давлении, равном упругости ее насыщенных паров, называется молярной теплотой испарения (парообразования). Её необходимо знать, чтобы использовать жидкость в тепловых процессах, например, в холодильных установках. Теплоту парообразования жидкостей можно измерить непосредственно при помощи калориметра. Такой метод, однако, не позволяет получить точных результатов из-за неконтролируемых потерь тепла, которые трудно сделать малыми. В настоящей работе для определения теплоты испарения применен косвенный метод, основанный на формуле Клапейрона–Клаузиуса.

Методика

Удельная теплота парообразования была найдена по формуле, полученной в источнике [1]

$$L = \frac{RT^2}{P} \frac{dP}{dT} = -R \frac{d(\ln P)}{d(1/T)}. \quad (1)$$

Здесь P – давление насыщенного пара жидкости при температуре T , T – абсолютная температура жидкости и пара, L – теплота испарения жидкости. В нашем опыте температура жидкости измеряется термометром, давление пара определяется при помощи манометра, а производная $d(\ln P)/d(1/T)$ находится графически как угловой коэффициент касательной к кривой, у которой по оси абсцисс отложено $1/T$, а по оси ординат $\ln P$.

Схема использованной установки изображена на рисунке 1. Установка включает термостат А, экспериментальный прибор В и отсчетный микроскоп С.

Экспериментальный прибор В представляет собой емкость 12, заполненную водой. В нее погружен запаянный прибор 13 с исследуемой жидкостью 14. Перед заполнением исследуемой жидкостью воздух из запаянного прибора был удален, так что над жидкостью находится только её насыщенный пар. Давление пара определяется по ртутному манометру 15, соединенному с емкостью 13. Численная величина давления измеряется по разности показаний отсчетного микроскопа 16, настраиваемого последовательно на нижний и верхний уровни столбика ртути манометра. Показания микроскопа снимаются по шкале 17.

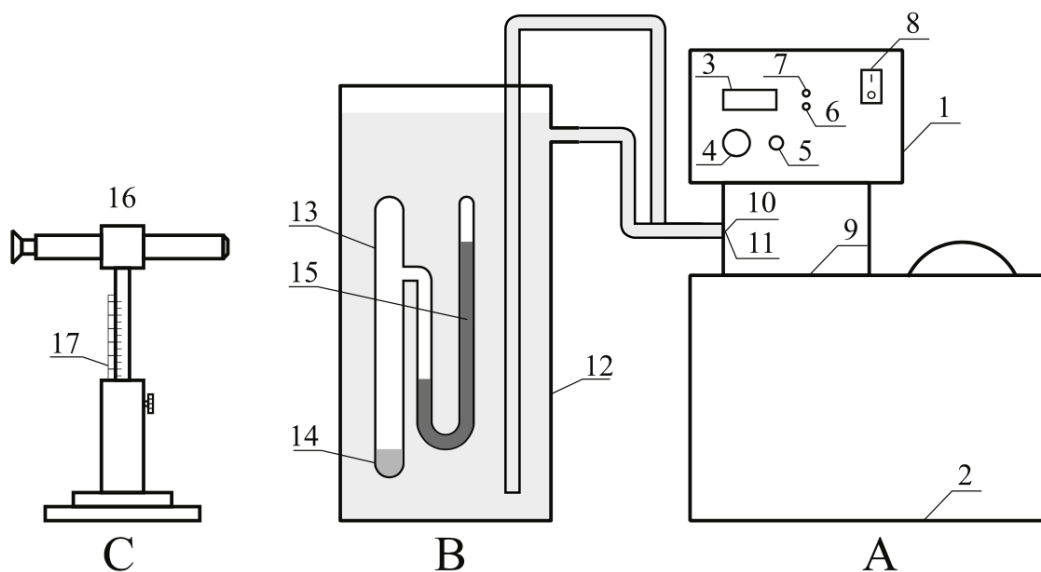


Рис. 1: Схема установки

Результаты и их обсуждение

Для определения теплоты парообразования были измерены значения давления насыщенного пара при различных значениях температуры при охлаждении и при нагревании жидкости. Результаты измерений представлены в приложении. По этим данным был построен график линеаризованной зависимости $\ln(P)$ от $(1/T)$, представленный на рис. 2.

