

341  
С-45

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования

НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра "Общая и неорганическая химия"

**ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ХИМИИ**

Методические указания к практическим занятиям по курсу общей  
химии для студентов химических и нехимических специальностей дневной и  
вечерней форм обучения

Нижний Новгород  
2006

Составители: А.Л.Галкин, Т.В.Сазонтьева, Г.А.Паничева,  
О.Н.Ковалева, Ю.В.Батталова, Ж.В.Мацулевич  
УДК 54 (07)

Основные законы химии: метод. указания к прак. занятиям по курсу  
общей химии для студентов химических и нехимических факультетов  
дневной и вечерней форм обучения. Метод. указания к прак. занятиям по курсу  
общей физики и нехимических факультетов. Метод. указания к прак. занятиям по курсу  
др.Н.Новгород, 2006 -

Методические указания  
примеры решения задач  
лабораторных работ по

Научный редактор

Редактор Э.Б.Абрамов

Подписано в печать  
Печать офсетная. Усл.

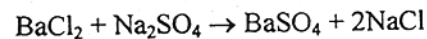
Нижегородский  
Типография НГТУ

© Нижегородский государственный  
технический университет, 2006

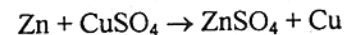
Химия – это одна из естественных наук. Она имеет дело со свойствами веществ в зависимости от их состава, строения и внешних условий. Изучение химии – это изучение законов, управляющих превращением веществ друг в друга. Химические реакции сводятся к взаимодействию самых внешних электронных оболочек атомов, в результате чего образуются новые химические связи, при этом исходные вещества (реагенты) исчезают, а новые вещества (продукты) образуются. Результатом химической реакции может быть изменение состава, структуры или заряда реагирующих частиц, при этом химическая природа атомов (заряд их ядра) не изменяется.

В химии принято выделять три основных типа реакций:

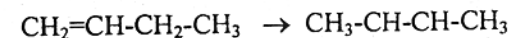
1. Реакции обмена. Происходит изменение состава молекул за счет обмена ионами:



2. Окислительно-восстановительные реакции. Изменяются степени окисления атомов или заряд ионов за счет перехода электронов от частицы-восстановителя к частице-окислителю:



3. Реакции изомеризации. Происходит изменение структуры молекул. В результате у вещества появляются новые физические и химические свойства:



### ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ

Современные теоретические представления в химии базируются на атомно-молекулярном учении, в рамках которого вводятся некоторые понятия и величины.

**АТОМ** – электронейтральная система взаимодействующих элементарных частиц, состоящая из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов, сохраняющая свойства химического элемента.

**ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ** – это совокупность атомов, имеющих одинаковый заряд атомного ядра. Заряд ядра атома равен его порядковому номеру в периодической системе элементов и определяет его местоположение.

**МОЛЕКУЛА** – Это наименьшая электрически нейтральная частица вещества, обладающая его химическими свойствами и способная к самостоятельному существованию. Молекулы могут содержать от одного (инертные газы) до многих тысяч атомов (органические молекулы).

**ИОН** – это заряженная частица, представляющая собой атом или группу химически связанных друг с другом атомов с избытком (анионы:  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{ClO}_4^-$ ) или недостатком (катионы:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) электронов.

**СВОБОДНЫЕ РАДИКАЛЫ** – это частицы, содержащие ненасыщенные (одноэлектронные) связи ( $-\text{CH}_3$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{H}$ )

Сила, с которой два атома удерживаются вместе в составе молекулы определяет прочность химической связи, а энергия, необходимая для ее разрыва, называется энергией химической связи. Ее величина изменяется от 80 до 800 кДж/моль.

**ХИМИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА** – это символическая запись, характеризующая качественный и количественный состав химического соединения и отражающая количественные соотношения между атомами разных элементов, образующих данную частицу. Химическая формула достоверно отражает количественный состав веществ, у которых преобладает ковалентная связь ( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ). Для веществ с большой долей ионной связи и веществ металлоидного типа количественные соотношения между атомами в формуле носят усредненный характер и не отражают реального состава.

**АТОМНАЯ ЕДИНИЦА МАССЫ (а.е.м.)**. Атомная единица массы определяется как 1/12 часть массы атома углерода в ядре которого содержится 6 протонов и 6 нейтронов. 1 а.е.м. =  $1,66 \cdot 10^{-27}$  кг. Условно можно считать массы протона и нейтрона одинаковыми и равными (приблизительно) 1 а.е.м. В химии чаще пользуются относительными атомными массами химических элементов ( $A_r$ ). Это отношение массы атома данного элемента к 1/12 массы атома изотопа углерода  $^{12}\text{C}$ . Относительная атомная масса является величиной безразмерной.

**МОЛЬ** – это единица количества вещества. 1 моль содержит столько же структурных единиц (атомов, ионов, молекул), сколько содержится атомов в 12 граммах углерода (изотоп  $^{12}\text{C}$ ) Число атомов в 12 граммах углерода легко рассчитывается как отношение массы 1 моль (молярной массы) к массе 1 атома углерода:

$$N_a = 12 \text{ г/моль} / 1,993 \cdot 10^{-23} \text{ г} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

Число  $N_a$  является одной из фундаментальных констант и носит название постоянная Авогадро (число Авогадро).

