

ОТЧЕТ

о проведении занятия по теме «**Стехиометрические расчеты в химии**»
(электронный вариант)

Дата: 24 марта 2013 г.

Науч. рук. доц. Чекмарева Л.И.

Составители: Часть I А – ст. преподаватель Незаментимова Л.Е.;

Части I Б, I В, II, III – доц. Чекмарева Л.И.

Компьютерное обеспечение: Незаментимова Л.Е., Хорулёва М.

Цель занятия: ознакомление с методами решения задач по установлению состава и содержания веществ на основе использования основных стехиометрических законов химии и различий в химических и физических свойствах веществ.

Использованные формы обучения: обсуждение способов решения типовых задач, тренинг по каждому из типов предлагаемых задач, комплексные задания в завершение темы.

Ожидаемые результаты:

- 1) Повышение уровня теоретической подготовки в области знания и применения стехиометрических законов химии;
- 2) Знакомство с практическими приемами и подходами при решении задач на стехиометрические расчеты;
- 3) Получение и закрепление навыков решения задач на стехиометрические законы;
- 4) Знакомство с практической значимостью свойств веществ для оценки количественного состава химических объектов.

Лабораторная работа №3.

«Определение молярной массы металла»

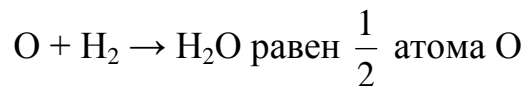
Опираясь на закон постоянства состава Пруста, (каждое химическое соединение имеет вполне определенный и постоянный состав, независимо от способа его получения), Дальтон ввел в науку представление о соединительных весах элементов, впоследствии названных «эквивалентами» (закон паёв). Под «паем – эквивалентом» Дальтон понимал такое весовое количество элемента, которое соответствует в реакциях (присоединяет или вытесняет) одной весовой части водорода (1,0079).

Важным следствием введенного Дальтоном понятия явился современный закон эквивалентов: «Все элементы соединяются между собой в определенных весовых соотношениях, соответствующих их эквивалентам», т.е. 1 эквивалент одного элемента всегда соединяется с 1 эквивалентом второго элемента. Претерпело изменение и дальтоновское понятие эквивалента-пая.

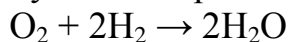
Современный эквивалент определяется как частица (молекула, ион, атом) или её часть, соответствующая в реакциях 1 атому водорода (или $\frac{1}{2}$ атома кислорода, или 1 переданному электрону).

$$1 \text{ эквивалент} = \frac{1}{z} \text{ частице}$$

Например, эквивалент атома кислорода в процессе образования воды

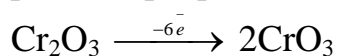


Эквивалент молекулы кислорода в том же процессе образования воды



равен $\frac{1}{4}$ молекулы O_2 , т.к. она соединяется с 4 атомами водорода.

Эквивалент хрома в превращении оксида хрома (III) в оксид хрома (VI)



равен $\frac{1}{6}$ молекулы Cr_2O_3 или равен $\frac{1}{3}$ атома Cr^{+3}

Молярные массы эквивалентов соответственно будут вычисляться, как

$M_3(\text{B}) = M(\text{B})/z$, где z – число переданных частицей в реакции атомов водорода или электронов. Это число также называют числом эквивалентности и обозначают z .

Тренинг 1.

Определите число эквивалентности z частицы в превращении, молярную массу эквивалента этой частицы или входящего в её состав элемента.

1.1. $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3$; $z(\text{SO}_2)$ - ?; $M_3(\text{S})$ - ?

1.2. $\text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4$; $z(\text{Na}_3\text{PO}_4)$ - ?; $M_3(\text{PO}_4^{3-})$ - ?

1.3. $\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{MnO}_2$; $z(\text{MnO}_4^-)$ - ?; $M_3(\text{KMnO}_4)$ - ?

1.4. $\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{HMnO}_4$; $z(\text{KMnO}_4^-)$ - ?; $M_3(\text{KMnO}_4)$ - ?

