

Подготовка к участию в
экспериментальном туре
олимпиады по химии

9 КЛАСС

Для проведения химического анализа в трех пронумерованных пробирках Вам выданы растворы трех солей натрия, в которых массовая доля серы (в пересчете на безводные соли) составляет соответственно 40,5; 25,4 и 22,5 %. Все три соли обычны в лабораторной практике.

► Задание:

► 1. Определите соли, напишите их формулы, укажите номера. Ответ подтвердите расчетами.

► 2. Подробно опишите ход анализа.

► 3. Напишите уравнения реакций, с помощью которых Вы идентифицировали выданные Вам растворы солей.

► Для проведения анализа Вы можете использовать:

- универсальную или лакмусовую индикаторную бумагу;
- раствор соляной кислоты, $C = 5$ моль/л;
- раствор серной кислоты, $C = 1$ моль/л;
- раствор NaOH, $C = 2$ моль/л;
- раствор хлорида бария;
- раствор йода;
- водяную баню, промывалку или стакан с дистиллированной водой, штатив с пробирками, предметное

Решение

В лабораторной практике обычны соли натрия, содержащие серу: Na_2S , Na_2SO_4 , Na_2SO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

- $M(\text{Na}_2\text{S}) = 78 \text{ г/моль}$, $\omega(\text{S}) = (32:78) \cdot 100\% = 41\%$ - не соответствует условию;
- $M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ г/моль}$, $\omega(\text{S}) = (32:142) \cdot 100\% = 22,5\%$;
- $M(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 126 \text{ г/моль}$, $\omega(\text{S}) = (32:126) \cdot 100\% = 25,4\%$;
- $M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 158 \text{ г/моль}$, $\omega(\text{S}) = (64:158) \cdot 100\% = 40,5\%$;
- Вывод: в пробирках находятся растворы Na_2SO_4 , Na_2SO_3 и $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

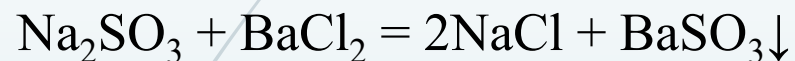
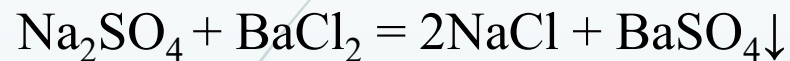
- Реактивы, которые в школьной практике практически не используются:
- $M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8) = 238 \text{ г/моль}$, $\omega(\text{S}) = 26,89\%$
- $M(\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6) = 206 \text{ г/моль}$, $\omega(\text{S}) = 31,07\%$, что не соответствует условию задачи.

Проведение анализа

1. Исследование реакции среды растворов с помощью индикаторной бумаги.

► $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NaHSO}_3 + \text{NaOH}$ Среда щелочная. В двух других случаях –нейтральная.

2. Взаимодействие с хлоридом бария



$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{BaCl}_2 = 2\text{NaCl} + \text{BaS}_2\text{O}_3\downarrow$ белый осадок, выпадает не сразу в виде легкого помутнения. Для усиления эффекта реакции следует потереть стенки пробирки стеклянной палочкой.

3. Проверка растворимости осадков в кислотах и щелочах: NaOH ; HCl



Реакцию можно выполнять в пробирках с нагреванием на водяной бане или на предметном стекле.

$\text{BaS}_2\text{O}_3\downarrow + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{SO}_2\uparrow + \text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ При добавлении HCl образование осадка резко усиливается, выпадает сера.

Сульфат бария не растворится в обоих случаях.

4. Взаимодействие с йодом. Для быстрого протекания реакции можно подкислить раствор йода серной кислотой.



Вывод- соли являются восстановителями, что характерно для соединений серы в низких степенях окисления.

9 класс. Региональный этап

- В 6 пронумерованных пробирках Вам выдан следующий набор растворов индивидуальных солей: Na_2CO_3 , KCl , BaCl_2 , AlCl_3 , ZnSO_4 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Также Вам выданы две бинарные смеси растворов солей из этого набора.
- 1. Заполните таблицу, указав в ней аналитические эффекты, сопровождающие реакции веществ с выданными Вам реактивами (выделение газа \uparrow , выпадение осадка \downarrow , его растворение в избытке реактива):

	Na_2CO_3	KCl	BaCl_2	AlCl_3	ZnSO_4	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
HCl						
H_2SO_4						
$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$						

- 2. Запишите уравнения реакций, сопровождающихся аналитическими эффектами, в соответствии с таблицей (9 реакций).
- 3. С использованием выданных Вам реактивов и оборудования распознайте индивидуальные соли в пробирках №1 – № 6.
- 4. Установите составы выданных Вам бинарных смесей.