**ПРИМЕР:** 1 моль электронов содержит  $6,022 \cdot 10^{23}$  моль $^{-1}$  структурных единиц (электронов), каждый из которых имеет заряд  $1,606 \cdot 10^{-19}$  Кл. Таким образом, заряд 1 моль электронов является константой и называется число Фарадея (F)

$$F = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 1,606 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} = 96713 \text{ Кл/моль}.$$

**МОЛЯРНАЯ МАССА (M)** – это масса 1 моль вещества. Она численно равна отношению массы вещества к количеству его моль ( $M = m / \nu$ ) и измеряется в г/моль или кг/кмоль. Численное значение молярной массы, измеренное в г/моль совпадает по величине с молекулярной, атомной и формульной массой данного вещества.

**ОТНОСИТЕЛЬНАЯ МОЛЕКУЛЯРНАЯ МАССА ( $M_r$ )** – это отношение массы молекулы вещества к 1/12 массы атома углерода (изотоп  $^{12}\text{C}$ ). Поскольку химические формулы чаще всего отражают лишь формальный количественный состав соединения, то правильнее говорить о **ФОРМУЛЬНОЙ МАССЕ ВЕЩЕСТВА**, понимая под ней сумму атомных масс всех элементов, входящих в соединение, с учетом числа атомов каждого из элементов в формуле.

## ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ХИМИИ

Среди множества законов, на которые опирается химия можно выделить ряд основных. Это законы, сформулированные в рамках атомно-молекулярного учения. К ним относят закон сохранения массы, законы постоянства состава, кратных и объемных соотношений, закон Авогадро. Эти законы называют **стехиометрическими**, поскольку именно они положены в основу всех количественных расчетов масс и объемов веществ, принимающих участие в химических превращениях.

### ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МАССЫ

Масса веществ, вступивших в химическую реакцию, равна массе веществ, образовавшихся в результате реакции.

Сохранение массы вещества в химических реакциях объясняется тем, что при химических превращениях атомы не разрушаются и не образуются. Таким образом, при постоянстве их массы и количества, массы веществ до и после реакции должны быть одними и теми же.

### ЗАКОН ПОСТОЯНСТВА СОСТАВА

Всякое чистое вещество, независимо от способа его получения, имеет постоянный качественный и количественный состав.

Данный закон строго применим только для веществ молекулярного типа. Большинство соединений с атомной или ионной структурой имеют переменный состав в следствии ненасыщаемости их химических связей.

Из закона постоянства состава химических веществ следует, что они вступают во взаимодействие друг с другом в строго определенных массовых соотношениях или эквивалентных количествах.

### ЗАКОН ЭКВИВАЛЕНТОВ

Массы реагирующих друг с другом веществ пропорциональны их эквивалентам или эквивалентным массам:

$$m_1/m_2 = \mathcal{E}_1/\mathcal{E}_2.$$

Из закона следует, что при любом химическом взаимодействии один эквивалент вещества всегда реагирует с одним эквивалентом другого вещества.

**Химический эквивалент ( $n$ )** элемента или соединения – это такое его количество, которое может провзаимодействовать (реально или формально) с 1 моль атомов водорода или заместить его в химических реакциях.

Единицей химического эквивалента является моль.

**ПРИМЕР:**

$n(\text{H}_2) = 1/2$  моль;  $n(\text{O}_2) = 1/4$  моль;  $n(\text{CO}) = 1/2$  моль;  $n(\text{CO}_2) = 1/4$  моль

Эквивалентная масса ( $\mathcal{E}_m$ , г/моль) – это масса одного эквивалента вещества. Эквивалентная масса элемента или соединения рассчитывается по формуле:  $\mathcal{E} = M \cdot n$ , где  $M$  – молярная масса элемента или соединения,  $n$  – химический эквивалент этого элемента или соединения.

**ПРИМЕР:**  $\mathcal{E}_m(\text{H}_2) = 2$  г/моль  $\cdot 1/2$  моль = 1 г.

$\mathcal{E}_m(\text{O}_2) = 32$  г/моль  $\cdot 1/4$  моль = 8 г.

$\mathcal{E}_m(\text{SiO}) = 28$  г/моль  $\cdot 1/2$  моль = 14 г.

$\mathcal{E}_m(\text{SiO}_2) = 44$  г/моль  $\cdot 1/4$  моль = 11 г.

$\mathcal{E}_m(\text{Cr}_2\text{O}_3) = 152$  г/моль  $\cdot 1/6$  моль = 25,3 г.

Эквивалентный объем ( $\mathcal{E}_v$ , л/моль) – это объем, занимаемый одним эквивалентом газообразного вещества. Эквивалентный объем газа находят умножением молярного объема газа на его эквивалент.

**ПРИМЕР:**  $\mathcal{E}_v(\text{H}_2) = 22,4$  л/моль  $\cdot 1/2$  моль = 11,2 л.

$\mathcal{E}_v(\text{O}_2) = 22,4$  л/моль  $\cdot 1/4$  моль = 5,6 л.

$\mathcal{E}_v(\text{Cl}_2) = 22,4$  л/моль  $\cdot 1/2$  моль = 11,2 л.

Таким образом, эквивалент составляет некоторую часть моля или равен ему, а эквивалентная масса равна такой же части молярной массы или равна ей. Эквивалентный объем равен такой же части молярного объема или равен ему.

