

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ МАССЫ ЦИНКА МЕТОДОМ ВЫТЕСНЕНИЯ ВОДОРОДА

1 академический час

Сейткалиева Нургуль Жарылкагановна

(ФИО преподавателя)

Цель работы

Изучить на практике закон эквивалентов, определив эквивалентную массу цинка методом вытеснения водорода из кислоты цинком.

Содержание работы

- а) Проверка прибора на герметичность.
- б) Проведение опыта.
- в) Измерение объема выделившегося водорода, приведение его к нормальным условиям.
- г) Расчет эквивалентной массы и расчет относительной ошибки опыта.

Теоретическая часть.

Эквивалентом вещества называется такое его количество, которое соединяется без остатка с 1 молем атомов водорода или замещает то же количество атомов водорода в химических реакциях. Например, в соединениях HCl, H₂S и NH₃ эквивалент элементов хлора, серы и азота соответственно равен 1 моль, 1/2 моля и 1/3 моля. Масса одного эквивалента называется его **эквивалентной массой** или **молярной массой эквивалента**. Выражается в г/моль. Из разобранных примеров видно, что эквивалентная масса элемента находится из соотношения:

$$M_{\text{э}} = \frac{A}{B}$$

Эквивалентом сложного вещества называется такое его количество, которое взаимодействует без остатка с одним эквивалентом водорода или вообще с одним эквивалентом любого другого вещества.

1. **Эквивалентная масса оксида** складывается из значений эквивалентных масс составляющих оксид элементов. **Например:**

а) ZnO , эквивалентные массы металла и кислорода, соответственно равны половине молярных масс атомов:

$$m_{э(Zn)} = \frac{65}{2} = 32,5 \text{ г / моль}, \quad m_{э(O)} = \frac{16}{2} = 8 \text{ г / моль}$$

$$m_{э(ZnO)} = 32,5 + 8 = 40,5 \text{ г / моль}$$

2. **Эквивалентная масса кислоты** равна её молярной массе, деленной на основность кислоты (число атомов водорода в молекуле кислоты).

Примеры: а) HNO_3 . Молярная масса 63 г/моль. Кислота одноосновная, следовательно, эквивалентная масса равна $63 : 1 = 63$ г/моль.

б) H_3PO_4 . Молярная масса 98. Основность равна 3.

$$m_э = 98 : 3 = 32,6 \text{ г / моль}$$

3. **Эквивалентная масса основания** равна его молярной массе, деленной на валентность металла; образующего основание.

Пример: $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Молярная масса его 58 г/моль. Эквивалентная масса равна $58 : 2 = 29$ г/моль.

4. **Эквивалентная масса соли** равна отношению её молярной массы к произведению валентности металла на число его атомов в молекуле.

Примеры: а) NaCO_3 . Молярная масса соли 106 г/моль. Валентность металла I, число его атомов 2. Эквивалентная масса NaCO_3 : $106 : (I \times 2) = 53$ г/моль.

б) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ Молярная масса 342 г/моль.

$$m_{\text{э(соли)}} = 342 : (3 \times 2) = 57 \text{ г / моль} .$$

Вычисление эквивалентного числа для кислот, оснований и солей в *реакциях обмена*.

Для *кислоты* эквивалентное число определяется количеством ионов водорода, замещающихся ионами металла, то есть основностью кислоты:



Для основания эквивалентное число определяется количеством ионов гидроксида, замещающихся анионами кислоты, то есть кислотностью основания:



Определение эквивалента с помощью закона эквивалентов.

Закон эквивалентов (эквивалентных масс), предложенный в 1803-1814 гг. Дальтоном и Рихтером: «Элементы и вещества соединяется друг с другом, а также замещают друг друга а химических реакциях в строго определенных весовых количествах, прямо пропорциональных их эквивалентам»

Математическая запись закона такова:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{m_{э1}}{m_{э2}}$$

где m_1 и m_2 – массы взаимодействующих элементов или веществ, г; $m_{э1}$ и $m_{э2}$ – соответственно эквивалентные массы этих веществ, г/моль.

Пример 2. Определить эквивалентную и молярную массы 3-х валентного металла, зная, что 0,52 г его при окислении образуют 0,98 г оксида.

Решение. В соответствии с законом эквивалентов:

$$\frac{m_{(Me)}}{m_{(O)}} = \frac{m_{э(Me)}}{m_{э(O)}}$$

Массу кислорода определим по разности масс оксида и металла

$$m_O = 0,98 - 0,52 = 0,46 \text{ г.}$$

Эквивалентная масса кислорода известна, она равна 8 г/моль.

