

## Материалы заданий олимпиады 2013-2014 учебного года

Наименование олимпиады школьников: Многопредметная олимпиада «Юные таланты»  
Предмет (комплекс предметов): Химия  
Порядковый номер олимпиады в Перечне (Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 декабря 2013 г. № 1421): 27

### СОДЕРЖАНИЕ

1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА .....	2
1.1 Задания Теоретического тура .....	2
1.1.1 Задания 9 класса.....	2
1.1.2. Задания 10 класса.....	4
1.1.3. Задания 11 класса.....	7
1.2 . Задания экспериментального тура .....	9
1.2.1. Задание 9 класса.....	9
1.2.2. Задание 10 класса.....	10
1.2.3. Задание 11 класса.....	11
2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА .....	11
2.1. Критерии оценивания заданий Теоретического тура .....	11
2.1.1. Задания 9 класса.....	11
2.1.2. Задания 10 класса.....	15
2.1.3. Задания 11 класса.....	20
2.2. Критерии оценивания заданий экспериментального тура .....	26
2.2.1. Задание 9 класса.....	26
2.2.2. Задание 10 класса.....	27
2.2.3. Задание 11 класса.....	28
3. ЗАДАНИЯ ПЕРВОГО (ОТБОРОЧНОГО) ЭТАПА .....	30
3.1 Задания итогового тура .....	30
3.1.1 Задания 9 класса.....	30
3.1.2. Задания 10 класса.....	32
3.1.3. Задания 11 класса.....	33
3.2. Критерии оценки заданий итогового тура.....	35
3.2.1. Задания 9 класса.....	35
3.2.2. Задания 10 класса.....	39
3.2.3. Задания 11 класса.....	44
3.3 Задания зачетного тура .....	49
3.3.1. Задания 9 класса.....	49
3.3.2 Задания 10 класса.....	52

3.3.3 Задания 11 класса.....	55
3.4 Критерии оценки заданий зачетного тура.....	58
3.4.1 Задания 9 класса.....	58
3.4.2 Задания 10 класса.....	59
3.4.3 Задания 11 класса.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## 1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

### 1.1 Задания Теоретического тура

#### 1.1.1 Задания 9 класса

##### *Задача 9-1*

##### **Состоит ли вода сама собою?**

Прочтите отрывок из труда М.В.Ломоносова «О слоях земных»:

«... вода состоит сама собою; на другие материи не делима. И хотя через Химию нечто постороннее отделить от ней можно; однако того за нужную часть к составлению воды почитать отнюдь не должно: за тем что по отделении оно вода останется водою, и еще чище прежнего становится. Напротив того **соль** разделяется Химическими действиями на **кислую водку** и **щелочную соль**. Кислая соляная водка почитается от искуснейших Химиков еще за сложенную материю, затем что от других кислых водок разнится, чего без примешения иной материи быть не может. Щелочная соль разделяется на **летучую кислую материю** и на **безвкусную землю**. Сие при рассуждении минеральных тел, составляющих слои и внутренности земные, весьма требует внимания: то есть должно ли их почесть за первозданные, или от первозданных со временем происшедшие».

1. *Предложите современные химические названия для выделенных слов и выражений.*
2. *Напишите уравнения реакций, которые упоминаются в тексте. Учтите при этом, что М.В. Ломоносов пишет «химические действия» во множественном числе, то есть допускает превращение в несколько стадий.  
Подсказка: «безвкусная земля» выделяется только при использовании стеклянной посуды; во времена М.В. Ломоносова ошибочно считали, что это вещество образуется из «щелочной соли».*
3. *Какие из упомянутых реагентов являются электролитами? Напишите уравнения их диссоциации.*
4. *Согласны ли вы с утверждением из первого предложения? Если нет, предложите способы разделения воды на «другие материи».*
5. *Как в настоящее время мы называем «сложенные материи», «неразделимые материи»?*
6. *Какими способами можно «через Химию нечто постороннее отделить» от воды?*

##### *Задача 9-2*

Пекарский порошок – искусственный разрыхлитель теста, применяемый при выпечке хлеба и приготовлении кондитерских изделий без дрожжей, как ингредиент хлебопечения,

он был разработан в начале XX века. Представляет собой сухую смесь пищевых добавок — основных и кислых солей — с добавлением наполнителя, предотвращающего их взаимодействие до использования (введения в тесто). Пекарский порошок с различным составом ингредиентов выпускается многими производителями пищевых добавок и продаётся в готовом виде. Один из составов включает смесь кислых солей **A** и **B** с крахмалом. При приготовлении теста пекарский порошок следует смешать с сухой мукой, предназначенной для выпечки, а не растворять в воде.

