



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



**Кафедра биологии растений и химии**

# **ХИМИЯ**

**Лабораторный практикум**

**Лабораторная работа**

**Определение молярной массы эквивалента металла методом  
вытеснения водорода из кислоты**



## Лабораторная работа Определение молярной массы эквивалента металла методом вытеснения водорода из кислоты

**Цель работы:** установить молярную массу эквивалента металла методом вытеснения водорода из кислоты и атомную массу неизвестного металла и определить его по периодической системе.

Этот метод применяется для определения молярных масс эквивалентов тех металлов, которые способны вытеснять водород из разбавленных кислот и щелочей.

**Оборудование и материалы:** прибор для определения молярной массы эквивалента металла, термометр, барометр, мерный цилиндр на 25 мл, навеска металла, соляная кислота (10%-ный раствор).

**Ход работы.** Реакция металла с кислотой проводится на специальной установке (рис. 1).

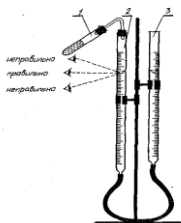


Рис. 1. Прибор для определения молярной массы эквивалента металла

Прибор для определения молярной массы эквивалента металла методом вытеснения водорода из кислоты состоит из пробирки 1 и двух бюреток 2 и 3, заполненных наполовину водой и соединенных внизу резиновой трубкой.

Перед началом работы необходимо испытать прибор на герметичность. Для этого, плотно закрыв пробирку 1 и бюретку 2, необходимо опустить бюретку 3 так, чтобы уровень жидкости в ней был ниже, чем в бюретке 2, и закрепить бюретку 3. Если в течение 1–2 мин уровень воды в бюретках будет неподвижен, то прибор герметичен, можно приступать к работе.

В пробирку 1 налить 5–6 мл 10%-ного раствора соляной кислоты и внести в нее навеску металла, завернутую в бумагу. Навеска металла не должна касаться кислоты. Установить бюретку так, чтобы положения нижнего мениска воды в бюретках были на одном уровне (глаз должен находиться на одной прямой с мениском). Записать положения мениска в бюретке 2. Затем наклонить пробирку 1, чтобы металл упал на дно. Наблюдать выделение водорода и вытеснение воды из бюретки 2 в бюретку 3. По окончании реакции следует подождать 5–8 мин, пока газ примет комнатную температуру. После этого привести воду в бюретках к одному уровню, т. е. создать в бюретке 2 давление, равное атмосферному. По положению нижнего мениска воды в бюретке 2 определить и записать объем выделившегося водорода, который равен разности двух отсчетов до и после реакции металла с кислотой. Записать условие опыта: температуру и барометрическое давление.



### Запись экспериментальных данных и расчет:

масса металла  $m_{\text{мет}}$  (г);

объем выделившегося водорода  $V$  (мл);

температура опыта  $t$  (°C);

абсолютная температура опыта  $T = 273^\circ + t$  (°K);

атмосферное давление  $p$  (мм рт. ст.);

давление насыщенного водяного пара  $h$  при температуре опыта (мм рт. ст.) (табл.

1);

парциальное давление водорода  $p_1 = p - h$  (мм рт. ст.).

### **Расчет молярной массы эквивалента металла.**

*Первый способ.* Применив уравнение состояния идеального газа Клайперона – Менделеева  $p_1 V = m_{\text{H}_2} / M_{(\text{H}_2)} RT$ , вычислить массу водорода  $\text{H}_2$  в измеренном объеме:

$$m_{\text{H}_2} = p_1 \cdot V \cdot M_{(\text{H}_2)} / R \cdot T,$$

где  $R$  – универсальная газовая постоянная, равная 0,082 атм/моль·К; 8,31 Дж/моль·К или 62360 мм рт. ст./град·моль;

$M_{(\text{H}_2)}$  – молярная масса водорода.

На основании закона эквивалентов вычислить эквивалентную массу металла:  $m_{\text{H}_2} / m_{\text{мет}} = M_{\text{эkv}(\text{H}_2)} / M_{\text{эkv}(\text{мет})}$ .

*Второй способ.* Привести по уравнению объединенного закона (Клайперона)  $p \cdot V / T = p_0 \cdot V_0 / T_0$  объем выделившегося водорода к нормальным условиям; где  $p_0$  – нормальное атмосферное давление (760 мм рт. ст.);  $T_0$  – нормальная абсолютная температура (273 К). По закону эквивалентов  $V_{\text{H}_2} / m_{\text{мет}} = V_{\text{эkv}(\text{H}_2)} / M_{\text{эkv}(\text{мет})}$  вычислить молярную массу эквивалента металла:  $V_{\text{эkv}(\text{H}_2)} = 11\ 200$  мл.