► Реактивы: HCl , H_2SO_4 , $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Оборудование: штатив с исследуемыми веществами и бинарной смесью, штатив с пустыми пробирками, глазная пипетка для отбора проб, стакан с дистиллированной водой для промывания пипетки.

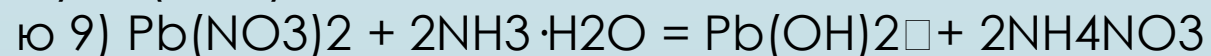
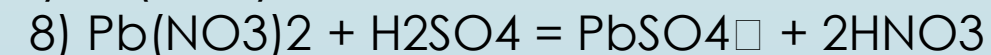
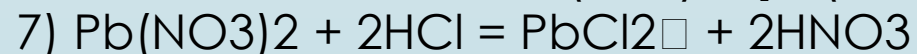
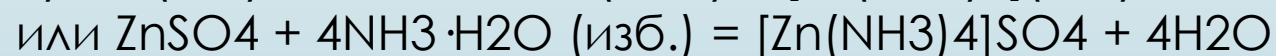
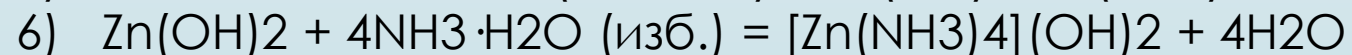
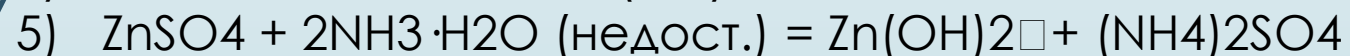
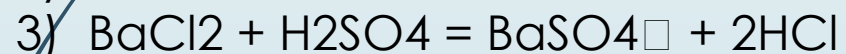
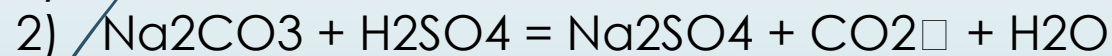
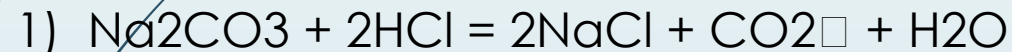
► Заполним таблицу:

РЕШЕНИЕ

Заполним таблицу:

	Na ₂ CO ₃	KCl	BaCl ₂	AlCl ₃	ZnSO ₄	Pb(NO ₃) ₂
HCl	↑	–	–	–	–	↓
H ₂ SO ₄	↑	–	↓	–	–	↓
NH ₃ ·H ₂ O	–	–	–	↓	↓ р. в изб.	↓

2. Уравнения реакций:



10 класс

Химики знают три вещества, в тривиальных названиях которых используется существительное «сода», а указание на конкретное вещество заключено в прилагательном.

- В двух пронумерованных склянках находится по 50 мл двух из трех возможных концентрированных растворов соды. Оба раствора имеют примерно одинаковую молярную концентрацию (моль/л).

Задание

1. Укажите прилагательные, которые используются в названиях трех веществ.
2. Напишите формулы веществ и их химические названия.
3. Используя имеющиеся на рабочем столе реактивы, идентифицируйте вещества, укажите их номера.
4. Определите концентрации выданных растворов (Т), в г/л (ответ должен содержать два знака после запятой).
5. Опишите ход анализа и результаты всех количественных измерений. Напишите уравнения реакций и необходимые вычисления.

➤ Для проведения анализа Вам предлагаются:

Растворы:

➤ Две пронумерованные склянки с растворами для анализа

➤ Соляная кислота, $C = 0,10$ моль/л.

➤ Фенолфталеин, спиртовой 0,1%-й раствор

➤ Метилловый оранжевый, 0,1%-й водный раствор

➤ Оборудование:

➤ Бюретка вместимостью 25 см^3 или 50 см^3

➤ 2 мерные колбы вместимостью 100 мл с пробками

➤ Мерная пипетка вместимостью 10 мл

➤ Резиновая груша

➤ 3 конические колбы для титрования вместимостью 100 – 150 мл

➤ 2 стакана с носиком вместимостью 100 или 150 см^3

➤ Стакан вместимостью 250 см^3 для использованных растворов

➤ Промывалка или стакан с дистиллированной водой

➤ Штатив с пробирками – 2 шт.

