

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
ФАКУЛЬТЕТ ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

Лабораторная работа № 2.4.1
Определение теплоты испарения жидкости

Выполнил студент группы Б02-202
Садыков Артур

Долгопрудный, 2022 г.

Аннотация

Исследована удельная теплота парообразования воды. Для этого использовался косвенный метод, основанный на получении зависимости давления и температуры на границе фазового перехода. В ходе работы получено значение $L = 2310$ Дж/г, что согласуется со значениями в [1].

Введение

Удельная теплота парообразования может быть вычислена напрямую с помощью калориметра, однако данный метод требует постоянства давления, что приводит к необходимости использовать открытый сосуд, а из-за неконтролируемых потерь тепла данный метод может привести к большой погрешности итогового результата. Используемый же косвенный метод не требует постоянства давления и поэтому является более предпочтительным для нашего исследования.

Нахождение удельной теплоты парообразования жидкости является важной задачей, так как удельная теплота парообразования влияет на теплоотводящие свойства жидкости, которые важны во многих сферах, например охлаждение оборудования.

Методика измерений

Нахождение удельной теплоты парообразования будет осуществляться по следующим формулам, представленным в источнике [1]:

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

Для произведения измерений используется установка, изображенная на рисунке 1. Наполненный водой резервуар 1 играет роль термостата. Нагревание термостата производится спиралью 2, подогреваемой электрическим током. Для охлаждения воды в термостате через змеевик 3 пропускается водопроводная вода. Вода в термостате перемешивается воздухом, поступающим через трубку 4. Температура воды измеряется термометром 5. В термостат погружен запаянный прибор 6 с исследуемой жидкостью. Над ней находится насыщенный пар (перед заполнением прибора воздух из него был откачан). Давление насыщенного пара определяется по ртутному манометру, соединенному с исследуемым объемом. Отсчет показаний манометра производится при помощи микроскопа.

Результаты и их обсуждение

Измерения проводились в двух режимах: при нагреве жидкости и при охлаждении. Результаты измерений приведены в приложении 1.

Была построена линеаризованную зависимость $\ln(P)\left(\frac{1}{T}\right)$. Вычисляя коэффициенты наклона прямых по МНК находим, что:

$$\left(\frac{d(\ln P)}{d\left(\frac{1}{T}\right)} \right)_{\text{нагр}} = -(5105 \pm 51) \text{ 1/K} \quad (2)$$

