

Лабораторная работа № 2.4.1
Определение теплоты испарения жидкости

1 Аннотация

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 используются: термостат; герметический сосуд, заполненный исследуемой жидкостью; отсчетный микроскоп.

2 Теоретические сведения

Уравнение Клапейрона–Клаузиуса

Если считать что насыщенные пары подчиняются закона Менделеева-Клапейрона, и пренебречь удельным объемом жидкости относительно удельного объема паров то из уравнения Клапейрона-Клаузиуса получаем формулу для удельной теплоты испарения:

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

Как видим, если измерить зависимость давления насыщенных паров от температуры по формуле (1) можно получить удельную теплоту испарения.

3 Используемое оборудование

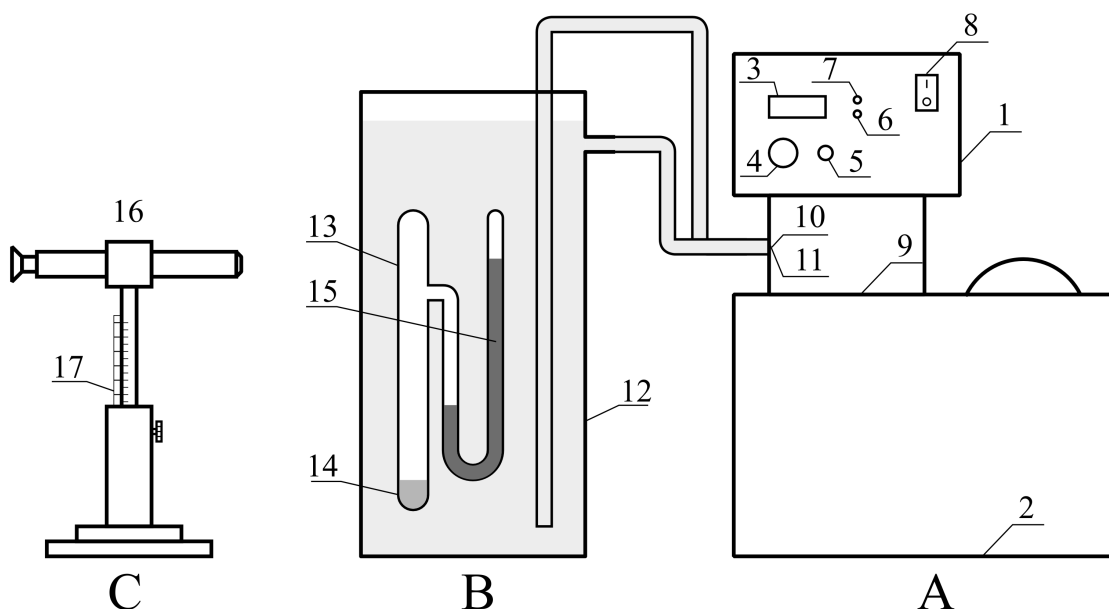


Рис. 1: Установка для определения давления насыщенных паров.

Измерения проводятся на установке, изображенной на рис. 1. С помощью термостата А выставляется желаемая температура, и с помощью микроскопа С измеряется положение менисков ртути в U-образном манометре 15. Давление насыщенных паров считается как разность высот менисков ртути.

Измерения проводятся в 2 этапа. В начале жидкость нагревается, а потом остужается. Это делается для того, чтобы посмотреть зависит ли давление насыщенных паров только от состояния жидкости или нет.

4 Методика измерений

1. Измерьте разность уровней в ртутном U-образном манометре с помощью микроскопа и температуру по термометру или индикаторному табло.
2. Включите термостат. Если вы работаете со схемой рис. 1, то подогревайте воду в калориметре, пропуская ток через нагреватель. Следите за тем, чтобы воздух всё время перемешивал воду.

При работе как со схемой рис. 1, так и со схемой рис. 2, через каждый градус измеряйте давление и температуру.

Продолжайте повышать температуру в течение половины имеющегося у вас времени, чтобы успеть произвести измерения при остывании прибора. Желательно нагреть жидкость до 40-50 °С.

3. Проведите те же измерения при охлаждении жидкости. Установите такой поток воды, чтобы охлаждение шло примерно тем же темпом, что и нагревание.
4. Постройте графики в координатах T , P и в координатах $1/T$, $\ln P$. На графики нанесите точки, полученные при нагревании и охлаждении жидкости (разными цветами).

По формуле (1) вычислите L , пользуясь данными, полученными сначала из одного, а потом из другого графика. Находятся ли результаты в согласии друг с другом? Оцените ошибку измерений. Какой из графиков позволяет найти L с лучшей точностью?

5 Результаты измерений и обработка данных

Измерения

Снимем зависимость давления паров спирта в зависимости от температуры, дожидаясь релаксации, сначала при повышении температуры, потом при понижении. Также сохраним табличные данные, указанные на установке.