Эквимольную смесь соединений **A** (6,00 г) и **B** (4,20 г) растворили в тёплой воде. При этом выделилось  $1120 \text{ см}^3$  (н. у.) газа **B** (молярная масса 44 г/моль) и образовался раствор кислой соли **Г**. После выпаривания раствора получили 17,9 г кристаллогидрата  $\text{Г} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  (массовая доля воды 0,6034).

1. Определите соединения **A**, **B**, **B** и **Г**, если известно, что соли **A** и **B** окрашивают пламя в жёлтый цвет.
2. Какую роль в их составе играет крахмал?
3. Приведите уравнения реакций, которые происходят при нагревании соединений **A**, **B** и **Г**.
4. Приведите уравнение реакции между солями **A** и **B** в водном растворе.
5. Почему пекарский порошок нельзя предварительно растворить в воде прежде чем добавить в тесто?

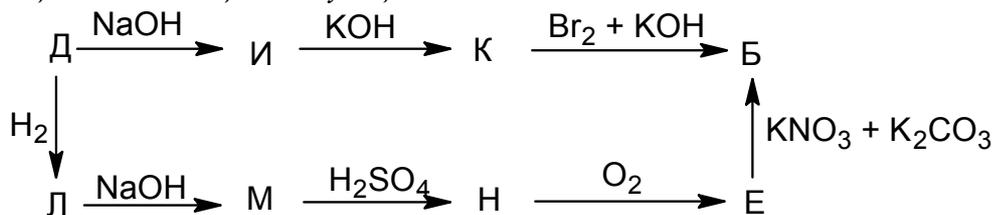
### Задача 9-3

Кристаллическое вещество **A** оранжевого цвета хорошо растворимо в воде. При добавлении щелочи к оранжевому раствору **A** он приобретает желтую окраску (**B**), а при последующем добавлении раствора нитрата серебра выпадает кирпично-красный осадок **B**.

При взаимодействии **A** с концентрированной соляной кислотой выделяется газ желто-зеленого цвета **Г** и образуются соль **Д**, содержащая хром.

Если через концентрированный раствор **A**, содержащий достаточное количество серной кислоты, пропускать оксид серы (IV), то образуется смесь солей **Е** и **Ж** в мольном соотношении 1:1. Эта реакция используется в промышленности для получения кристаллического вещества **З**, которое образуется при выпаривании раствора смеси **Е** и **Ж**.

1. Определите вещества **A–З**.
2. Напишите уравнения всех упоминаемых реакций.
3. После того как все вещества определены не составит труда написать уравнения реакций отвечающих следующей схеме:

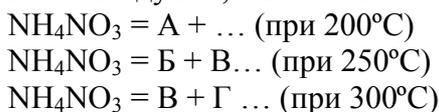


### Задача 9-4

Представьте, что у Вас есть дистиллированная вода и набор реактивов, состоящий из концентрированной серной кислоты, гидроксида кальция, хлорида аммония и нитрата калия. Полагая, что серная кислота и гидроксид кальция взяты в избыточном количестве, подумайте, какие реакции и методы разделения веществ следует использовать для получения, в результате, чистого нитрата аммония. Какое количество конечного продукта должно получиться из 214 г хлорида аммония и 318 г нитрата калия, если степень использования первого вещества 75 %, а второго – 95,283 %.

1. Напишите уравнения реакций, укажите названия продуктов, необходимые способы разделения веществ и приведите расчёт количеств промежуточных и конечного продукта, основываясь на степени использования реагентов.