Для расчетов в окислительно-восстановительных реакциях используется понятие **окислительно-восстановительного эквивалента (redox эквивалент)**. Это такое количество элемента или соединения, которое может отдать или присоединить 1 моль электронов.

Химический эквивалент  $\text{KMnO}_4 = 1$  моль, а его окислительно-восстановительный эквивалент непостоянен и зависит от числа электронов, присоединяемых в окислительно-восстановительной реакции.

**ПРИМЕР:** РЕАКЦИЯ REDOX ЭКВИВАЛЕНТ

$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e} = \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$  1/5 моль

$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e} = \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$  1/3 моль

$\text{MnO}_4^- + \text{e} = \text{MnO}_4^{2-}$  1 моль

На количественное соотношение реагирующих веществ в уравнениях химических реакций указывают **стехиометрические коэффициенты**, стоящие перед символом веществ:  $3\text{H}_2 + \text{N}_2 = 2\text{NH}_3$ . Стехиометрические коэффициенты могут указывать на соотношение взаимодействующих частиц (атомов, молекул, ионов) или их молей.

### ЗАКОН АВОГАДРО

В равных объемах любых газов, находящихся при одинаковых температуре и давлении, содержится одинаковое число молекул.

Из закона Авогадро следует, что 1 моль любого газа занимает одинаковый объем.

При нормальных условиях (н.у.) ( $T=273\text{K}$  или  $0^\circ\text{C}$  и  $P=101325$  Па или 1 атм или 760 мм.рт.ст.) этот объем называется молярным ( $V_m$ ) и равен 22,4 л.

### УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

Из закона Авогадро следует, что массы равных объемов двух газов относятся друг к другу как их молярные массы:  $D = m_1/m_2 = M_1/M_2$ . Величина  $D$  называется **относительная плотность первого газа по второму**.

**НАПРИМЕР:** плотность кислорода по воздуху  $D = M_{\text{кис.}} / M_{\text{возд.}} = 32/29 = 1,1$ .

Объединенное уравнение, описывающее состояние идеального газа, носит название **УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА** (уравнение Клапейрона – Менделеева):

$$PV = \nu RT \quad (PV = (m/M) RT \text{ или } PV = (V/V_m) RT,$$

где  $P$  (Па) – давление, при котором находится данное количество газа;  $V$  ( $\text{м}^3$ ) – объем, занимаемый газом;  $\nu$  (моль) – число молей газа;  $T$  (К) – абсолютная температура;  $R$  (8,31 Дж/моль $\cdot$ К) – универсальная газовая постоянная ( $R$  – это работа расширения 1 моль идеального газа при нагревании его на 1 градус). Универсальная газовая постоянная связана с константой Больцмана соотношением  $R = k \cdot N_a = 13,805 \cdot 10^{22} \cdot 6,02 \cdot 10^{-23} = 8,31$  Дж/моль $\cdot$ К.

Для расчета параметров газа, находящегося в смеси с другими газами используют понятие **парциального давления**.

**Парциальное давление газа** – это давление, которое оказывал бы данный газ, если бы занимал весь объем, занимаемый газовой смесью. Общее давление газовой смеси равно сумме парциальных давлений отдельных газов. Парциальные давления газов в смеси пропорциональны их объемному содержанию.

### ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

**1. ПРИВЕДЕНИЕ ОБЪЕМА ГАЗА К НОРМАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ (н.у.)**  
Какой объем при н.у. займут 0,4 л газа, находящегося при  $50^\circ\text{C}$  и давлении 95,4 кПа?

**РЕШЕНИЕ:** Для приведения объема газа к н.у. воспользуемся уравнением, объединяющим законы Бойля-Мариотта и Гей-Люссака:

$$P_1 V_1 / T_1 = P_0 V_0 / T_0, \text{ где } P_0 V_0 / T_0 \text{ – нормальные условия.}$$

Из уравнения следует, что  $V_0 = P_1 V_1 T_0 / P_0 T_1$ . Переведем размерность параметров в систему СИ:  $V_1 = 0,4 \text{ л} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ ;  $T_1 = 50^\circ\text{C} = 323\text{K}$ ;  $P_1 = 95,4 \text{ кПа} = 9,54 \cdot 10^4 \text{ Па}$ . Подставим значения величин в уравнение:  $V_0 = 9,54 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \cdot 273\text{K} / 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 323\text{K} = 3,18 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ .

## 2. ВЫЧИСЛЕНИЕ МОЛЯРНОЙ МАССЫ ГАЗА ПО ЗАДАННОМУ ОБЪЕМУ

Вычислить молярную массу газа, если при  $13^{\circ}\text{C}$  ( $286\text{K}$ ) его масса составляет  $1,01\text{ г}$ , находится под давлением  $1,04 \cdot 10^5\text{ Па}$  и занимает объем  $3,27 \cdot 10^{-4}\text{ м}^3$

РЕШЕНИЕ: Из уравнения состояния идеального газа следует, что

$$M = mRT / PV = 1,01\text{ г} \cdot 8,31\text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 286\text{K} / 1,04 \cdot 10^5\text{ Па} \cdot 3,27 \cdot 10^{-4}\text{ м}^3 = 70,7\text{ г/моль.}$$

## 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ГАЗА В СМЕСИ

Смешивают ( $V_0$ )  $3\text{ л}$   $\text{CO}_2$  с  $4\text{ л}$   $\text{O}_2$  и  $6\text{ л}$   $\text{N}_2$ . До смешения давления газов составляли соответственно ( $P_0$ )  $96$ ,  $108$  и  $90,6\text{ кПа}$ . Общий объем смеси ( $V_1$ )  $10\text{ л}$ . Определить парциальное давление газов ( $P_1$ ) и общее давление смеси.