1.5. $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuOHCl}$; $z(\text{Cu}(\text{OH})_2)$ - ?; $M_3(\text{Cu}^{+2})$ - ?

Используя реакции вещества с участием водорода (или кислорода), можно экспериментальным путем определить молярную массу эквивалента этого вещества и, зная фактор эквивалентности z , определить его атомную или молярную массу

$$M(\text{B}) = M_3(\text{B}) \cdot z$$

Часть I. Определение молярной массы эквивалента металла газометрическим методом.

Экспериментальная часть

В данной работе молярную массу эквивалентов металла находят методом вытеснения водорода из кислоты с последующим измерением его объема. Водород, собираясь над водой, смешивается с ее парами, поэтому, чтобы установить давление собственно водорода, необходимо ввести поправку на парциальное давление водяных паров.

Парциальным называется давление, которое производит компонент газовой смеси, занимая объем, равный объему смеси. Давление, производимое водо-

родом $P(\text{H}_2)$, вычисляют как разность общего давления смеси газов P (в данном случае оно равно атмосферному) и парциального давления паров воды:

$$P(\text{H}_2) = P - P(\text{H}_2\text{O}).$$

Давление водяных паров считается величиной, постоянной для данной температуры

Таблица 1

Давление водяных паров P (мм рт. ст.) при различных температурах.

$t^\circ \text{C}$	$P(\text{H}_2\text{O})$	$t^\circ \text{C}$	$P(\text{H}_2\text{O})$
20	17,52	23	21,03
21	18,63	24	22,33
23	21,03	25	23,71