Тогда

$$m_{э(Me)} = \frac{m_{Me} \cdot m_{э(O)}}{m_O} = \frac{0,52 \cdot 8}{0,46} = 9,0 \text{ г/моль}$$

Т.к. валентность металла равна 3, то его молярная масса

$$A = m_{э(Me)} \cdot \nu = 9,0 \cdot 3 = 27 \text{ г/моль.}$$

Пример 3. Вычислите эквивалентную массу металла, если в его хлориде массовая доля хлора 79,78 %, эквивалентная масса хлора 53,45 г/моль.

Решение: Массовая доля ω металла в хлориде равна $\omega = 100 - 79,78 = 20,22$ %.

Согласно закону эквивалентов отношение массы металла и массы хлора в соединении (20,22 : 79,78) должны быть равны отношению их эквивалентных масс:

$$\frac{20,22}{79,78} = \frac{m_{\text{э(Мe)}}}{35,45},$$

$$\text{отсюда } m_{\text{э(Мe)}} = \frac{20,22 \cdot 35,45}{79,78} = 8,98 \text{ г/моль.}$$

Экспериментальная часть

Необходимые реактивы и приборы

- а) прибор для проведения опыта: эвдиометр;
- б) гранула цинка (взвешенная);
- в) раствор соляной кислоты;
- г) вода;
- д) барометр;
- е) термометр.

Описание эвдиометра:

1. бюретка на 50 мл;
2. двухколенная пробирка (пробирка Оствальда);
3. открытая трубка, служащая в качестве уравнительного сосуда;
4. штатив;
5. для соединений употребляются резиновые трубки и пробки.

