

## Темы для изучения

Идеальные и реальные газы, уравнение состояния идеального газа, газовая волюметрия, определение молярной массы методом плотности пара (метод Виктора Мейера).

## Принцип

Молярная масса жидкости определяется путем выпаривания жидкости при постоянной температуре и давлении и измерением объема полученного пара при помощи газового шприца.

## Цель

Определите молярную массу диэтилового эфира и метанола.

## Оборудование

Н-образная опора -PASS-	02009.55	1
Штатив, нержавеющая сталь, l=250 мм	02031.00	2
Прямоугольный зажим	37697.00	2
Универсальный зажим	37715.00	2
Система газового кожуха	02615.00	1
Газовый шприц, 100 мл	02614.00	1
Лабораторный термометр, -10...+150°C	38058.00	2
Электронный метеомонитор, 6-сегментное пятно ЖКД	87997.01	1
Резиновые насадки, 20 шт.	02615.03	1
Шприц, 1 мл	02593.03	1
Канюля 0,6x60 мм	02593.04	1

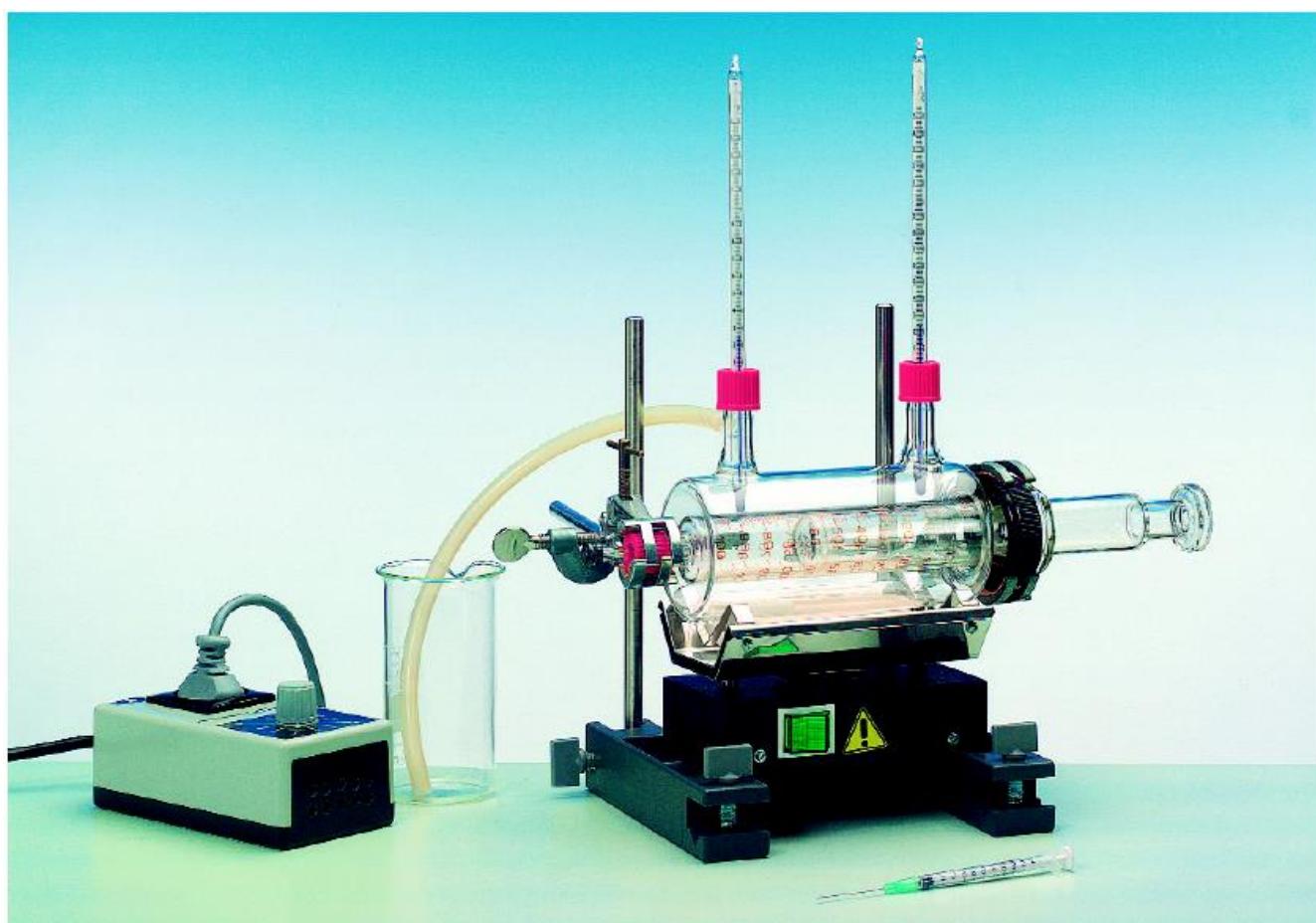
Весы прецизионные, 620 г	48852.93	1
Стеклянные шарики, 200 г	36937.20	1
Газовые трубы, внутр. диам. 6 мм	39282.00	1
Воронка стеклянная, внутр. диам. 80 мм	34459.00	1
Мензурка, 250 мл, высокая	36004.00	1
Нагреватель	32246.93	1
Регулятор мощности	32247.93	1
Метанол, 500 мл	30142.50	1
Диэтиловый эфир, 250 мл	30007.25	1
Дистиллированная вода, 5 л	31246.81	1
Бумажные полотенца		

## Установка и ход работы

Соберите установку как показано на Рис. 1.

