

Лабораторная работа 2.4.1
Определение теплоты испарения жидкости

Кагарманов Радмир Б01-106

18 мая 2022 г.

Цель работы: : 1) измерение давления насыщенного пара жидкости при разной температуре; 2) вычисление по полученным данным теплоты испарения с помощью уравнения Клапейрона–Клаузиуса.

В работе используется: термостат; герметический сосуд, заполненный исследуемой жидкостью; отсчётный микроскоп.

Теоретические сведения

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:

$$\frac{dP}{dT} = \frac{L}{T(V_2 - V_1)} \quad (1)$$

Здесь P - давление насыщенного пара жидкости при температуре T , T - абсолютная температура жидкости и пара, L - теплота испарения жидкости, V_2 - объём пара, V_1 - объём жидкости. Найдя из опыта $\frac{dP}{dT}$, V_2 , V_1 и T , можно определить L путём расчёта. Величины L , V_2 , V_1 в формуле (1) должны относиться к одному и тому же количеству вещества; мы будем относить их к одному молю.

При давлениях ниже атмосферного уравнение Ван-дер-Ваальса для насыщенного пара мало отличается от уравнения Клапейрона. Положим поэтому:

$$V = \frac{RT}{P} \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), пренебрегая V_1 и разрешая уравнение относительно L , найдём:

$$L = \frac{RT^2}{P} \frac{dP}{dT} = -R \frac{d(\ln P)}{d(1/T)} \quad (3)$$

Экспериментальная установка

Схема установки изображена на рис. 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 погружён 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, соединённому с исследуемым объёмом. Отсчёт показаний манометра производится при помощи микроскопа.

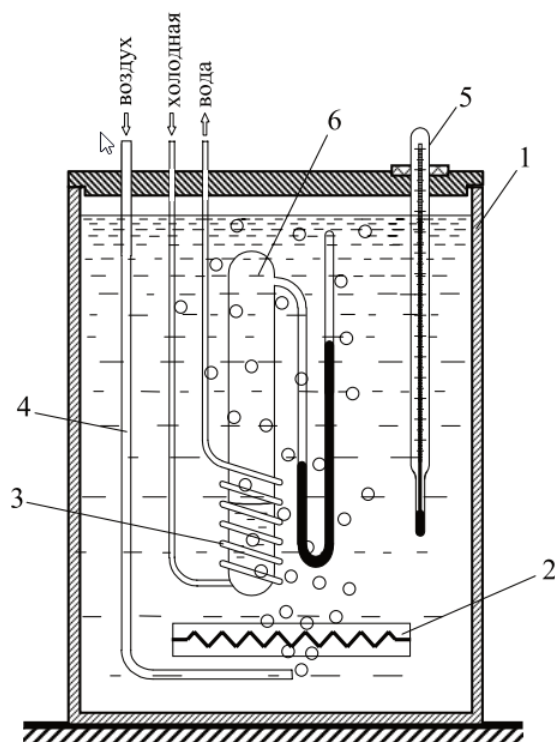


Рис. 1: Экспериментальная установка

Обработка результатов

1. Построим графики зависимости $\ln P$ от $1/T$. Они изображены на Рис. 2. В таблицах 1 и 2 приведены значения разницы высоты столбцов ртутного манометра и температуры.

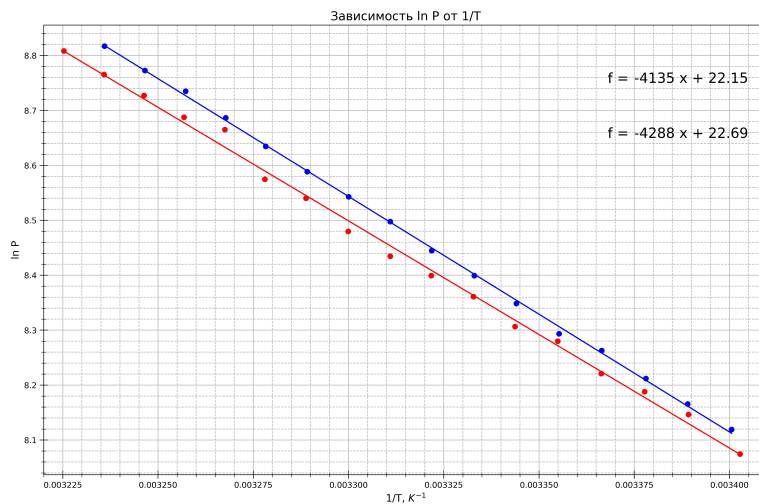


Рис. 2: Экспериментальная установка

С помощью метода наименьших квадратов найдём $\frac{d(\ln P)}{d(1/T)}$:

При нагревании: $k_n = -4135 \pm 138 \text{ K}$

При охлаждении: $k_o = -4288 \pm 132 \text{ K}$

2. По формуле (3) посчитаем L :

$$L_n = 34,4 \pm 1,1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$L_o = 35,6 \pm 1,1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

Для сравнения с табличным значением L перейдём к удельной теплоте:

$$L_n = 1,91 \pm 0,06 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$$

$$L_o = 1,98 \pm 0,06 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$$

$$L_{\text{табл}} = 2,26 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$$

Вывод: в данной работе мы вычислили теплоту парообразования воды с помощью увеличения и понижения температуры. Более точный результат получился при понижении $L_o = 1,98 \pm 0,06 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$. Табличное значение $L = 2,26 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$.

T, K	$\Delta h, \text{см}$
293,88	2,41
295,05	2,59
296,06	2,7
297,06	2,79
298,07	2,96
299,07	3,04
300,05	3,21
301,05	3,335
302,03	3,455
303,04	3,615
304,06	3,84
305,06	3,975
306,04	4,35
307,05	4,45
308,04	4,63
309,04	4,81
310,05	5,02

Таблица 1: Нагрев

T, K	$\Delta h, \text{см}$
309,03	5,065
308,02	4,845
307,01	4,665
306,02	4,445
305,04	4,22
304,03	4,03
303,03	3,85
302,03	3,68
301,04	3,49
300,03	3,335
299,04	3,17
298,04	3
297,05	2,91
296,03	2,765
295,07	2,64
294,07	2,52

Таблица 2: Охлаждение