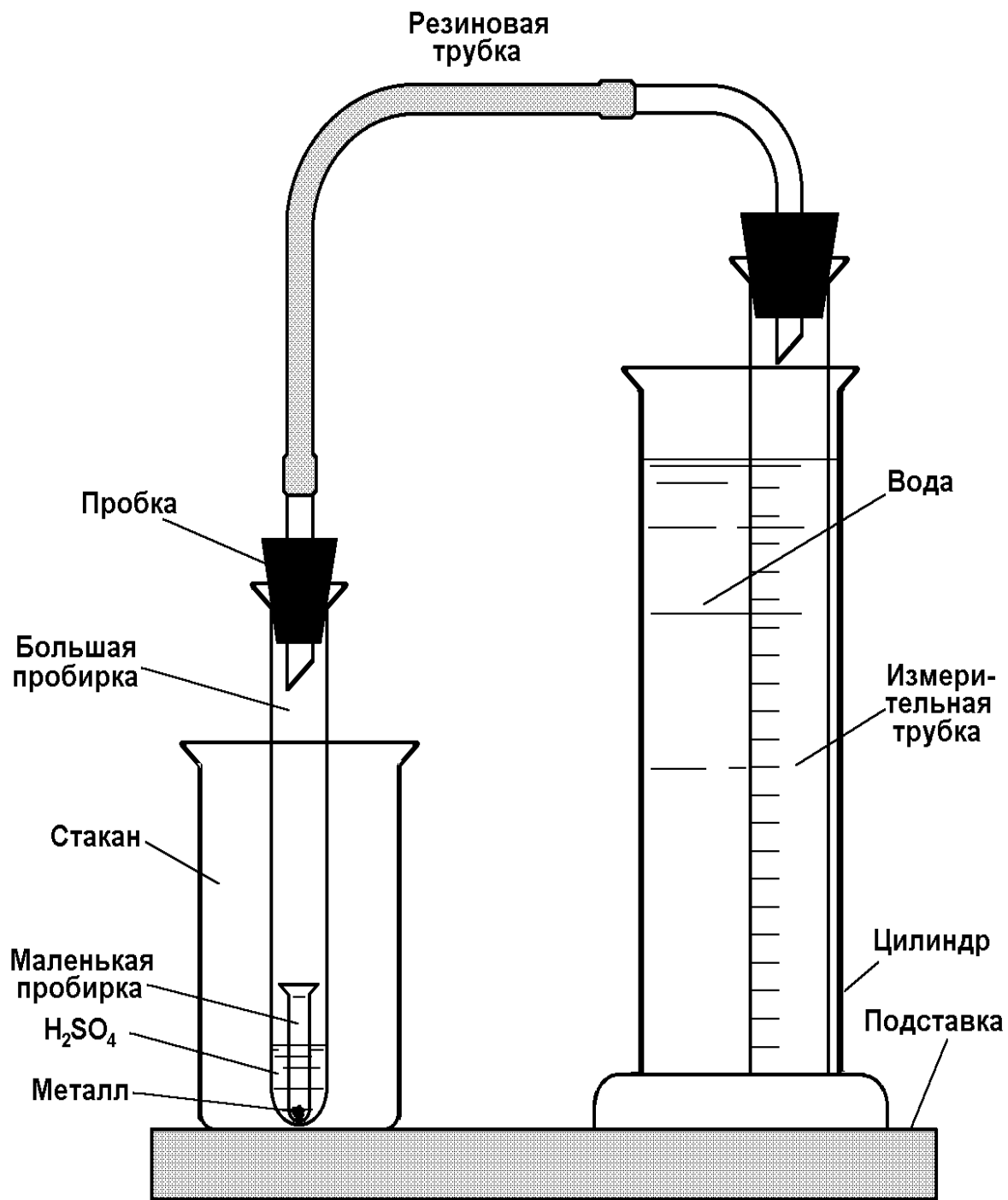


Рис. 1. Прибор для газометрических измерений

Таблица 2

Результаты эксперимента

Величина	Обозначение	Единица измерения	Значение
Теоретическое значение молярной массы молекул водорода	$M^{теор}(\text{H}_2)$	г/моль	
Число эквивалентности водорода (H_2)	$Z(\text{H}_2)$	—	
Теоретическое значение молярной массы эквивалентов водорода	$M_{эк}^{теор}(\text{H}_2)$	г/моль	
Молярный объем эквивалентов водорода при н.у.	$V_{эк}^0(\text{H}_2)$	л/моль; мл/моль	
Масса металла	$m(\text{Me})$	г	
Температура в помещении	t, T	°С, К	
Атмосферное давление	P	мм рт. ст.	
Парциальное давление паров воды	$P(\text{H}_2\text{O})$	мм рт. ст.	
Исходный уровень воды	V_1	мл	
Конечный уровень воды	V_2	мл	
Объем газовой смеси	V	мл	
Объем водорода, приведенный к нормальным условиям	$V^0(\text{H}_2)$	мл	
Экспериментальное значение молярной массы эквивалентов металла	$M(\text{Me})$	г/моль	

**Методика
выполнения
опыта**

В маленькую пробирку поместите предварительно взвешенный кусочек металла. В большую пробирку налейте 5–7 мл серной кислоты 1:3. Наклонив большую пробирку, осторожно опустите в нее маленькую так, чтобы в маленькую пробирку не попала кислота (см. рис. 1).

Большую пробирку закройте пробкой и поставьте в стакан, который исполняет роль держателя большой пробирки.

Проверьте прибор на герметичность. Для этого нужно приподнять измерительную трубку в цилиндре на 5–10 см и поддержать. Если уровень воды не изменится, прибор считается герметичным.

Значение исходного уровня воды V_1 в измерительной трубке занесите в табл. 2. В момент замера уровни воды в цилиндре и измерительной трубке должны совпадать, что будет соответствовать атмосферному давлению в системе.

Большую пробирку выньте из стакана и наклоните так, чтобы кислота попала в маленькую пробирку. Большую пробирку снова поставьте в стакан и наблюдайте взаимодействие металла с кислотой. К измерению объема выделившегося водорода можно приступать только тогда, когда пробирка с реагентами примет температуру окружающей среды. Для приведения давления в приборе к уровню атмосферного следует измерительную трубку внутри цилиндра приподнять таким образом, чтобы уровень воды в цилиндре совпал с уровнем воды в измерительной трубке. Результат измерения (V_2) внесите в табл. 2.

Разность уровней воды в измерительной трубке покажет объем газовой смеси (водород, образовавшийся в результате реакции, и водяные пары).

По окончании измерений большую пробирку следует отсоединить и вымыть обе пробирки.