Вставьте шприц в систему газового кожуха (дополнительная информация указана в инструкции к эксплуатации к системе газового кожуха). Наберите шприцом 5 мл воздуха. Закройте конец шприца резиновой насадкой, чтобы газ в шприце не вышел наружу. Шприц должен располагаться в кожухе так, чтобы насадка упиралась непосредственно в соединительный рукав кожуха (для предотвращения остыивания поверхности капилляра). Закрепите систему кожуха на крепежных стержнях, заполните ее дистиллированной водой (на 1 см выше шприца) и добавьте несколько стеклянных шариков. Прикрепите часть силиконовой трубы к рукаву, по которому вода, расширяемая при нагревании, попадет в мензурку. Вставьте термометры в верхние стеклянные рукава.

Рис. 1: Экспериментальная установка.



Включите нагреватель и выставьте регулятор мощности в такое положение, при котором вода начинает умеренно закипать. После установления постоянной температуры воды проведите следующие измерения: наберите в шприц некоторое количество жидкости (примерно 0,12 мл метанола или 0,3 мл диэтилового эфира). Проследите за тем, чтобы не было пузырьков. Вытряните канюлю бумажным полотенцем и определите общую массу шприца с канюлей и веществом с точностью до 1 мг. Запишите точный объем в газовом шприце. Затем быстро впрысните вещество сквозь резиновую насадку. Убедитесь, что вещество оказалось в цилиндре шприца и не осталось в капилляре. Оставьте шприц в резиновой насадке и проследите за тем, чтобы установился постоянный объем пара. Убедитесь, что давления в шприце и атмосфере равны между собой, слегка повернув шприц и определив объем выпаренной жидкости. Повторно взвесьте пустой шприц и вычислите массу вещества.

Таким образом, проведите три измерения для каждой из двух жидкостей. После каждого измерения снимайте резиновую насадку и продувайте шприц воздухом, несколько раз прокачав его плунжером.

### Теория и расчет

Метод определения молярной массы чистой жидкости, полностью выпариваемой без разложения, описанный выше, основан на представлении газа как идеального. Уравнение состояния идеального газа имеет вид

$$p \cdot V_{\text{мол}} = R \cdot T \quad (1)$$

или

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T,$$

где

$p$  – давление,

$V$  – объем,

$V_{\text{мол}}$  – молярный объем,

$R$  – универсальная газовая постоянная ( $R = 8,31433 \text{ Дж/(К моль)}$ )

$T$  – абсолютная температура,

$n$  – количество вещества.

При

$$n = \frac{m}{M}, \quad (2)$$

где  $m$  – масса,

$M$  – молярная масса,

выражение (1) принимает вид

$$M = \frac{m \cdot R \cdot T}{p \cdot V}. \quad (3)$$

Выражение (3) имеет смысл только при условии, что пар является идеальным газом, что возможно при температуре выше 20 К его точки кипения.

Для расчета состояния реального газа используется уравнение Ван-дер-Ваальса:

$$\left( p + \frac{a}{V_{\text{мол}}^2} \right) \cdot (V_{\text{мол}} - b) = R \cdot T. \quad (4)$$

Упростив выражение (4), получаем

$$p \cdot V_{\text{мол}} = R \cdot T + \left( b - \frac{a}{RT} \right) \cdot p, \quad (5)$$

где  $a, b$  – постоянные Ван-дер-Ваальса.

При  $V_{\text{мол}} = V/n$  и  $n = m/M$  получаем следующее выражение:

$$M = \frac{m \cdot R \cdot T}{p \cdot V} + \frac{m \cdot \left( b - \frac{a}{RT} \right)}{V}, \quad (6)$$

при помощи которого рассчитывается молярная масса реального газа.

### Данные и результаты

В данном эксперименте для двух веществ были получены следующие значения:

Метанол:  $M_{\text{идеальн}} = 32,5 \text{ г/моль};$

$M_{\text{реальн}} = 32,2 \text{ г/моль}.$

Диэтиловый эфир  $M_{\text{идеальн}} = 74,6 \text{ г/моль};$

$M_{\text{реальн}} = 73,5 \text{ г/моль}.$

### Табличные значения:

Метанол:  $a = 9,46 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot \text{м}^6 \cdot \text{моль}^{-2};$

$b = 0,0658 \text{ м}^3 \cdot \text{моль}^{-1};$

$M = 32,04 \text{ г/моль}.$

Диэтиловый эфир:  $a = 17,4 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot \text{м}^6 \cdot \text{моль}^{-2};$

$b = 0,133 \text{ м}^3 \cdot \text{моль}^{-1};$

$M = 74,12 \text{ г/моль}.$