

# **Работа 2.4.1**

## **Определение теплоты испарения жидкости**

Трунов Владимир Владимирович  
Б01-103

6 апреля 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.

## Теоретическая справка

### Уравнение Клапейрона-Клаузиуса

Запишем уравнение для свободной энергии Гиббса и дифференциал из 1 и 2 начал термодинамики

$$G = U + PV - TS$$

$$dG = -SdT + VdP$$

Отсюда следует, что если в термодинамической системе не изменяется давление и температура, то потенциал Гиббса так же остается неизменным.

Пусть система состоит из фаз 1 и 2, массы которых равны  $m_1$  и  $m_2$  соответственно. Удельные термодинамические потенциалы обозначим  $\gamma_1(P, T)$  и  $\gamma_2(P, T)$ . Тогда

$$G = \gamma_1(P, T)m_1 + \gamma_2(P, T)m_2$$

При фазовом переходе давление и температура не меняются, поэтому не меняется и  $G$ , и  $\gamma_1(P, T)$ , и  $\gamma_2(P, T)$  из условия равновесия. Меняются лишь массы. При этом общая масса всей системы не меняется. Из всего вышеперечисленного следует, что

$$dm_1 + dm_2 = 0$$

$$dG = 0 = \gamma_1 dm_1 + \gamma_2 dm_2$$

$$\gamma_1(P, T) = \gamma_2(P, T)$$

Отсюда получается, что условие равновесия фаз эквивалентно условию равновесия их удельных потенциалов Гиббса. Отсюда получаем

$$d\gamma_1(P, T) = -s_1 dT + v_1 dP = d\gamma_2(P, T) = -s_2 dT + v_2 dP$$

$$d\gamma_1 = d\gamma_2 \Rightarrow$$

$$\frac{dP}{dT} = \frac{s_2 - s_1}{v_2 - v_1}$$

при  $T = \text{const}$  имеем, что

$$s_2 - s_1 = \frac{q}{T}$$

$$\frac{dP}{dT} = \frac{q}{T(v_2 - v_1)}$$

Поскольку в данной работе температура далека от критической, то газ можно считать идеальным и можно пренебречь  $v_1$  по сравнению с  $v_2$ , то есть

$$v_2 = \frac{RT}{P}$$

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

## Экспериментальная установка

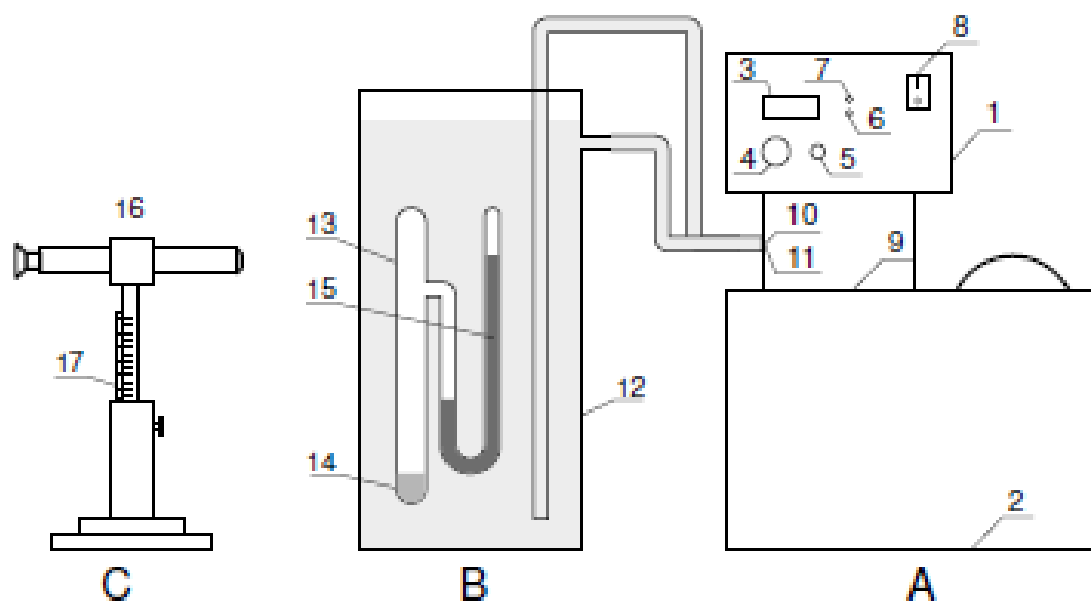


Рис. 1: Схема установки

Здесь блок А - нагревательный элемент, блок В - исследуемый сосуд и С - измерительный микроскоп.

## Ход работы

1. Измеряем высоту столба ртути в манометрах при повышении температуры, затем находим разность и по ним считаем разность давлений.