➤ Глазная пипетка

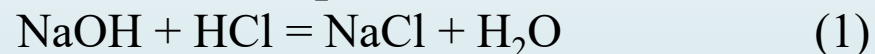
Решение

Названия веществ:

- Сода *кальцинированная* – карбонат натрия безводный Na_2CO_3 .
- Сода *каустическая* – техническое название гидроксида натрия NaOH .
- Сода *питьевая (пищевая)* или двууглекислая – гидрокарбонат натрия NaHCO_3 .

2. Определение номера склянки с раствором гидроксида натрия:

В 2 пробирки поместить по 2-3 капли анализируемых растворов и добавить равный объем соляной кислоты: в пробирках с карбонатом и/или гидрокарбонатом натрия будет выделение газа. В пробирке с гидроксидом натрия (каустической содой) **газовыделение не происходит**.



3. В пробирке, где наблюдается выделение газа, возможны реакции:



Из уравнений 2 и 3 следует, что решить вопрос об идентификации карбоната и гидрокарбоната натрия при одинаковой молярной концентрации растворов можно при титровании указанных растворов щелочью. Объемы, затраченные на титрование равных объемов растворов гидроксида и гидрокарбоната натрия, при одинаковой молярной концентрации должны быть одинаковы. Объем, затраченный на титрование раствора карбоната натрия, должен быть вдвое больше.

Дополнительно: в растворах NaOH и Na_2CO_3 фенолфталеин дает ярко-малиновую окраску, в растворе NaHCO_3 – бледно-розовую.

4. Определение концентрации NaOH

По условию растворы соды *концентрированные*. Указан объем в 50 мл, которого на все определения явно мало, поэтому анализируемые растворы следует разбавить.

- ▶ Для этого мерную пипетку ополаскивают концентрированным раствором NaOH. 10,00 мл конц. раствора NaOH помещают в мерную колбу вместимостью 100 мл, разбавляют до метки дистиллированной водой и перемешивают. *Раствор разбавлен в 10 раз.*
- ▶ Мерную пипетку промывают водой и ополаскивают разбавленным раствором NaOH. В три конические колбы для титрования с помощью мерной пипетки помещают по 10,00 мл **разбавленного** раствора NaOH, добавляют индикатор и титруют растворы до изменения окраски любого из предложенных индикаторов.

Среднее значение объема раствора кислоты, затраченного на титрование, вычисляют из 3 повторностей.

$$V_{\text{среднее}} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}$$

Молярную концентрацию гидроксида натрия вычисляют, исходя из количественных соотношений в уравнении реакции: $n(\text{NaOH}) = n(\text{HCl})$;

$$C(\text{NaOH}) \cdot V_{\text{р-ра}} = C(\text{HCl}) \cdot V_{\text{среднее}}; C(\text{NaOH}) = \frac{C(\text{HCl}) \cdot V_{\text{среднее}}}{V_{\text{р-ра}}}$$

С учетом разбавления данное значение умножим на 10, для выражения концентрации в массовых единицах домножим на молярную массу щелочи:

$$T(\text{NaOH}) = 10 \frac{C(\text{HCl}) \cdot V_{\text{среднее}}}{V_{\text{р-ра}}} M(\text{NaOH}) \text{ г/л}$$

5. Идентификация растворов NaHCO_3 и Na_2CO_3 :

Объем HCl , необходимый на титрование равных объемов карбоната и гидрокарбоната натрия с одинаковой молярной концентрацией различается в 2 раза, что позволяет определить второе вещество по результатам титрования *разбавленного* раствора кислотой:



Выбор индикатора. В точке эквивалентности слабо кислая среда, поэтому для титрования следует использовать индикатор метиловый оранжевый.

6. Определение концентрации раствора NaHCO_3 или Na_2CO_3 :

Второй раствор (карбоната или гидрокарбоната натрия) разбавляют в мерной колбе так же, как раствор NaOH . Титруют до изменения желтой окраски на оранжевую (возможен розовый оттенок). Вычисляют средний объем соляной кислоты, затраченный на титрование, по результатам титрования идентифицируют второе вещество.