$t, ^\circ C$	$P, \text{мм.рт.ст.}$
23.15	46.49
25.26	53.58
27.30	59.79
29.24	66.75
31.24	75.64
33.23	84.59
35.22	94.01
37.19	105.04
39.16	116.51

Таблица 1: Нагрев

$t, ^\circ C$	$P, \text{мм.рт.ст.}$
37.00	101.24
35.01	91.06
33.01	82.13
31.00	73.74
29.01	64.97
26.96	58.88

Таблица 2: Охлаждение

$t, ^\circ C$	$P, \text{мм.рт.ст.}$
0	12.20
5	17.30
10	23.60
15	32.20
20	43.90
25	59.00
30	78.80
35	103.70
40	135.30

Таблица 3: Табличные

Графики

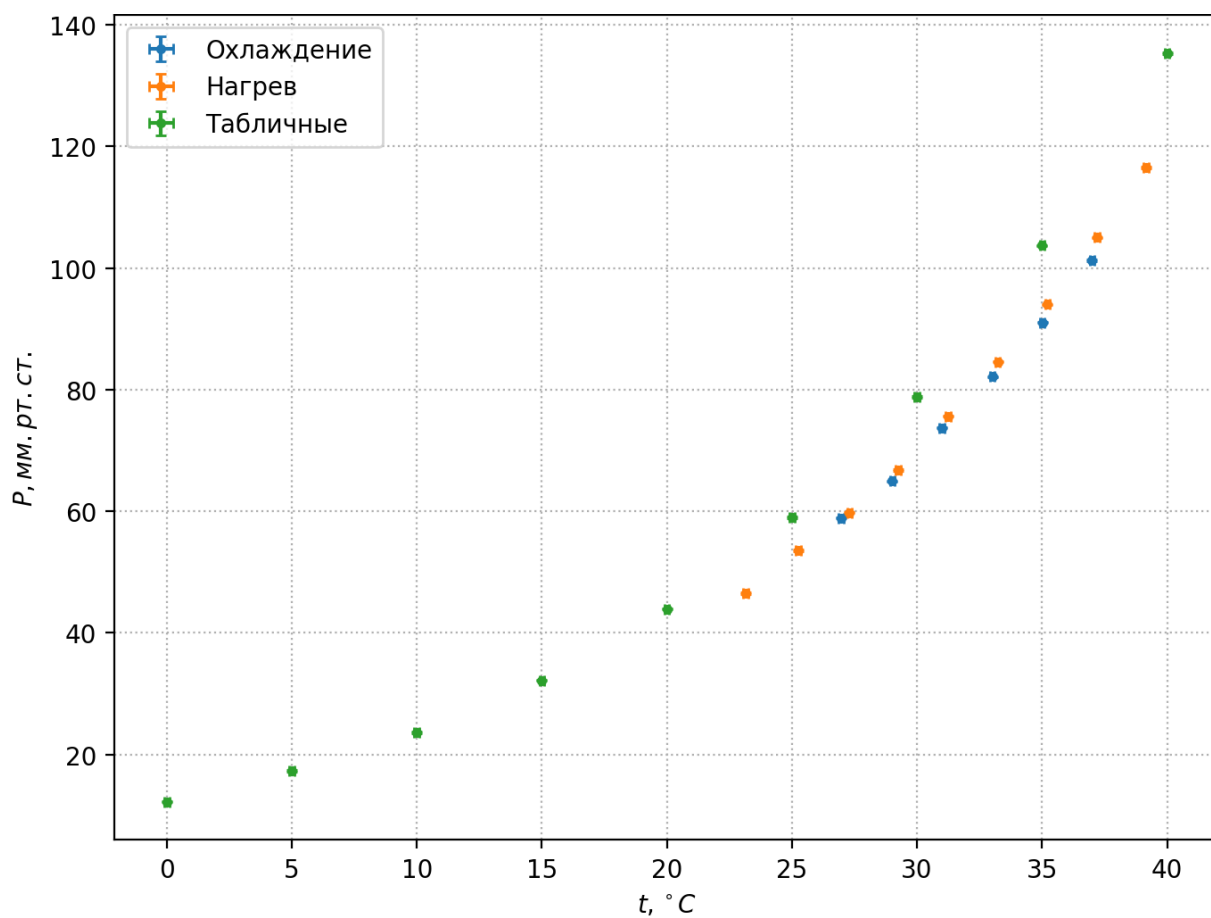


Рис. 2: Зависимость давления от температуры

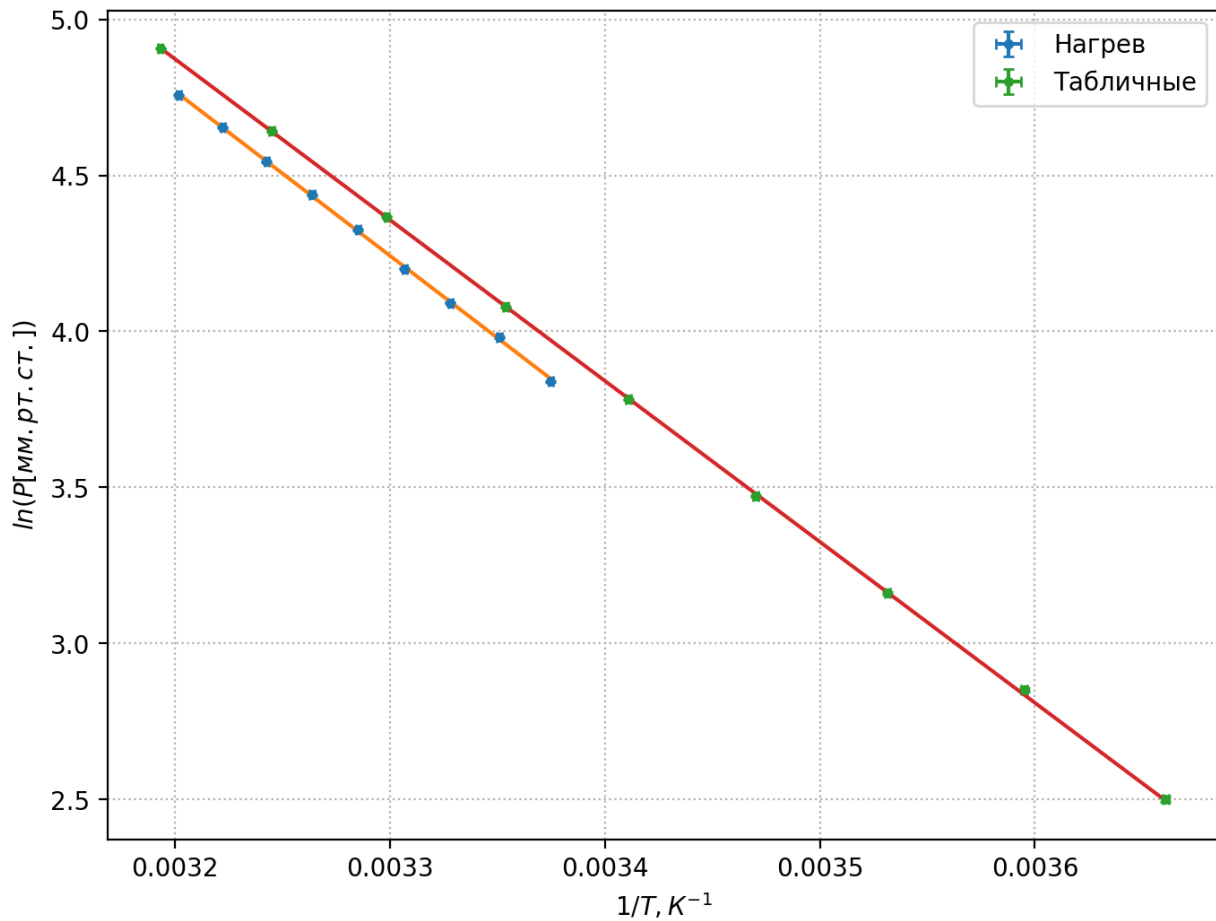


Рис. 3: Логарифмическая зависимость

Теплота испарения спирта

1 способ

В каждой точке графика (рис. 2) вычислим производную $\frac{dP}{dT}$, а по ней удельную теплоту испарения, используя формулу (1). Посчитаем среднее значение и среднеквадратическое отклонение:

$$L_{\text{нагр}}^1 = 950 \pm 29 \text{ Дж/г} \quad (2)$$

$$L_{\text{табл}}^1 = 935 \pm 13 \text{ Дж/г} \quad (3)$$

2 способ

По графику (рис. 3) определим коэффициент наклона, а по нему удельную теплоту испарения, используя формулу (1):

$$L_{\text{нагр}}^2 = 951 \pm 6 \text{ Дж/г} \quad (4)$$

$$L_{\text{табл}}^2 = 930.4 \pm 2.6 \text{ Дж/г} \quad (5)$$

6 Обсуждение результатов

Проведенный эксперимент показал высокую точность результатов благодаря применению микроскопа для измерения высоты столбиков ртути и использованию ртути с высокой плотностью для измерения давления.

Второй способ вычисления удельной теплоты испарения по графику дал значительно меньшую погрешность по сравнению с первым, что делает его предпочтительным для более сложных работ. Отклонение от табличного значения может быть вызвано многократным использованием спирта в установке, нестабильностью температуры на термостате и возможными неточностями в методике измерений.

Улучшения включают автоматизацию процесса с помощью компьютера для исключения человеческого фактора. Также следует учесть, что предложенная для проверки теоретическая зависимость может быть недостаточно точной.