2. Проводим те же измерения при понижении температуры. Все данные записываем в таблицу.

$T, K$	$\sigma_T, K$	$h_1, mm$	$h_2, mm$	$\Delta h, mm$	$\sigma_h, mm$	$p, Pa$	$\sigma_p, Pa$
295,0	0,1	71	91,00	20	1	2668	133
296,4	0,1	70,8	91,60	20,8	1	2775	133
297,0	0,1	70,2	92,15	21,95	1	2928	133
298,0	0,1	69,95	93,10	23,15	1	3088	133
299,0	0,1	68,90	93,50	24,60	1	3282	133
300,0	0,1	68,30	94,25	26,15	1	3488	133
301,0	0,1	67,55	95,05	27,50	1	3668	133
302,0	0,1	67,05	96,00	28,95	1	3862	133
303,0	0,1	66,95	96,70	29,75	1	3969	133
304,0	0,1	65,05	97,80	32,75	1	4369	133
305,0	0,1	64,20	98,75	34,55	1	4609	133
306,0	0,1	63,40	99,55	36,15	1	4822	133
307,0	0,1	62,55	100,40	37,85	1	5049	133
308,0	0,1	61,45	101,80	40,35	1	5383	133
309,0	0,1	60,15	102,70	42,55	1	5676	133
310,0	0,1	59,00	104,10	45,10	1	6017	133
311,0	0,1	58,70	105,40	46,70	1	6230	133
312,0	0,1	56,20	107,00	50,80	1	6777	133
313,0	0,1	54,90	108,50	53,60	1	7151	133

Таблица 1:  $P$  от  $T$  при нагреве

3. Строим график в координатах  $1/T$  и  $\ln P$ .

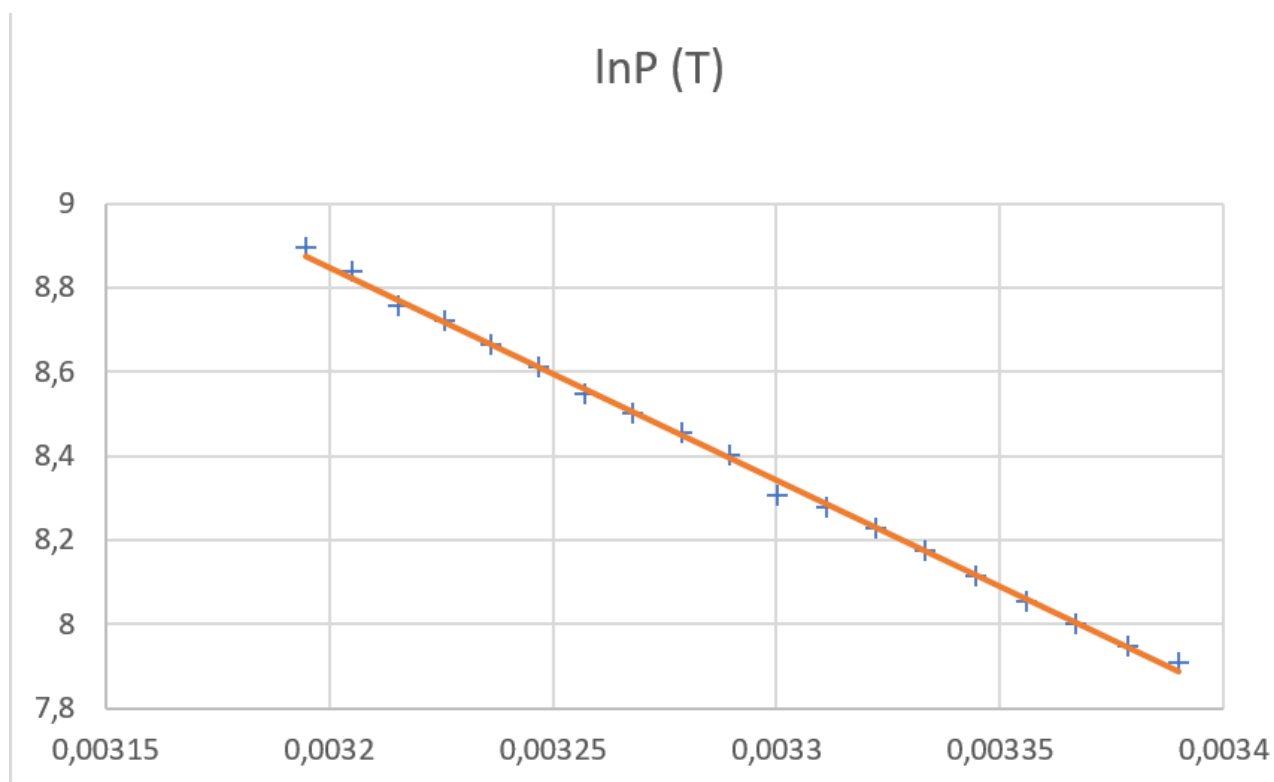


Рис. 2: График зависимости  $\ln P$  от  $1/T$

4. Вычисляем  $L$  по первому графику.