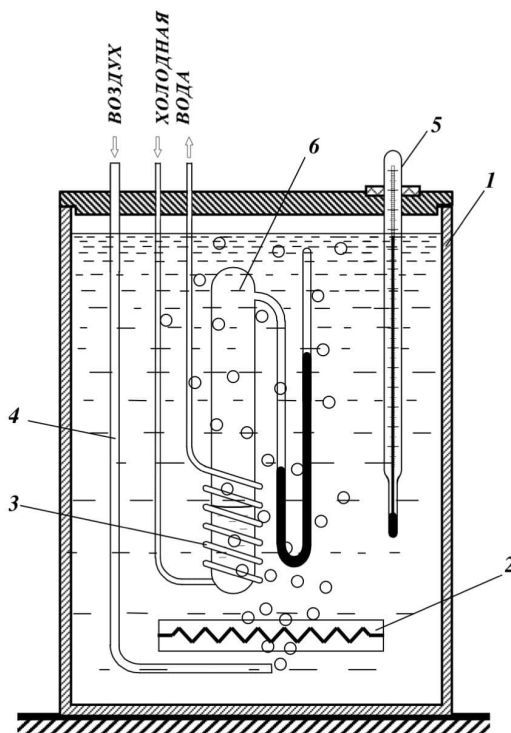


Рис. 1: Схема установки

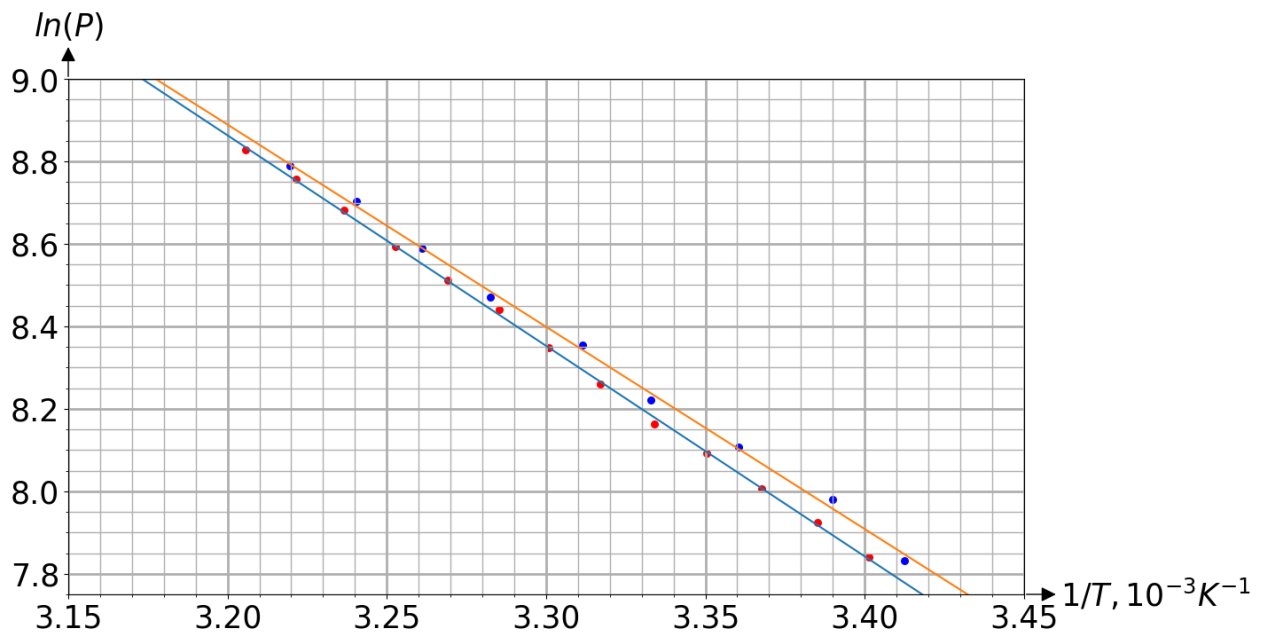


Рис. 2: График зависимости натурального давления паров воды от величины, обратной к температуре жидкости в этот момент. На графике красным отмечены точки, соответствующие измерениям при нагреве жидкости, синим – при остывании.

$$\left(\frac{d(\ln P)}{d\left(\frac{1}{T}\right)}\right)_{\text{охл}} = -(4904 \pm 49) \text{ 1/K} \quad (3)$$

Удельная теплота испарения равна:

$$L_{\text{нагр}} = -R * \left(\frac{d(\ln P)}{d\left(\frac{1}{T}\right)}\right)_{\text{нагр}} = (2357 \pm 24) \text{ Дж/г} \quad (4)$$

$$L_{\text{охл}} = -R * \left(\frac{d(\ln P)}{d\left(\frac{1}{T}\right)}\right)_{\text{охл}} = (2264 \pm 23) \text{ Дж/г} \quad (5)$$

Значение теплоты парообразования, полученное при охлаждении жидкости $L_{\text{охл}} = (2264 \pm 23) \text{ Дж/г}$, согласуется в рамках оцененной погрешности со значением, указанным в таблице, приведенной в источнике [1] $L = 2259 \text{ Дж/г}$. Значение, полученное при нагревании $L_{\text{нагр}} = (2357 \pm 24) \text{ Дж/г}$.

Выводы

В ходе работы было подтверждено, что зависимость давления воды P от температуры T в диапазоне температур от 293 К до 313 К является экспоненциальной, что согласуется с теоретическими предсказаниями.

Значения теплоемкости при нагревании и охлаждении могли быть различны различны из-за возникновения капиллярных эффектов в трубке манометра.

Соответствие результатов эксперимента с общеизвестными данными позволяет говорить о правильности теоретического предположения о сохранении потенциала Гиббса системы пар-жидкость в исследуемом диапазоне температур.

Список литературы

- [1] Д. Гладун А., А. Александров Д., Игошин Ф. Ф. и др. Лабораторный практикум по общей физике: Т. 1. Термодинамика и молекулярная физика. М.: МФТИ, 2012. 292 с.

Приложение 1

Нагревание воды		Охлаждение воды	
T , К	P , Па	T , К	P , Па
294	2539	310.59	6569
295	2766	308.6	6019
297	2997	306.66	5372
298	3266	304.64	4778
300	3510	301.99	4247
301	3869	300.05	3716
303	4223	297.57	3318
304	4628	294.99	2920
306	4969	293.03	2522
307	5398		
309	5889		
310	6353		
312	6830		