

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

Данная работа посвящена изучению теплоты парообразования воды. Для этого используется косвенный метод, основанный на формуле Клапейрона-Клаузиуса. В ходе работы было получено значение  $L = 2310$  Дж/г, что согласуется со значениями в [1].

# Введение

Молярной теплотой парообразования жидкости называется количество теплоты, необходимое для изотермического испарения одного моля жидкости при внешнем давлении, равном упругости ее насыщенных паров. 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.

## 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. Полученные точки нанесены на график 2.

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

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

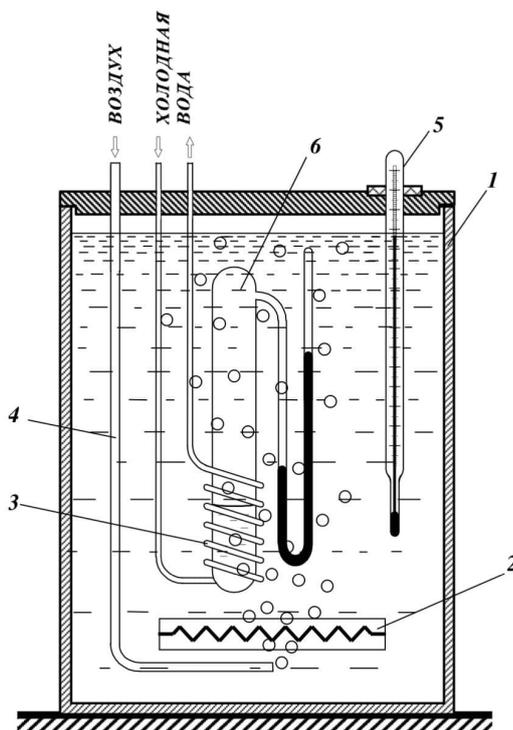


Рис. 1: Схема установки

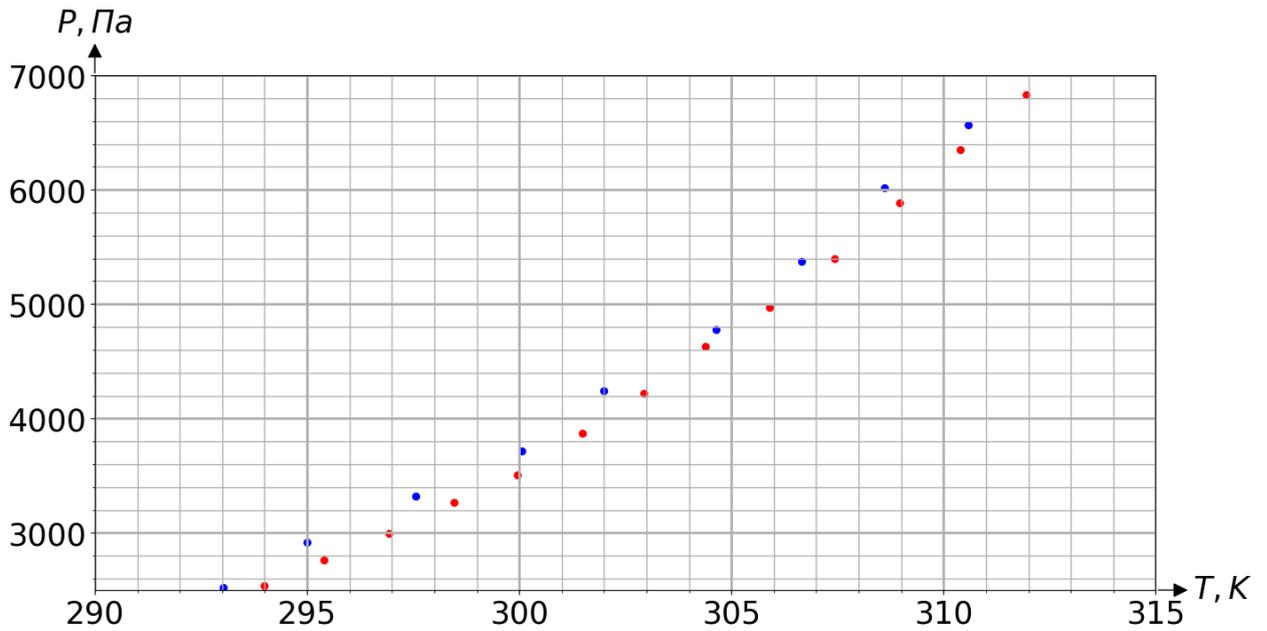


Рис. 2: График зависимости давления паров воды от температуры жидкости в этот момент. На графике красным отмечены точки, соответствующие измерениям при нагреве жидкости, синим – при остывании.