Вычисляют концентрацию соли в растворе:

$$T(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 10 \cdot \frac{C(\text{HCl}) \cdot \bar{V}(\text{HCl})}{2 \cdot V(\text{Na}_2\text{CO}_3)} \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3),$$

где $T(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ концентрация раствора карбоната натрия в г/л;

10 – коэффициент, учитывающий разбавление раствора;

$C(\text{HCl})$ – концентрация раствора соляной кислоты, моль/л;

$\bar{V}(\text{HCl})$ – средний объем кислоты, затраченный на титрование, мл;

$V(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ – объем раствора карбоната натрия, взятый для титрования (объем мерной пипетки), мл;

$M(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ – молярная масса карбоната натрия, г/моль.

10 класс .Региональный этап

- Органические кислоты, такие как уксусная ($K_a = 1,75 \cdot 10^{-5}$) и щавелевая ($K_{a,1} = 5,6 \cdot 10^{-2}$, $K_{a,2} = 5,4 \cdot 10^{-5}$), широко используются в промышленности и в быту. Поэтому важно уметь определять содержание этих веществ в растворах, что может быть сделано методом кислотно-основного титрования.

Теоретическое задание

1. Напишите реакции, протекающие при титровании CH_3COOH и $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ раствором NaOH с индикатором фенолфталеин (область перехода $\Delta \text{pH} = 8 \div 10$).
2. Объясните, почему для этих целей не применяют индикатор метиловый оранжевый (область перехода $\Delta \text{pH} = 3,4 \div 4,4$)?
3. Для каждой из двух кислот в общем виде **выведите формулу**, связывающую ее массу (m) в колбе объемом V_k с объемом NaOH (V_{NaOH}), пошедшим на титрование аликвоты этого раствора V_a , если молярная концентрация щелочи равна с NaOH . Молярную массу кислоты, обозначьте $M_{\text{CH}_3\text{COOH}}$ или $M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}$, соответственно.

Практическое задание

4. С использованием выданных Вам реактивов и оборудования определите содержание каждой из кислот (m , г) в выданных Вам колбах.

- Реактивы:
- NaOH (стандартный раствор, концентрация указана на склянке), индикатор фенолфталеин (область перехода $\Delta \text{pH} = 8 - 10$)
- Оборудование:
- бюретка в штативе, пипетка Мора (10,00 мл), колбы для титрования 1–3 шт, воронка для бюретки

Методика титрования

Растворы кислот, полученные в мерных колбах, доводят до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают.

Бюретку через воронку заполняют стандартным раствором NaOH. С помощью пипетки Мора переносят в колбу для титрования аликвотную часть анализируемого раствора кислоты (10,0 мл), добавляют 2 капли индикатора фенолфталеина и титруют раствором NaOH до изменения окраски раствора из бесцветной в розовую, устойчивую в течение не менее 30 секунд.

Для установления точной концентрации кислоты, титрование повторяют до достижения 3 результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл.

Эти результаты усредняют и записывают средний объем титранта (мл) в рабочую тетрадь. По полученным данным рассчитывают массу (г) каждой из кислот в



11 класс

Из щелочей в лабораторной практике чаще всего используют растворы гидроксидов натрия и калия. В продаже гидроксиды натрия и калия имеются в виде технических, чистых (ч.), чистых для анализа (ч.д.а.) и химически чистых препаратов (х.ч.). Технический едкий натр содержит кроме гидроксида натрия заметные количества карбоната натрия, а также хлорида и силиката натрия и другие примеси.

В мерной колбе вместимостью 100,0 мл Вам выдан концентрированный раствор гидроксида натрия, содержащий примесь карбоната натрия. Перед проведением анализа раствор следует разбавить до метки дистиллированной водой и тщательно перемешать.

Задание

1. Укажите технические названия едкого натра и безводного карбоната натрия.
2. Напишите уравнение реакции, которое приводит к изменению химического состава щелочей при длительном хранении.
3. Напишите уравнения реакций, которые протекают при титровании смеси гидроксида и карбоната натрия соляной кислотой.
4. Используя имеющиеся на рабочем столе реактивы и оборудование, проведите анализ.
5. Вычислите массы гидроксида и карбоната натрия, содержащиеся в выданном Вам растворе. Ответы должны содержать три знака после запятой.
6. Вычислите массу навески (гидроксида натрия с примесью карбоната натрия), использованную для приготовления Вашего раствора и массовые доли гидроксида и карбоната натрия в ней.
7. Приведите все необходимые вычисления с краткими комментариями.