РЕШЕНИЕ: Так как температура постоянна, то  $P_1 V_1 = P_0 V_0$ . Расчитаем парциальные давления газов в смеси:

$$P_1(\text{CO}_2) = P_0 V_0 / V_1 = 96\text{ кПа} \cdot 3\text{ л} / 10\text{ л} = 28,8\text{ кПа.}$$

$$P_1(\text{O}_2) = P_0 V_0 / V_1 = 108\text{ кПа} \cdot 4\text{ л} / 10\text{ л} = 43,2\text{ кПа.}$$

$$P_1(\text{N}_2) = P_0 V_0 / V_1 = 90,6\text{ кПа} \cdot 6\text{ л} / 10\text{ л} = 54,4\text{ кПа.}$$

Общее давление газовой смеси равно сумме парциальных давлений ее компонентов  $P_{\text{общ}} = P_1(\text{CO}_2) + P_1(\text{O}_2) + P_1(\text{N}_2) = 28,8 + 43,2 + 54,4 = 126,4\text{ кПа}$

## 4. РАСЧЕТ АБСОЛЮТНОЙ МАССЫ МОЛЕКУЛЫ ВЕЩЕСТВА

Расчитать абсолютную массу молекулы газа ( $m_m$ ), если масса  $1,5\text{ л}$  газа при н.у. составляет  $1,785\text{ г}$ .

РЕШЕНИЕ: Известно, что  $v = m/M = V/V_M$ , откуда молярная масса газа будет равна  $M = mV_M / V = 1,785\text{ г} \cdot 22,4\text{ л/моль} / 1,5\text{ л} = 26,7\text{ г/моль}$ . Масса молекулы рассчитывается как частное от деления молярной массы вещества на число Авогадро  $m_m = M / N_A = 26,7\text{ г/моль} / 6,02 \cdot 10^{23}\text{ моль}^{-1} = 4,44 \cdot 10^{-23}\text{ г}$ .

## 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АТОМНОЙ МАССЫ МЕТАЛЛА ПО ЕГО ЭКВИВАЛЕНТНОЙ МАССЕ.

При термическом разложении  $0,542\text{ г}$  оксида металла (II) получили  $28\text{ мл}$  кислорода (н.у.). Определить металл.

РЕШЕНИЕ:  $28\text{ мл} = 28 \cdot 10^{-3}\text{ л}$ . Чтобы определить металл мы должны определить его атомную массу  $A_r = \mathcal{E}_{\text{Me}} B$ , где  $B$  – валентность металла. Известно, что  $m_o = M_o V_o / V_M = 32\text{ г/моль} \cdot 28 \cdot 10^{-3}\text{ л} / 22,4\text{ л/моль} = 0,04\text{ г}$ , в свою очередь  $m_{\text{MeO}} = m_{\text{Me}} + m_o$ , откуда  $m_{\text{Me}} = m_{\text{MeO}} - m_o = 0,542\text{ г} - 0,04\text{ г} = 0,502\text{ г}$ . Согласно закону эквивалентов  $m_{\text{Me}} / m_o = \mathcal{E}_{\text{Me}} / \mathcal{E}_o$  откуда  $\mathcal{E}_{\text{Me}} = m_{\text{Me}} \cdot \mathcal{E}_o / m_o = 0,502\text{ г} \cdot 8\text{ г/моль} / 0,04\text{ г} = 100,4\text{ г/моль}$ . Значит  $A_r = \mathcal{E}_{\text{Me}} \cdot B = 100,4\text{ г/моль} \cdot 2 = 200,8\text{ г/моль}$ . Это ртуть.

## ЗАДАНИЕ 1

1. Сколько молекул содержится в  $1\text{ л}$  любого газа при н.у.?
2. Взятые равные массы  $\text{O}_2$  и  $\text{H}_2$  при одинаковых условиях. Определить соотношение объемов этих газов.
3. При  $17^{\circ}\text{C}$  газ занимает объем  $580\text{ мл}$ . Какой объем будет занимать этот газ при  $100^{\circ}\text{C}$ , если  $P = \text{const}$ ?
4. При сгорании  $5\text{ г}$  металла образуется  $9,44\text{ г}$  оксида этого металла. Рассчитать эквивалентную массу металла.
5. Эквивалентная масса металла  $25,47\text{ г/моль}$ . Определить, сколько массовых процентов кислорода содержится в оксиде этого металла.

## ЗАДАНИЕ 2

1. Молекула некоторого вещества имеет массу  $1,2 \cdot 10^{-25}\text{ кг}$ . Определить молекулярную массу вещества.
2. Сколько молей вещества содержится в  $1\text{ м}^3$  любого газа при н.у.?
3. Газ объемом  $2,5\text{ л}$  находится под давлением  $121,6\text{ кПа}$ . Каково будет давление газа, если его сжать до объема  $1\text{ л}$  при постоянной температуре.
4. Одно и тоже количество металла соединяется с  $0,2\text{ г}$   $\text{O}_2$  и с  $3,17\text{ г}$  одного из галогенов. Определить эквивалентную массу галогена.
5. Эквивалентная масса железа в его оксиде  $18,6\text{ г/моль}$ . Какой объем водорода идет на восстановление  $16\text{ г}$  оксида при н.у.?