Расчеты и обсуждение результатов

1. Вычислите объем водорода, вытесненного металлом из кислоты, в смеси с парами воды:

$$V = V_2 - V_1.$$

2. Приведите объем водорода к нормальным условиям (по объединенному газовому закону $P^0 V^0 / T^0 = P^{\text{эксп}} V^{\text{эксп}} / T^{\text{эксп}}$, откуда

$$V^0(\text{H}_2) = \frac{V \cdot (P - P(\text{H}_2\text{O})) \cdot 273}{T \cdot 760}.$$

где $V_0(\text{H}_2)$ — объем водорода при нормальных условиях, мл; $T = t + 273$.

3. Рассчитайте экспериментальное значение молярной массы эквивалентов металла $M_{\text{эк}}^{\text{эксп}}(\text{Me})$, пользуясь соотношением

$$\frac{m(\text{Me})}{M_{\text{эк}}^{\text{эксп}}(\text{Me})} = \frac{V_0(\text{H}_2)}{V_{\text{эк}}(\text{H}_2)}.$$

Обозначения и единицы измерения приведены в табл. 2.1.

$$M_{\text{эк}}^{\text{экс}}(\text{Me}) = \frac{m(\text{Me}) \cdot 11200}{V^0(\text{H}_2)}$$

Часть II. Установление числа эквивалентности и молярной массы металла по дополнительным данным.

Образец этого же металла массой 60,75г. перенесли из кипящей воды в стакан с 250мл воды с температурой 21,30⁰С. В результате температура воды в стакане поднялась до 25,60⁰С. Удельная теплоемкость жидкой воды равна 4,18Дж/г. КИспользуя полученные дополнительно данные и закон о молярных теплоемкостях простых веществ Дюлонга и ПТИ, рассчитайте молярную массу атомов исследуемого металла, определите его число эквивалентности (валентность в данном случае) и укажите, как ой металл подвергся исследованию.

Алгоритм решения: Если пренебречь теплопотерями при передаче тепла от нагретого до 100⁰ металла в воде, то можно считать, что теплота отданная металлом, температура которого снизилась до конечной температуры воды, вся была поглощена водой, температура которой поднялась на Δt градусов. Зная удельную теплоемкость воды (4,18Дж/г.К), можно вычислить количество теплоты, полученное водой по формуле:

$$Q_{(\text{H}_2\text{O})} = C_{p(\text{H}_2\text{O})} \cdot m(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta t^0(\text{H}_2\text{O})^{\circ\circ}$$

Количество теплоты, отданное металлом вычисляется по той же формуле

$$Q_{(\text{металла})} = C_{p(\text{мет})} \cdot m(\text{мет}) \cdot \Delta t^0(\text{мет})$$

Приравниваем $Q_{(\text{H}_2\text{O})} = Q_{(\text{металла})}$ и выразим из этого уравнения удельную теплоемкость металла

$$C_{p(\text{мет})} = \frac{C_{p(\text{H}_2\text{O})}}{m_{\text{мет}} \cdot \Delta t^0(\text{мет})_{\text{нач}} - t^0(\text{мет})_{\text{конечн}}} \cdot (t^0(\text{H}_2\text{O})_{\text{конечн}} - t^0(\text{H}_2\text{O})_{\text{нач}})$$

Далее, согласно закону Дюлонга и ПТИ о том, что полярная теплоемкость простых веществ в достаточно небольших интервалах температур приблизительно составляет 6,4кал/моль град или 25 Дж/мольК, определяем молярную массу атомов исследуемого металла

$$M_{(\text{MET})} = C_{(\text{ME})} / M_{\text{Э}}(\text{Me})$$

округляем его до простого целого числа и находим

$$M_{(\text{MET})} = M_{\text{Э}} \cdot Z$$

По ПСЭ определяем, какой это металл и какова его теоретическая молярная масса $M_{\text{теор}}(\text{Me})$

