

Физтех-школа аэрокосмических технологий

29 марта 2024 года

Лабораторная работа 2.4.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОТЫ ИСПАРЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Зайцев Александр

Б03-305

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

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

**Теория.**

В работе для определения теплоты испарения применен косвенный метод, основанный на формуле Клапейрона–Клаузиуса:

(1)

Здесь 𝑃 – давление насыщенного пара жидкости при температуре 𝑇, 𝑇 – абсолютная температура жидкости и пара, 𝐿 – теплота испарения жидкости, – объем пара, – объем жидкости. Найдя из опыта 𝑑𝑃/𝑑𝑇, 𝑇, и , можно определить 𝐿 путем расчета. В нашем приборе измерения производятся при давлениях ниже атмосферного. В этом случае задача существенно упрощается.

При нашей точности опытов величиной в (1) можно пренебречь.

Обратимся теперь к , которое в дальнейшем будем обозначать просто 𝑉 . Объем 𝑉 связан с давлением и температурой уравнением Ван-дер-Ваальса:

(2)

Из табличных данных следует, что 𝑏 одного порядка с . В уравнении Ван-дер-Ваальса величиной 𝑏 следует пренебречь. Пренебрежение членом 𝑎/ по сравнению с 𝑃 вносит ошибку менее 3%. При давлении ниже атмосферного ошибки становятся еще меньше.

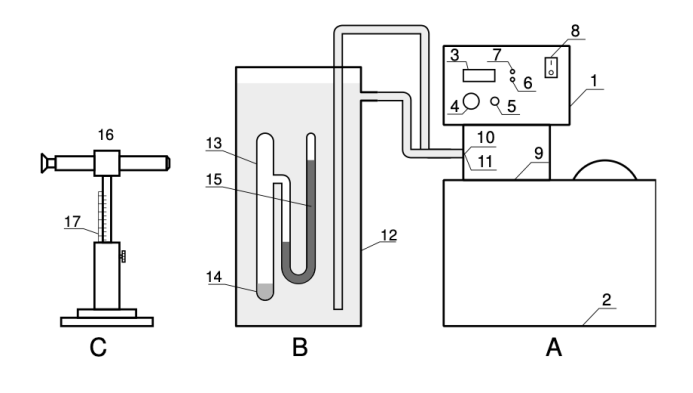
Таким образом, при давлениях ниже атмосферного уравнение Ван-дер-Ваальса для насыщенного пара мало отличается от уравнения Клапейрона. Положим поэтому

(3)

Подставляя (3) в (1), пренебрегая и разрешая уравнение относительно 𝐿, найдем

(4)

**Экспериментальная установка.**



*Рис.1 Экспериментальная установка*

Установка включает термостат A, экспериментальный прибор B и отсчетный микроскоп C. Экспериментальный прибор B представляет собой емкость 12, заполненную водой. В нее погружен запаянный прибор 13 с исследуемой жидкостью 14. Перед заполнением исследуемой жидкости воздух из запаянного прибора был удален, так что над жидкостью находится только её насыщенный пар. Давление пара определяется по ртутному манометру 15, соединенному с емкостью 13. Численная величина давления измеряется по разности показаний отсчетного микроскопа 16, настраиваемого последовательно на нижний и верхний уровни столбика ртути манометра. Показания микроскопа снимаются по шкале 17. Описание прибора указывает на второе важное преимущество предложенного косвенного метода измерения 𝐿 перед прямым. При непосредственном измерении теплоты испарения опыты нужно проводить при неизменном давлении, и прибор не может быть запаян. При этом невозможно обеспечить такую чистоту и неизменность экспериментальных условий, как при нашей постановке опыта.

**Ход работы.**

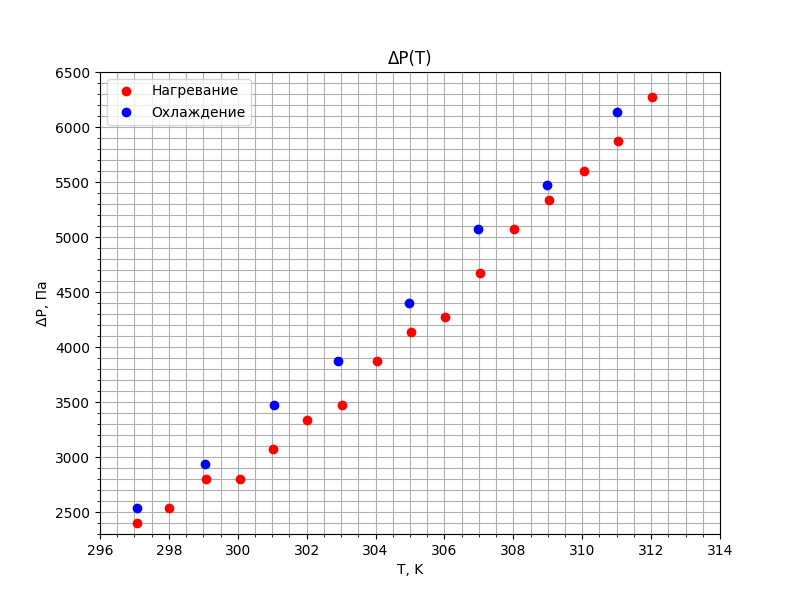
*Таблица 1. Результаты измерений нагревания.*