## ЗАДАНИЕ 3

1. Определить во сколько раз число молекул в  $1\text{ г}$   $\text{NH}_3$  отличается от числа молекул в  $1\text{ г}$   $\text{O}_2$ ?
2. Определить количество вещества, содержащееся в  $0,1\text{ кг}$  водорода.
3. На сколько градусов надо нагреть газ, находящийся в закрытом сосуде при  $0^{\circ}\text{C}$ , что бы его давление увеличилось в  $2$  раза?
4. Вычислить атомную массу двухвалентного металла и определить металл, если  $8,34\text{ г}$  его окисляются  $0,68\text{ л}$  кислорода при н.у.?
5. При восстановлении  $16\text{ г}$  оксида металла (III) алюминием было получено  $10,2\text{ г}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Определить, что это за металл, если эквивалентная масса алюминия  $9\text{ г/моль}$ .

## ЗАДАНИЕ 4

1. Рассчитать массу  $1$  молекулы  $\text{SO}_2$ .
2. Сколько молекул содержится в  $100\text{ г}$  воды при  $20^{\circ}\text{C}$ ?
3. Объем автомобильной камеры  $25\text{ л}$ , давление  $506\text{ кПа}$ . Определить массу находящегося в камере воздуха при  $30^{\circ}\text{C}$ , если его молярная масса  $29\text{ г/моль}$ .
4. Металл массой  $1\text{ г}$  соединяется с  $8,89\text{ г}$  брома, либо с  $1,78\text{ г}$  серы. Рассчитать эквивалентные массы брома и металла, если эквивалентная масса серы  $16\text{ г/моль}$ .
5. При восстановлении  $33,5\text{ г}$  оксида металла (II) водородом образовалось  $2,7\text{ г}$  воды. Определить, что это за металл?

### ЗАДАНИЕ 5

1. Какой объем при н.у. занимают  $1,2 \cdot 10^{25}$  молекул газа?
2. Во сколько раз количество водорода, содержащееся в 10л водорода отличается от количества азота, содержащегося в таком же объеме при н.у.?
3. Рассчитать молярную массу газа, если  $6,86 \cdot 10^{-3}$  кг его при давлении 253 кПа и  $20^\circ\text{C}$  занимают объем 2,2л.
4. На восстановление 1,8г оксида металла требуется 833 мл водорода при н.у. Определить эквивалентные массы оксида и металла.
5. Оксид металла (III) содержит 30% кислорода. Определить, что это за металл?

### ЗАДАНИЕ 6

1. Сколько молекул содержится в 100 мл воды при  $10^\circ\text{C}$ ?
2. Сколько ионов содержится в 100г поваренной соли (NaCl)?
3. Давление воздуха в автомобильной шине при  $15^\circ\text{C}$  304 кПа. Как изменится давление в шине при ее нагреве до  $60^\circ\text{C}$ ? Объем считать постоянным.
4. При нагревании металла в атмосфере кислорода получили 21,66г его оксида. Рассчитать эквивалентную массу металла.
5. При взаимодействии металла (II) с 3,2г серы образовалось 8,79г сульфида металла. Определить, что это за металл?

### ЗАДАНИЕ 7

1. Сравнить число молекул в 1кг  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 1кг  $\text{HNO}_3$ .
2. Определить соотношение объемов равных масс  $\text{CO}_2$  и  $\text{SO}_2$  при н.у.
3. При  $0^\circ\text{C}$  в реакторе объемом 140л содержится 4кг водорода и 3,5 кг азота. Рассчитать парциальное давление азота и общее давление смеси газов.
4. Мышьяк (As) образует два оксида, содержащих соответственно 34,8 и 24,3 массовых % кислорода. Определить химические формулы оксидов, если атомная масса мышьяка 75г/моль.
5. При взаимодействии 13г металла (I) с водой выделилось 3,73л водорода при н.у. Определить, что это за металл?

### ЗАДАНИЕ 8

1. В каком объеме  $\text{H}_2\text{S}_{(г)}$  при н.у. содержится столько же молекул, сколько их в 1л воды при  $20^\circ\text{C}$ ?
2. Сравните объемы, занимаемые 10г  $\text{H}_2\text{S}$  и 10г  $\text{SO}_2$  при н.у.
3. Сколько граммов  $\text{CaCO}_3$  надо взять при  $15^\circ\text{C}$  и давлении 104 кПа, чтобы при его прокаливании получилось 25 мл  $\text{CO}_2$ ?
4. При восстановлении 8,1г оксида металла (III) водородом получилось 1,8г воды, эквивалентная масса которой 9г/моль. Определить, что это за металл?
5. Эквивалентная масса металла (II) 12 г/моль. Определить процентное содержание кислорода в оксиде данного металла.