Для проведения анализа Вам предлагаются:

➤ Растворы:

- Соляная кислота, $C = 0,10$ моль/л.
- Фенолфталеин, спиртовой 0,1%-й раствор
- Метиловый оранжевый, 0,1%-й водный раствор



➤ Оборудование:

- Бюретка вместимостью 25 см³ или 50 см³
- Мерная колба вместимостью 100 мл с пробкой
- Мерная пипетка вместимостью 10 мл
- Резиновая груша
- 3 конические колбы для титрования вместимостью 100 – 150 мл
- 2 стакана с носиком вместимостью 100 или 150 см³
- Стакан вместимостью 250 см³ для использованных растворов
- Промывалка или стакан с дистиллированной водой

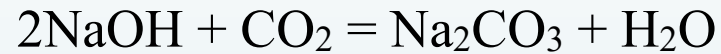
Решение

1. Названия веществ:

Карбонат натрия безводный Na_2CO_3 - *сода кальцинированная.*

Гидроксид натрия технический NaOH - *сода каустическая.*

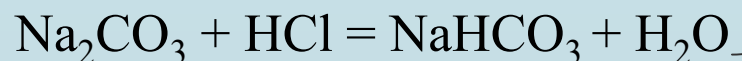
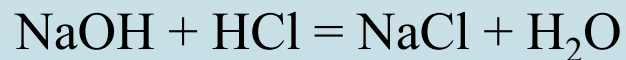
2. При длительном хранении щелочей происходит поглощение углекислого газа и образование карбоната натрия:



Выполнение эксперимента

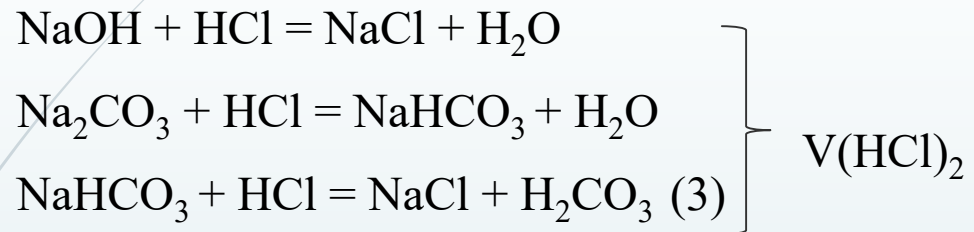
Анализируемый раствор в мерной колбе разбавляют до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают. Аликвотную часть раствора – $10,0 \text{ см}^3$ с помощью мерной пипетки переносят в колбу для титрования, добавляют 2-3 капли фенолфталеина и быстро титруют стандартным раствором кислоты из бюретки до перехода окраски раствора из малиновой в бесцветную. В конце титрования кислоту прибавляют медленно и осторожно. Записывают затраченный объем кислоты

При этом протекают реакции 1 и 2



} $V(\text{HCl})_1$ (По реакции 2 титруется половина карбоната натрия, находящаяся в растворе.)

Далее в раствор добавляют индикатор метиловый оранжевый и продолжают титрование кислотой до перехода окраски раствора из желтой в оранжевую. При этом протекает реакция 3 (*титруется вторая половина карбоната натрия*):



Объем соляной кислоты, который пошел на титрование половины карбоната по реакции (3), равен разности $V(\text{HCl})_2 - V(\text{HCl})_1$

Для титрования полного количества карбоната необходимо в 2 раза больше:
 $V(\text{HCl})_3 = 2[V(\text{HCl})_2 - V(\text{HCl})_1]$

Объем соляной кислоты, пошедший на титрование щелочи, равен
 $V(\text{HCl})_4 = V(\text{HCl})_2 - V(\text{HCl})_3$

По закону эквивалентов: $N(\text{NaOH}) = n(\text{HCl})$

$$C(\text{NaOH}) \cdot V_{\text{аликвоты}}(\text{NaOH}) = C(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})_4$$

$$C(\text{NaOH}) = \frac{C(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})_4}{V_{\text{аликвоты}}(\text{NaOH})}$$