| № | T, K | Δh, см | ΔP, Па |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 297,060,01 | 1,8000,005 | 2401,490,01 |
| 2 | 298,010,01 | 1,9000,005 | 2534,90,01 |
| 3 | 299,080,01 | 2,1000,005 | 2801,740,01 |
| 4 | 300,050,01 | 2,1000,005 | 2801,740,01 |
| 5 | 301,030,01 | 2,3000,005 | 3068,570,01 |
| 6 | 302,010,01 | 2,5000,005 | 3335,400,01 |
| 7 | 303,020,01 | 2,6000,005 | 3468,820,01 |
| 8 | 304,040,01 | 2,9000,005 | 3869,060,01 |
| 9 | 305,040,01 | 3,1000,005 | 4135,900,01 |
| 10 | 306,010,01 | 3,2000,005 | 4269,310,01 |
| 11 | 307,030,01 | 3,5000,005 | 4669,560,01 |
| 12 | 308,010,01 | 3,8000,005 | 5069,810,01 |
| 13 | 309,030,01 | 4,0000,005 | 5336,640,01 |
| 14 | 310,040,01 | 4,2000,005 | 5603,470,01 |
| 15 | 311,030,01 | 4,4000,005 | 5870,300,01 |
| 16 | 312,040,01 | 4,7000,005 | 6270,550,01 |
| 17 | 313,040,01 | 4,9000,005 | 6537,380,01 |

*Таблица 2. Результаты измерений охлаждения.*

| № | T, K | Δh, см | ΔP, Па |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 311,010,01 | 4,6000,005 | 6137,140,01 |
| 2 | 308,970,01 | 4,1000,005 | 5470,060,01 |
| 3 | 306,980,01 | 3,8000,005 | 5069,810,01 |
| 4 | 304,960,01 | 3,3000,005 | 4402,730,01 |
| 5 | 302,920,01 | 2,9000,005 | 3869,060,01 |
| 6 | 301,060,01 | 2,6000,005 | 3468,820,01 |
| 7 | 299,050,01 | 2,2000,005 | 2935,150,01 |
| 8 | 297,060,01 | 1,9000,005 | 2534,900,01 |

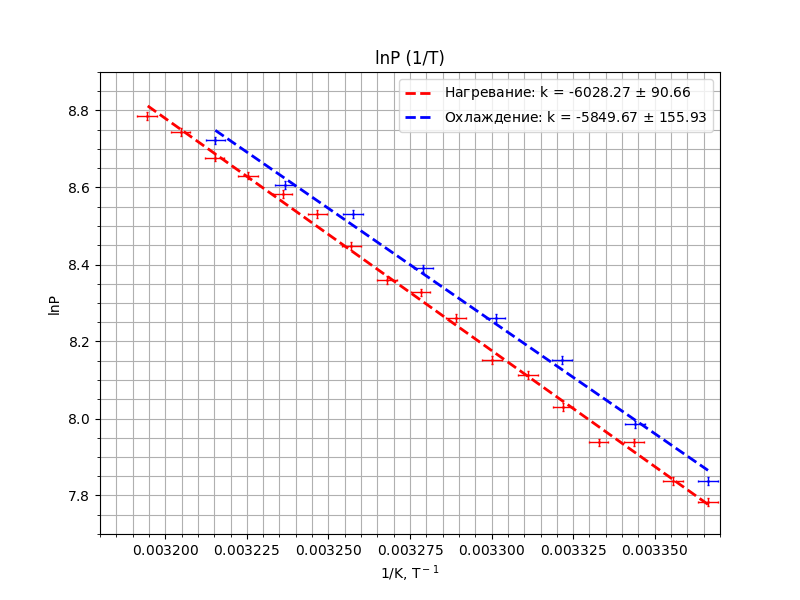
График зависимости давления от температуры изображен на рисунке 2.



*Рис. 2 График зависимости*

Данные точки не аппроксимируются прямой, поэтому прямых или каких-либо других кривых на графике нет.

График зависимости lnP от изображен на рисунке 3.



*Рис. 3 График зависимости*

График аппроксимируется прямой , при помощи метода наименьших квадратов определяются угловые коэффициенты обеих прямых .

Погрешность каждого из угловых коэффициентов определяется по формуле:

В результате получились следующие угловые коэффициенты:

* при нагревании

= -6028,2790,66 К = 1%

* при охлаждении

= -5849,67155.92 K = 2%

Погрешность молярной теплоты испарения жидкости определяется формулой:

Молярная теплота испарения жидкости определяется формулой (4):

Табличное значение молярной теплоты испарения воды

**Вывод.**

Значение, полученное в ходе эксперимента, расходится с табличным примерно на 15%. На расхождение по большей степени влияет человеческий фактор, так как измерение разницы давления проводятся, настраивая отсчетный микроскоп вручную, ровно также, как и не совсем точные измерения этой разницы штангенциркулем (человеческая ошибка). Тем не менее, эксперимент по определению молярной теплоты парообразования воды позволил получить результаты, которые, несмотря на некоторые расхождения с табличными данными, в целом соответствуют ожиданиям. Полученные результаты могут быть использованы для оценки молярной теплоты парообразования воды с учетом предполагаемых ограничений и описанных предположений.