### ЗАДАНИЕ 9

1. Определить массу азота ( $\text{N}_2$ ), содержащую  $18 \cdot 10^{25}$  молекул.
2. Сравните объемы 0,01кг водорода и 0,01кг  $\text{CO}_2$  при н.у.
3. Определить давление 50г этилена ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) в сосуде объемом 10л при  $-2^\circ\text{C}$ .
4. Рассчитать эквивалентную массу элемента, если его соединение с серой содержит 13,8% (по массе) серы, эквивалентная масса которой 16,03 г/моль.
5. При восстановлении 8,06г оксида металла бериллием, эквивалентная масса которого 4,5г/моль получено 5г оксида бериллия. Рассчитать эквивалентную массу металла.

### ЗАДАНИЕ 10

1. Рассчитать массу кислорода, содержащую  $2 \cdot 10^{26}$  молекул.
2. Рассчитать количество кислорода, получившееся при разложении 245г  $\text{KClO}_3$ .
3. Вычислить объем 0,1кг газовой смеси состава  $3\text{CO} + 2\text{CO}_2$  при  $50^\circ\text{C}$  и давлении 98,6 кПа.
4. При нагревании в кислородной атмосфере 0,954г металла (II) получилось 1,194г его оксида. Определить, что это за металл?
5. На восстановление 31,2г оксида металла (III) израсходовано 10,6г алюминия с эквивалентной массой 9г/моль. Определить, что это за металл?

### ЗАДАНИЕ 11

1. Сколько молекул  $\text{CO}_2$  получится при сгорании  $4 \cdot 10^{-6}$  кг углерода?
2. Сравните объемы, занимаемые равными массами метана ( $\text{CH}_4$ ) и ацетилена ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) при одинаковых условиях.
3. При  $17^\circ\text{C}$  и давлении 104кПа масса 624л газа составляет 1,185кг. Определить молярную массу газа.
4. Металл (IV) массой 1г соединяется с 0,27г кислорода. Определить металл.
5. Элемент образует соединение с водородом, содержащее 8,87% по массе водорода. Рассчитать эквивалентную массу элемента.

### ЗАДАНИЕ 12

1. Сравните число молекул в 34г азота и таком же количестве HCl.
2. Чему равно отношение масс, содержащих одинаковое число молей водорода и кислорода?
3. Определить массу 1л газовой смеси, содержащей по объему 50% водорода и 50%  $\text{CO}_2$  при н.у.
4. Оксид металла содержит 28,53% по массе кислорода. Рассчитать эквивалентную массу металла.
5. При восстановлении водородом 1,34г оксида металла образовалось 0,324г воды. Рассчитать эквивалентную массу металла.

### ЗАДАНИЕ 13

1. Сколько молекул содержится в 1 эквиваленте  $\text{N}_2$  и  $\text{O}_2$ ?
2. Чему равно отношение масс, содержащих одинаковое число молей азота и аммиака?

3. При каком давлении масса хлора объемом 3л составит  $2,5 \cdot 10^{-3}$  кг, если  $t^{\circ} = 23^{\circ}\text{C}$ ?

4. При разложении 0,291г оксида серебра получилось 0,253г серебра. Определить валентность серебра в оксиде.

5. Элемент образует оксид, содержащий 32% по массе кислорода. Рассчитать эквивалентную массу элемента.

#### ЗАДАНИЕ 14

1. Какова масса  $\text{CO}_2$ , содержащая  $1,8 \cdot 10^{27}$  молекул?

2. Определить массу  $\text{CO}$ , содержащую столько же молей вещества, сколько их содержится в 10г водорода.

3. Баллон емкостью 10л вмещает при  $27^{\circ}\text{C}$  1 моль кислорода. Рассчитать давление кислорода в баллоне.

4. При восстановлении 1,305г диоксида марганца ( $\text{MnO}_2$ ) было получено 0,825г марганца. Рассчитать его эквивалентную массу.

5. На реакцию нейтрализации с участием 1г основания пошло 0,91г  $\text{HCl}$ . Рассчитать эквивалентную массу основания.

#### ЗАДАНИЕ 15

1. В каком объеме хлора содержится  $2,5 \cdot 10^{26}$  молекул?

2. Определить массу кислорода, содержащую столько же молей вещества, сколько его содержится в 36г воды при  $20^{\circ}\text{C}$ .

3. В баллоне емкостью 40л находится 56л  $\text{CO}$  при давлении 6 атмосфер. Вычислить температуру газа.

4. В состав углеводорода входит 25% по массе водорода и 75% углерода. Рассчитать эквивалентную массу углерода в соединении.

5. Какова масса  $\text{NaOH}$ , содержащая столько же эквивалентов, сколько их в 140г  $\text{Ca(OH)}_2$ ?

#### ЗАДАНИЕ 16

1. Плотность газа по воздуху равна 2,562. Вычислить массу 1л газа при н.у.

2. Рассчитать массу 1 молекулы  $\text{HNO}_3$ .

3. Определить массу паров бензола ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) в помещении объемом  $30\text{ м}^3$  при  $25^{\circ}\text{C}$ , если их парциальное давление составляет 2972 Па.

4. Рассчитать эквивалентную массу металла, если в реакцию с хлором вступило его 7,2г, а в результате образовалось 28,2г хлорида. Эквивалентная масса хлора  $35,45$  г/моль.

5. При пропускании сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ) через раствор, содержащий 2,98г хлорида одновалентного металла образовалось 2,2 г его сульфида. Определить металл.

#### ЗАДАНИЕ 17

1. Если отсчитывать по 1 молекуле в секунду, то сколько лет потребуется, чтобы сосчитать количество молекул, содержащихся в 1 кг  $\text{I}_2$  (1 год = 365 дней)?