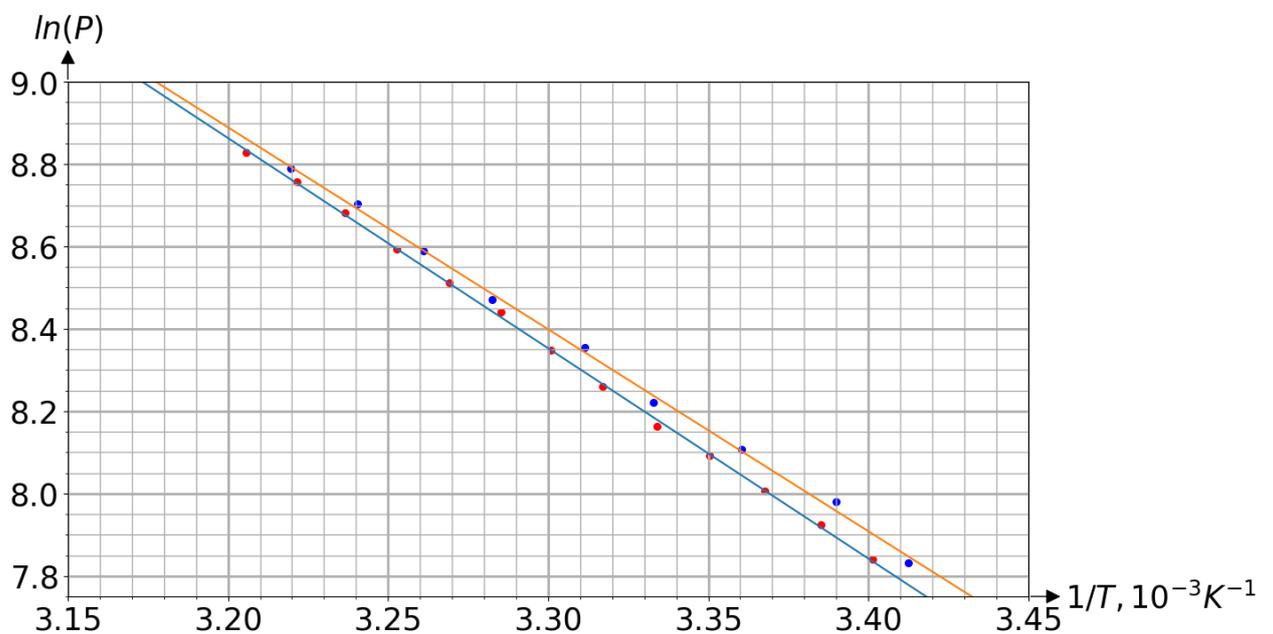


Рис. 3: График зависимости натурального логарифма давления паров воды от величины, обратной к температуре жидкости в этот момент. На графике красным отмечены точки, соответствующие измерениям при нагреве жидкости, синим – при остывании.

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

Удельная теплота испарения равна:

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

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

## Выводы

Из 2 видно, что зависимость  $P(T)$  действительно имеет экспоненциальный характер.

Значения теплоемкости при нагревании и охлаждении различны из-за возникновения капиллярных эффектов в трубке манометра и неравномерного теплообмена между термостатом и сосудом с исследуемой жидкостью.

Значение теплоты парообразования, полученное при охлаждении жидкости  $L_{\text{охл}} = (2264 \pm 23)$  Дж/г, согласуется в рамках оцененной погрешности со значением, указанным в таблице, приведенной в источнике [1]  $L = 2259$  Дж/г. Значение, полученное при нагревании  $L_{\text{нагр}} = (2357 \pm 24)$  Дж/г, также лежит близко к табличному, что позволяет говорить о небольшой неточности эксперимента, которую можно уменьшить, нагревая жидкость медленнее и позволяя выравниваться температуре на термостате и в исследуемом сосуде, и уменьшив капиллярный эффект, возникающий в трубке манометра.

## 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.