Масса NaOH в мерной колбе равна: $m(\text{NaOH}) = C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{колбы}) \cdot M(\text{NaOH})$

Объединим эти выражения: $m(\text{NaOH}) = \frac{C(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})_4 \cdot V_{\text{колбы}} \cdot M(\text{NaOH})}{V_{\text{аликвоты}}(\text{NaOH})}$

Если объемы кислоты, колбы и аликвоты взяты в мл, для соблюдения единиц измерения, необходимо ввести дополнительный коэффициент в знаменатель :

$$m(\text{NaOH}) = \frac{C(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})_4 \cdot V_{\text{колбы}} \cdot M(\text{NaOH})}{V_{\text{аликвоты}}(\text{NaOH}) \cdot 1000}$$

Массу карбоната натрия рассчитывают аналогично, но с соблюдением закона эквивалентов (с учетом стехиометрии реакции). Конечная формула имеет вид:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{C(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})_3 \cdot V_{\text{колбы}} \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{V_{\text{эквивоты}}(\text{NaOH}) \cdot 1000 \cdot 2}$$

Далее вычисляют суммарную массу растворенного вещества:

$$m(\text{навески}) = m(\text{NaOH}) + m(\text{Na}_2\text{CO}_3).$$

Массовые доли NaOH и Na₂CO₃ в навеске:

$$\omega(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m(\text{навески})}$$

ХИМИЧЕСКИЙ ЭКВИВАЛЕНТ -

- ▶ реальная (атом, молекула, ион, электрон...) или условная (часть атома, молекулы...) частица вещества, которая может присоединять, замещать или другим образом быть равноценной 1 атому водорода в обменных реакциях или 1 электрону в окислительно-восстановительных реакциях.

Фактор эквивалентности -

- ▶ Число, обозначающее долю реальной частицы, которая эквивалентна 1 атому водорода или 1 электрону.

$$f_{\text{э}}(X) \leq 0$$

Число эквивалентности

показывает, какому числу атомов водорода или электронов эквивалентна 1 реальная частица вещества.

$$Z_{\text{э}}(X) \geq 1$$

Количественные характеристики ЭКВИВАЛЕНТА

Количество вещества эквивалента – величина, характеризующая число эквивалентов, содержащихся в системе.

$$n_{\text{э}}(X) = n(X) : f_{\text{э}}(X), \text{ моль}$$

- Молярная масса эквивалента – масса 1 моль эквивалентов.