2. Какой объем при н.у. занимают  $13 \cdot 10^{26}$  молекул газа?

3. Определите давление кислорода, если 0,1 кг этого газа находятся в сосуде объемом 20л при  $20^{\circ}\text{C}$ .

4. Эквивалентная масса металла 25 г/моль. Рассчитать объем водорода, необходимый для восстановления 4,95 г его оксида.

5. Рассчитать эквивалентную массу элемента, если массовая доля серы в их соединении равна 13,8%, а ее эквивалентная масса 16,03 г/моль.

#### ЗАДАНИЕ 18

1. Масса 1л азота при н.у. равна  $1,251 \cdot 10^{-3}$  кг. Рассчитать плотность азота по кислороду.

2. Сравните объемы, занимаемые равными массами  $\text{Cl}_2$  и  $\text{NO}$  при одинаковых условиях.

3. Масса  $87 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup> пара при  $62^{\circ}\text{C}$  и давлении 101,325 кПа равна  $2,4 \cdot 10^{-4}$  кг. Рассчитать молярную массу вещества.

4. Рассчитать эквивалентную массу цинка, если 1,165 г его вытеснили из кислоты  $438 \cdot 10^{-6}$  л водорода, измеренного при  $17^{\circ}\text{C}$  и давлении 98642 Па.

5. Рассчитать молярную массу двухвалентного металла, если из 48,15 г его оксида можно получить 88,65 г его нитрата.

#### ЗАДАНИЕ 19

1. Рассчитать массу  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , содержащую  $25,3 \cdot 10^{18}$  молекул.

2. Сколько весит 1 атом железа?

3. Сравните число молекул, содержащихся в равных массах хлора и азота при  $40^{\circ}\text{C}$  и давлении 235,2 кПа.

4. Рассчитайте эквивалентную массу воды при ее реакции с металлическим натрием.

5. На осаждение ионов хлора, содержащихся в 6,66 г соли одновалентного металла, израсходовано 19,34г  $\text{AgNO}_3$ . Рассчитать эквивалентную массу соли и определить ее формулу.

#### ЗАДАНИЕ 20

1. В  $0,1$  м<sup>3</sup> воздуха ( $M = 29$  г/моль) содержится  $6 \cdot 10^{-10}$  м<sup>3</sup> ксенона. В каком объеме воздуха при н.у. содержится  $10^{25}$  молекул ксенона?

2. Молекула некоторого вещества имеет массу  $1,2 \cdot 10^{-25}$  кг. Рассчитать молярную массу вещества.

3. В сосуде объемом 14л при  $20^{\circ}\text{C}$  содержится 0,8г водорода и 6,3 г азота. Рассчитать парциальные давления газов и общее давление газовой смеси.

4. В оксиде IV валентного металла содержится 13,38% (по массе) кислорода. Определить формулу оксида.

5. При восстановлении 5,1г оксида IIIвалентного металла образовалось 2,7 г воды, эквивалентная масса которой 9 г/моль. Определить металл.

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

### 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ МАССЫ МЕТАЛЛА

А) Определение эквивалентной массы магния на основе реакции вытеснения им водорода из водного раствора соляной кислоты.

В основе определения эквивалентной массы металла ( $\mathcal{E}_{Mg}$ ) лежит ее расчет по закону эквивалентов для реакции:  $Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$  (ионное уравнение:  $Mg^0 + 2H^+ = Mg^{2+} + H_2$ ).

Закон эквивалентов:  $m_{Mg} / m_H = \mathcal{E}_{Mg} / \mathcal{E}_H$ . В этом уравнении неизвестным является масса, вступившего в реакцию водорода, которая равна массе выделившегося газообразного водорода. Ее можно рассчитать по уравнению состояния идеального газа  $P_n V_n = (m_n / M_n) RT$ , если известен объем газа.

На рис.1 представлена схема прибора для определения объема выделившегося в реакции газа.

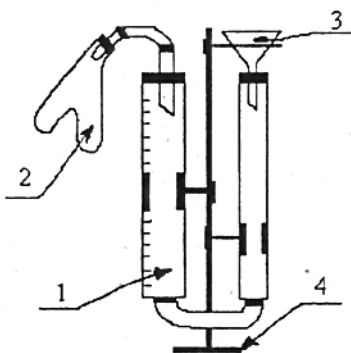


Рис.1. Прибор для определения объема газа:

- 1 – стеклянная бюретка
- 2 – двурогая насадка
- 3 – воронка
- 4 – штатив

#### ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ:

Соберите прибор, как показано на рис.1.

Полученную у лаборанта навеску металла (запишите ее вес) поместите в одну из частей двурогой насадки. В другую часть насадки осторожно налейте 5 мл раствора соляной кислоты концентрацией 1 моль/л. Проследите, чтобы кислота не попала к металлу. Соедините при помощи пробки двурогую насадку с бюреткой.

Перед началом опыта проверьте герметичность подсоединения. Для этого необходимо поднять воронку. Если уровень воды в бюретке после некоторого подъема остается постоянным, то можно считать, что прибор герметичен. В противном случае необходимо более плотно надеть двурогую насадку на пробку.

Опуская или поднимая воронку совместить уровни воды в бюретке и в воронке, после чего записать начальный уровень по делениям бюретки (определение проводят по нижнему мениску воды).