$\frac{d(\ln P)}{d(1/T)}, K$	$\sigma_{d(\ln P)/d(1/T)}, K$	$L, \text{Дж/моль}$	$\sigma_L, \text{Дж/моль}$
-5075	51	42169	2100

Таблица 2: Результаты полученные из первого графика

5. Строим график в координатах  $T$  и  $P$ .

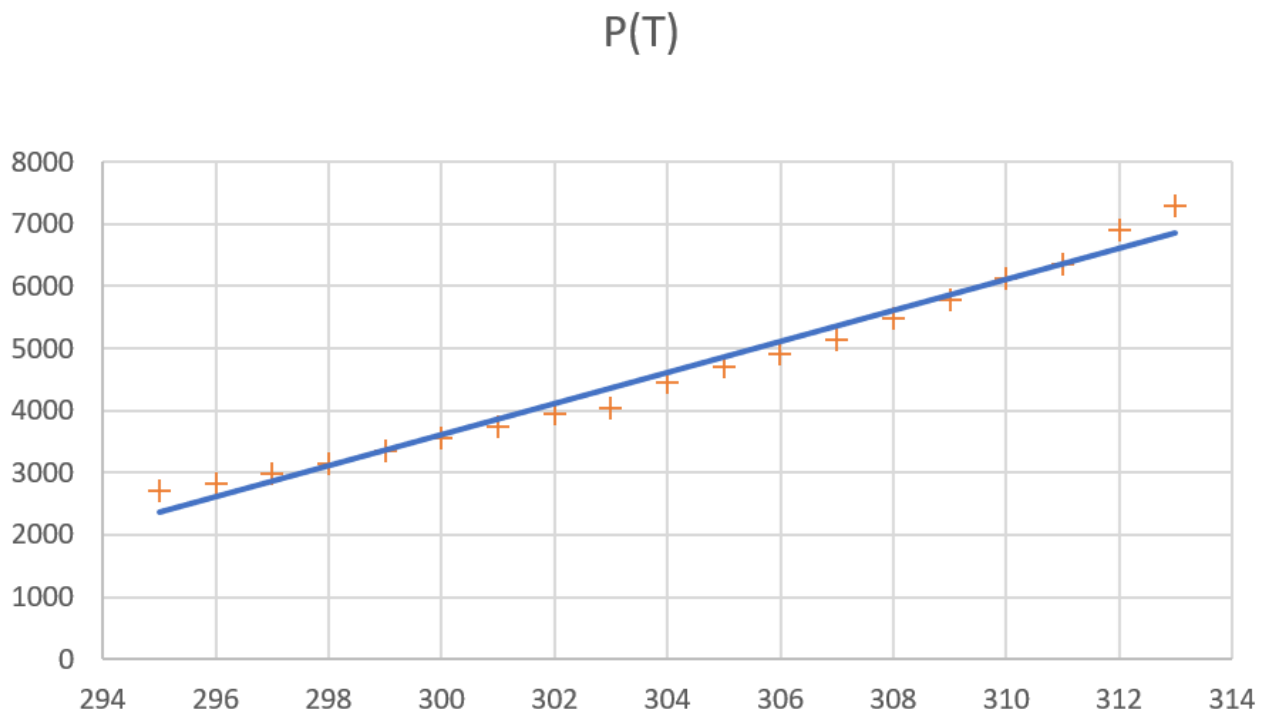


Рис. 3: График зависимости  $P$  от  $T$

6. Вычислим  $L$  по второму графику, например вблизи точки  $T = 302K$ . Для этого построим касательную в данной точке, найдем  $v_2$  по формуле  $v_2 = \frac{RT}{P}$  и далее из формулы

$$\frac{dP}{dT} = \frac{L}{T(v_2 - v_1)}$$

Принебрегая  $v_1$  по сравнению с  $v_2$  мы получим

$$L \approx \frac{dP}{dT} \cdot T \cdot v_2$$

$\frac{dP}{dT}, \text{Па/К}$	$\sigma_{dP/dT}, /$	$L, \text{Дж/моль}$	$\sigma_L, \text{Дж/моль}$
248	20	41595	3300

Таблица 3: Результаты для второго графика

## Вывод

Сравнивая полученные результаты можно сделать вывод, что нахождение по первому графику более точное, нежели по второму. Исходя из таблицы мы видим, что наши результаты табличными в пределах погрешности, то есть с  $L = 43660 \text{ Дж/моль}$  при  $T = 305K$