Записываем уравнение реакции исследуемого металла с кислотой

Рассчитываем погрешность определения $M_{\text{Экс}}(\text{Me})$ в сравнении с $M_{\text{теор}}(\text{Me})$ по формуле:

$$\% = \frac{M_{\text{Экс}}(\text{Me}) - M_{\text{теор}}(\text{Me})}{M_{\text{теор}}(\text{Me})} \cdot 100$$

Тренинг2

- Определите атомную массу металла если его удельная теплоемкость составляет $0,1276 \text{ Дж/К}\cdot\text{г}$, а оксиды содержат $13,98$ и $7,16\%$ кислорода назовите этот металл.
- $3,000$ г железа реагируют с 985 г. кислорода ($22,5^\circ\text{C}$ и $1,004\cdot 10^5 \text{ Па}$) образуя $4,289$ г оксида. Зная, что удельная теплоемкость железа равна $0,447 \text{ Дж/К}\cdot\text{г}$. Рассчитайте молярную массу атомов железа
- Металл образует два оксида, содержащих $21,20$ и $11,88\%$ кислорода. Удельная теплоемкость металла $0,217 \text{ Дж/К}\cdot\text{г}$. Вычислите молярную массу атомов металла и установите формулы оксидов.
- При взаимодействии $0,563$ г металла с водой выделилось $348,9$ мл водорода при 24°C и $9,943\cdot 10^4 \text{ Па}$. При окислении $1,830$ г этого металла кислородом образовалось $2,560$ г оксида. При нагревании полученного оксида в атмосфере диоксида углерода масса вещества увеличилась на $2,09$ г. При нагревании $0,980$ г. металла в атмосфере влажного диоксида углерода масса вещества стала $3,963$ г. Вычислите молярную массу атомов металла, зная что его удельная теплоемкость равна $0,647 \text{ Дж/К}\cdot\text{г}$. Назовите этот металл.

Тренинг

- Через раствор соли двухвалентного металла в течение 10 часов при силе тока $2,68 \text{ А}$ пропущено 96484 Кл электричества. На электроде выделилось $12,15$ г металла (выход по току 100%). Какова молярная масса атомов металла?
- Вычислите молярную массу атомов хрома (III), исходя из того, что пропуская через раствор $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ электрического тока силой 10 ампер в течение 30 минут на катоде оложилось $3,25$ г хрома. Потери при электролизе пренебречь
- Вычислите объем моля эквивалентов хлора, исходя из того, что при пропуская через раствор хлорида натрия тока силой 1 ампер в течение 10 мин 3 секунд на аноде выделилось на 70 см^3 хлора при нормальных условиях
- Вычислите число эквивалентности (z) железа, исходя из того, что для выделения из раствора железной соли $1,117$ г железа требуется пропустить через раствор ток силой 4 ампера в течение 16 мин 5 секунд.
- При пропуская тока одной и той же силы через растворы серной кислоты и азотнокислого серебра за одинаковый промежуток времени на катоде в первом случае выделилось 224 см^3 (при н.у.) водорода, а во втором $2,16$ г. серебра. Определите молярную массу эквивалента серебра.
- При электролизе раствора бромида одновалентного металла, содержащего $41,2$ г. этой соли, выделилось $4,48 \text{ дм}^3$ (при н.у.)

водорода. Определите бромид какого металла взят, считая разложение соли полным.

- Через раствор соли пропущен ток силой 2,00А в течение 1 часа. Выделилось 0,910г. металла его удельная теплоемкость равна 1,024 Дж/К*г. При сжигании в кислороде 0,810г металла образовалось 1,343г. оксида. При действии хлороводородной кислоты на 0,100г. металла из раствора выделилось 0,969см³ водорода, который собрали над водой при 19°С и 1,051*10⁵Па (Давление паров воды при этой температуре равно 2,2*10³Па). Что это за металл какова молярная масса его атомов?
- Удельная теплоемкость металла равна 0,238 Дж/К*г. Хлорид этого металла содержит 38,7% хлора. Определите молярную массу атомов металла
- При нормальных условиях 1,540г. металла вытесняют из кислоты 0,617л водорода. Удельная теплоемкость металла 0,486 Дж/К*г. Вычислите атомарную массу металла и назовите его.