Повернув насадку перелейте кислоту к металлу. Наблюдайте выделение водорода, который будет вытеснять воду из бюретки в воронку. После окончания реакции (выделение газа прекращается) вновь совместите уровни воды в бюретке и в воронке и сделайте замер конечного уровня воды. По разнице начального и конечного уровней рассчитайте объем выделившегося водорода.

Для расчета массы выделившегося водорода необходимо знать температуру и атмосферное давление ( $P_{\text{атм}}$ ) в лаборатории (задается преподавателем). Парциальное давление водорода в бюретке ( $P_H$ ) определяется как разность между атмосферным давлением и парциальным давлением насыщенных паров воды ( $P_n$ ), которое можно узнать для данной температуры из табл.1.

Таблица 1

Давление насыщенных паров воды (кПа) для различных температур

$t^{\circ}C$	h	$t^{\circ}C$	h	$t^{\circ}C$	h	$t^{\circ}C$	h
15	1,71	18	2,07	21	2,48	24	2,99
16	1,81	19	2,47	22	2,64	25	3,17
17	1,93	20	2,33	23	2,81	26	3,36

Рассчитайте по уравнению Клапейрона – Менделеева в системе Си массу образовавшегося водорода и, затем, по закону эквивалентов – эквивалентную массу магния.

Используя теоретическое и практическое значения эквивалентной массы, рассчитайте относительную ошибку опыта:  $\Delta = \mathcal{E}_r - \mathcal{E}_{\text{пр}} / \mathcal{E}_r$ .

Б) Определение эквивалентной массы алюминия на основе реакции вытеснения им водорода из раствора щелочи.

Последовательность выполнения опыта аналогична опыту 1А. Навеску алюминия получить у лаборанта. Для реакции использовать 10% раствор NaOH.

### 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЯРНОЙ МАССЫ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА.

Диоксид углерода получают в аппарате Киппа (рис.2) действием 10% раствора соляной кислоты на карбонат кальция (мрамор, мел).

Для удаления из получаемого углекислого газа следов HCl и осушки газа от паров воды его последовательно пропускают через дренсельные склянки, заполненные растворами гидрокарбоната натрия ( $NaHCO_3$ ) и концентрированной серной кислоты ( $H_2SO_4$ ).



**ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ.** Полученную у лаборанта сухую колбу, закрытую пробкой, вставленной до отметки на горле колбы, взвешивают на весах (масса  $m_1$ ). Затем присоединяют колбу к лабораторной установке и заполняют выделяющимся диоксидом углерода в течении 5 минут. Закрывают пробкой (до отметки) и взвешивают (масса  $m_2$ ). Вновь пропускают углекислый газ (2 – 3 минуты) и вновь взвешивают колбу (масса  $m_3$ ). Расхождение между  $m_2$  и  $m_3$  не должно превышать 0,01 г.

Определяют объем колбы, равный объему  $\text{CO}_2$ . Для этого заполняют колбу до метки водой и измеряют ее объем в мерном цилиндре.

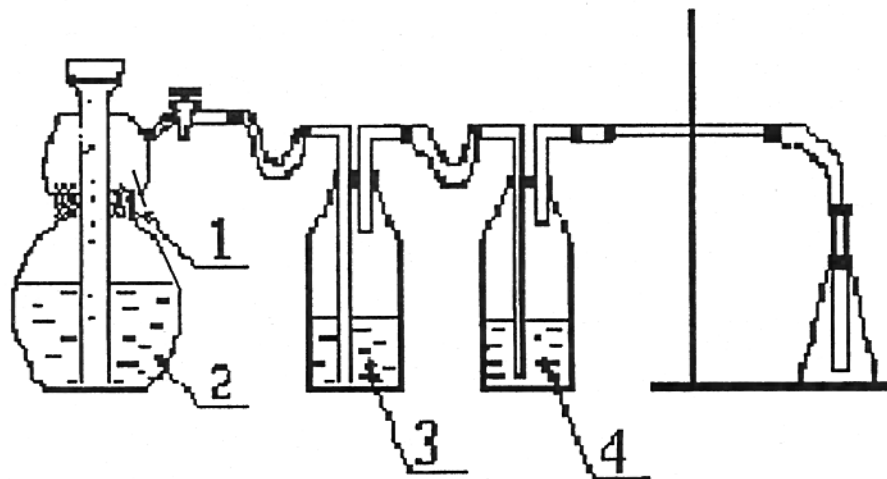


Рис.2. Установка для получения углекислого газа  
 1 –  $\text{CaCO}_3$ ; 2 – ра-р  $\text{HCl}$ ; 3 – ра-р  $\text{NaHCO}_3$ ; 4 –  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Температура и давление в помещении уточняется у лаборанта.

Для определения молярной массы  $\text{CO}_2$  необходимо произвести следующие расчеты:

1. Привести объем  $\text{CO}_2$  к нормальным условиям.
2. Рассчитать массу воздуха в колбе, зная температуру, давление и объем (масса  $m_4$ ).
3. Определить массу пустой колбы ( $m_5 = m_1 - m_4$ ).
4. Рассчитать массу  $\text{CO}_2$  ( $m_6 = m_3 - m_5$ ).
5. Рассчитать молярную массу  $\text{CO}_2$  и относительную ошибку опыта.