$$M_{\text{э}}(X) = m(X) : n_{\text{э}}(X), \text{ г/моль}$$

$$M_{\text{э}}(X) = M(X) \cdot f_{\text{э}}(X), \text{ г/моль}$$

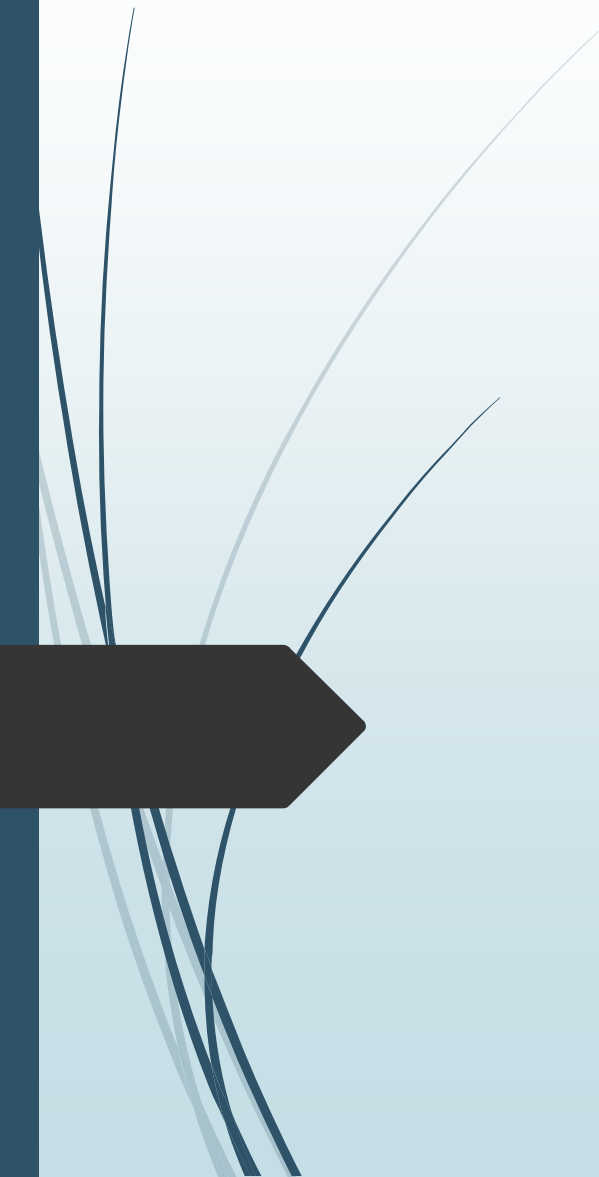
Продолжение

- ▶ Молярный объем эквивалента – объем, занимаемый 1 моль эквивалентов газа при н.у.

$$V_{m \text{ э}} (Y) = V_m : n_{\text{э}} (Y), \text{ л/моль}$$

$$V_{m \text{ э}} (Y) = f_{\text{э}} \cdot V_m, \text{ л/моль}$$

Расчет факторов эквивалентности

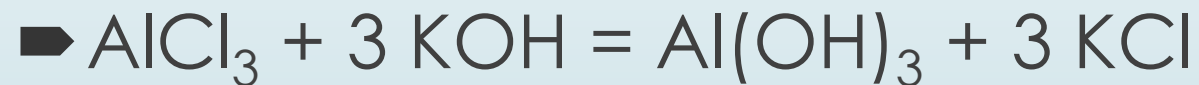
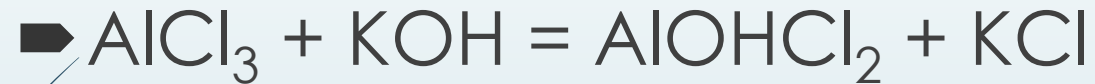
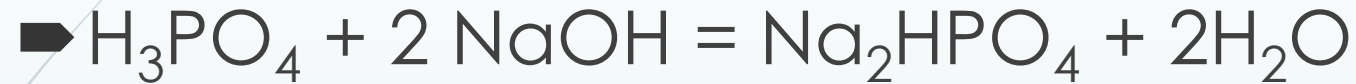
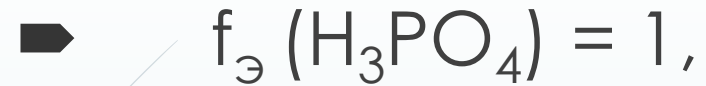
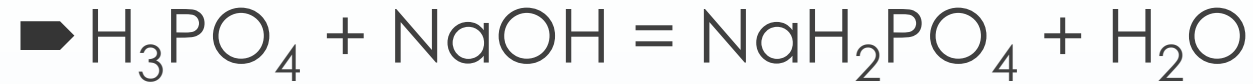






Факторы эквивалентности веществ в химических реакциях

- ▶ Для одноосновных кислот и однокислотных оснований, участвующих в реакциях обмена, факторы эквивалентности всегда равны 1.
- ▶ Факторы эквивалентности многокислотных оснований $X(OH)_y$, многоосновных кислот H_yXO и солей ($Me_y An$) в реакциях обмена обратно пропорциональны произведению числа обмененных ионов на абсолютное значение заряда этого иона.





Факторы ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ В ОВР

Закон эквивалентов

- ▶ Для гипотетической реакции: $aA + bB = cC$ $n_{\text{э}}(A) = n_{\text{э}}(B) = n_{\text{э}}(C)$.
- ▶ $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- ▶ $n=1$ моль $n=2$ моль $n=1$ моль
- ▶ $f_{\text{э}} = \frac{1}{2}$ $f_{\text{э}} = 1$ $f_{\text{э}} = \frac{1}{2}$
- ▶ $n_{\text{э}} = 2$ моль $n_{\text{э}} = 2$ моль $n_{\text{э}} = 2$ моль.

▶ ***Массы реагирующих веществ и продуктов реакции относятся между собой как молярные массы их эквивалентов.***

- ▶ Для приведенной гипотетической реакции:

$$m(A) : m(B) = M_{\text{э}}(A) : M_{\text{э}}(B).$$

При сгорании 5,00 г металла образовалось 9,44 г его оксида.
Определите, какой металл был взят для опыта.