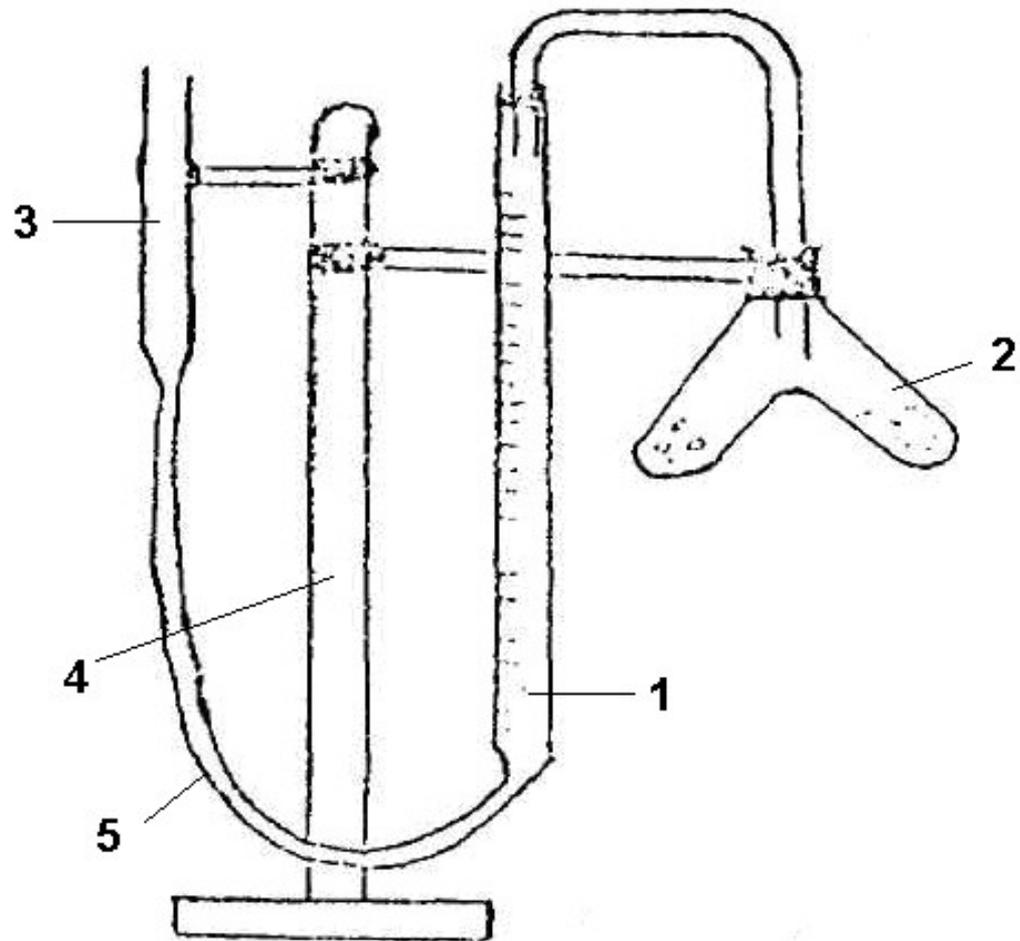


Рисунок 1 -
Эвдиометр

2.6. Ход работы

- 1) В уравнительную трубку 3 через воронку налейте воду, которая заполнит бюретку 1 до нулевого деления и вытеснит из прибора воздух.
- 2) Бюретку укрепите на штативе 4 так, чтобы уровни воды в бюретке и открытой трубке совпадали с нулевым делением.
- 3) Металлическую пластинку поместите в одно из колен пробирки Оствальда 2, в другое колено пробирки налейте из цилиндра раствор HCl (1:1) 5-7 мл и соедините пробирку Оствальда с бюреткой через соединительную трубку 5.
Проверьте прибор на герметичность: плотно вставьте пробки, снимите уравнительный сосуд с держателя и опустите на 15-20 см. Если прибор герметичен, уровень воды в бюретке несколько снизится и останется без изменения. При возвращении сосуда на прежнее место вода в нем и в бюретке должна быть на том же нулевом уровне.
- 4) После того как установите, что прибор герметичен, поверните пробирку таким образом, чтобы кислота перелилась, в то колено пробирки, где находится цинк.
- 5) Водород, выделяющийся в реакции, будет вытеснять воду из бюретки. Уравнительный сосуд при этом надо опускать, держа воду в нем и бюретке на одном уровне, чтобы давление газа внутри прибора было близким к атмосферному.
- 6) Когда весь металл растворится, сделайте точный отсчет показаний на бюретке, что даст объём выделившегося водорода.

Запись экспериментальных данных

- 1) Масса металлической гранулы (m), г.
- 2) Объем выделившегося водорода (V), мл.
- 3) Температура опыта ($t^{\circ}C$), $^{\circ}C$.
- 4) Абсолютная температура (T), ($273+t^{\circ}$).
- 5) Атмосферное давление (P), кПа ($P_0=101325 \text{ Па} = 760 \text{ мм рт. ст.}$).
- 6) Давление водяного пара при температуре опыта (W).
- 7) Давление водорода внутри прибора ($P - W$), кПа.
- 8) Объём водорода, приведенного к н.у. (V_0), мл.

Методика проведения расчета

1) Приведите объём выделившегося водорода к нормальным условиям по уравнению объединенного газового закона, введя поправку на давление водяного пара W :

$$\frac{P \cdot V}{T} = \frac{P_0 \cdot V_0}{T_0}, \quad V_0(H_2) = \frac{(P - W)VT_0}{P_0T}$$

где:

V_0 - мольный объем газа.....22,4 л

P_0 - нормальное давление.....101,325 кПа

T_0 - абсолютная температура.....273 К

2) По закону эквивалентов $\frac{m_{Zn}}{m_{H_2}} = \frac{\mathcal{E}_{Zn}}{\mathcal{E}_{H_2}}$

3) Заменяя массу и эквивалент водорода ($m_{H_2} - \mathcal{E}_{H_2}$) на пропорциональные им объемные обозначения, найдите эквивалент цинка:

$$M_{\mathcal{E}_{Zn}} = \frac{m_{Zn} \cdot 11200 \text{ мл}}{V_{0H_2} \text{ мл}}$$

4) Вычислите относительную ошибку опыта в %

$$\text{отн.ошибка} \% = \frac{(M_{\mathcal{E}_{\text{теорет.}}} - M_{\mathcal{E}_{\text{опыт.}}})}{M_{\mathcal{E}_{\text{теоретич.}}}} \cdot 100\%$$

Давление водяного пара в кПа при разных значениях температуры

№ п/п	Температура К°	Давление мм. рт. ст.	Давление кПа
1	273 ⁰ + 15	12,79	1,7053
2	273 ⁰ + 16	13,63	1,8173
3	273 ⁰ + 17	14,53	1,9373
4	273 ⁰ + 18	15,48	2,0640
5	273 ⁰ + 19	16,48	2,1973
6	273 ⁰ + 20	17,54	2,3385
7	273 ⁰ + 21	18,65	2,4866
8	273 ⁰ + 22	19,83	2,6440
9	273 ⁰ + 23	21,07	2,8093
10	273 ⁰ + 24	22,38	2,9840
11	273 ⁰ + 25	23,76	3,1680

Контрольные вопросы:

1. Медь в соединениях одно- и двухвалентна. Определите эквивалент и эквивалентную молярную массу одно- и двухвалентной меди, используя атомную массу и валентность меди.

2. Металл массой 1 г взаимодействует с серой массой 1,78 г. Вычислите эквивалентную молярную массу металла, зная, что у серы она равна 16 г/моль.

Литература:

Практикум по неорганической химии / Под ред. Зломанова В.П. – М.: МГУ, 1994. – 320 с.

Практикум по неорганической химии / Под ред. Буркитбаева М.М., Бекишева К.Б. – Алматы: КазНУ, 2002. – 287 с.