Зарисовать схему прибора. Рассчитать абсолютную и относительную ошибки опыта:

абс. ошибка =  $M_{\text{эkv}(\text{мет}) \text{ теор}} - M_{\text{эkv}(\text{мет}) \text{ экспер}}$ ;

отн. ошибка =  $(M_{\text{эkv}(\text{мет}) \text{ теор}} - M_{\text{эkv}(\text{мет}) \text{ экспер}}) \cdot 100 \% / M_{\text{эkv}(\text{мет}) \text{ теор}}$ .

Таблица 2. Давление насыщенного водяного пара в равновесии с водой (h)

Температура, °C	Давление пара, мм рт. ст.	Температура, °C	Давление пара, мм рт. ст.
0	4,58	22	19,83
5	6,54	23	21,09
10	9,21	24	22,38
15	12,79	25	23,76
16	13,63	30	31,82
17	14,53	40	55,32
18	15,48	50	92,51
19	16,48	60	149,38
20	17,54	70	233,70
21	18,65		



## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Н. С. Ахметов. – М.: Высш. шк., 2006. – 743. .
2. Барковский, Е. В. Аналитическая химия: Учеб. пособие/ Е. В. Барковский. – Мн.: Высш. шк., 2004. – 351 с.
3. Барковский, Е. В. Введение в химию биогенных элементов и химический анализ: Учеб. пос./ Е. В. Барковский, С. В. Ткачев и др. – М.: Высш. шк., 1997. –126 с.
4. Болдырев, А. И. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1983.
5. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие/ З. Е. Гольбрайх.– М.:ООО «Издательство Астрель»,2004.–383с
6. Грандберг, И.И. Органическая химия: Учеб. для студ. вузов обучающихся на агрономических специальностях/ И. И. Грандберг. – М.: Дрофа, 2004. –672 с.
7. Князев Д. А. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Д. А. Князев, С. Н. Смартыгин. – М.: Высш. шк., 1990. – 430 с.
8. Руководство к изучению курса “Общая и неорганическая химия”: Пособие для студентов нехимических специальностей / И. Е. Шиманович [и др.]; под ред. И.Е. Шимановича. – 3-е изд. – Минск: РИВШ, 2008. – 112 с.
9. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие/А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева, Т. В. Булак.–Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
10. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Я. А. Угай. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
11. Химия: учебно-методический комплекс: Учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная, И.В. Ковалева и др. – Горки: БГСХА, 2011. – 452 с. ISBN 978-985-467-359-2
12. Хмельницкий, Р. А. Физическая и коллоидная химия: Учебник для вузов/ Р. А. Хмельницкий. – М.: Высш. шк., 1988.
13. Цитович, Н. К. Курс аналитической химии: Учебник для вузов/ Н. К. Цитович. – М.: Высш. шк., 1987. – 403 с.
14. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.
15. Щербина, А.Э. Органическая химия. Задачи и упражнения: Учеб. пособие / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич, И.В. Сенько. – Минск : Новое знание, 2007. – 304 с.

### Дополнительная

1. Белясова, Н.А. Биохимия и молекулярная биология: Учеб. пособие/ Н.А. Белясова. – Минск: Книжный дом, 2004. – 416 с.
2. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: Учеб. пособие / В.В. Свиридов, Г.А.Попкович и др. – Мн : Выш. шк., 2003. – 96 с.
3. Дорохова, Е. Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Учебник для почвенно-агрохимических специальностей / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. – М.: Высш. шк., 1991. – 354 с.
4. Жарский, И. М. Теоретические основы химии: сборник задач: Учеб. пособие. – Минск.: Аверсев, 2004. – 397 с.
5. Практикум по общей и биорганической химии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В. А. Попкова. – 3-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 240 с.
6. Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: Учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
7. Степин, Б. Д. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Б. Д. Степин, А.А. Цветков. – М.: Высш. шк., 1994. – 608 с.

### Справочники:

1. Краткий химический справочник. – М.: Химия, 1977.



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



2. Кольман, Я. Наглядная биохимия: Пер. с нем/ Я.Кольман, К.Г. Рем. – М.: Мир, 2000. – 469 с.
3. Лидин, Р.А. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р.А. Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2008, – 480 с.

Составители

**Поддубная** Ольга Владимировна

**Ковалева** Ирина Владимировна