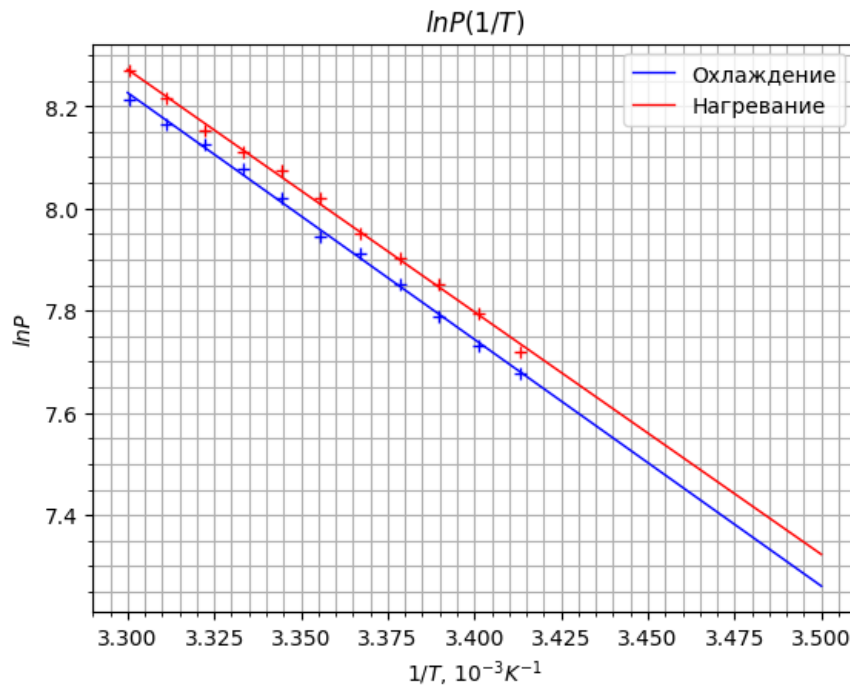


Рис. 2: Зависимость $\ln P$ от $1/T$

С помощью метода наименьших квадратов вычислим значение коэффициента $\frac{d(\ln P)}{d(1/T)}$. Таким образом, получаем

$$\left(\frac{d(\ln P)}{d(1/T)}\right)_{\text{нагр}} = (-4743 \pm 69) \text{ К},$$
$$\left(\frac{d(\ln P)}{d(1/T)}\right)_{\text{охл}} = (-4826 \pm 67) \text{ К}.$$

По формуле (1) вычисляем теплоту парообразования. Получаем:

$$L_{\text{нагр}} = (39,4 \pm 0,6) \frac{\text{кДж}}{\text{моль}},$$
$$L_{\text{охл}} = (40,1 \pm 0,6) \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

Значение теплоты испарения, полученное при нагревании, $L = (39,4 \pm 0,6) \text{ кДж/моль} \cdot \text{К}$. Значение, полученное при охлаждении, $L = (40,1 \pm 0,6) \text{ кДж/моль} \cdot \text{К}$.

Вывод

Значение, полученное при охлаждении, $L = (40,1 \pm 0,6) \text{ кДж/моль} \cdot \text{К}$, совпадает со значением, приведённым в [1]: $L = 40,7 \text{ кДж/моль} \cdot \text{К}$, относительная погрешность измерений составляет примерно $\varepsilon = 1,5 \%$.

Зависимость $\ln(P)$ от $(1/T)$ имеет линейный характер, что подтверждает экспоненциальный характер зависимости $P(T)$ и правильность уравнения Клапейрона-Клаузиуса. Различие теплоты испарения при нагревании и охлаждении может быть связано с капиллярными эффектами и разным теплообменом в этих процессах.

Список литературы

- [1] Лабораторный практикум по общей физике: учебное пособие. В 3 томах. Том 1. Термодинамика и молекулярная физика; Под ред. А. Д. Гладуна, 2012. — 292 с.
- [2] Д.В. Сивухин. Общий курс физики. В 5-ти томах. Том 2. Термодинамика и молекулярная физика Физматлит, 2006. — 544 с.

1 Приложение 1

Охлаждение		Нагрев	
T , К	P , Па	T , К	P , Па
293	2160,5	293	2253,5
294	2280,1	294	2426,3
295	2413	295	2572,5
296	2572,5	296	2705,4
297	2731,9	297	2838,2
298	2825	298	3037,6
299	3037,6	299	3210,3
300	3223,6	300	3329,9
301	3383,1	301	3476,1
302	3516	302	3702
303	3688,7	303	3901,3

Таблица 1: Полученные данные, T - температура пара, P - давление пара