Нитрат аммония при нагревании разлагается, причем состав продуктов реакции зависит от температуры. Известно, что А, Б, В и Г – это газы, А – используется в медицине, Б – легко окисляется воздухом, а В и Г являются основными компонентами воздуха.



2. *Напишите уравнения реакций разложения нитрата аммония.*

### Задача 9-5

При получении хрома и металла **X** из природного соединения состава  $\text{XCr}_2\text{O}_4$  используется следующая технологическая схема:

1. Окислительное плавление  $\text{XCr}_2\text{O}_4$  в присутствии карбоната натрия и кислорода воздуха.
2. Полученный спек обрабатывают водой и отделяют осадок **A**.
3. Раствор подкисляют серной кислотой.
4. Раствор упаривают и охлаждают, отделяют **B**.
5. Соединение **B** восстанавливают при нагревании углеродом до продукта **C**.
6. Из продукта **C** алюмотермическим восстановлением получают один из целевых металлов.
7. Восстановлением **A** получают второй металл.

Металл **X** представляет собой белый, блестящий металл, сравнительно небольшой твердости. Металл **X** образует три оксида с массовой долей кислорода 22,2%, 30,0% и 27,6%

1. *Определите металл X*
2. *Приведите уравнения реакций получения хрома и X из  $\text{XCr}_2\text{O}_4$ .*
3. *В чем состоит целесообразность стадии 3?*

Для получения металла **X** восстановлением водорода могут использоваться все три оксида.

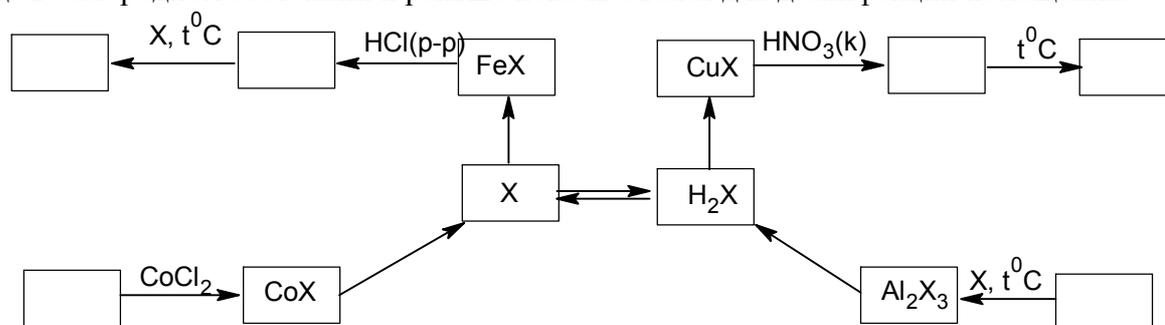
4. *Напишите уравнения реакций получения X из оксидов и определите при использовании какого из оксидов затраты теплоты для получения 1 тонны X минимальны.*

w(O) в оксиде, %	Q <sub>обр.</sub> , кДж/моль
22,2	263,68
27,6	1117,71
30,0	821,32
H <sub>2</sub> O	241,84

### 1.1.2. Задания 10 класса

#### Задача № 10-1

Ниже приведены превращения веществ, содержащих элемент **X**, который встречается в природе в самородном состоянии и раньше использовался для дезинфекции помещений.



1. *Напишите уравнения реакций, отвечающих данной схеме.*

Действием избытка 25%-ного раствора серной кислоты на раствор, содержащий 96 г  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , получили газ, который количественно перегнали через трубки с  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  в

реакционную колбу и сконденсировали. В течение 2-х часов при перемешивании прикапывали 27 г соединения **Y** при  $-80^{\circ}\text{C}$ . После обесцвечивания раствора его медленно нагревают до прекращения выделения газа (**Z**<sub>1</sub>) и получают практически чистое вещество (**Z**<sub>2</sub>).

2. Определите вещество **Y**, если известно, что это соединение элемента **X** (47,4%) с хлором.
3. Определите вещества **Z**<sub>1</sub> и **Z**<sub>2</sub>, считая, что исходные вещества взяты в эквивалентных количествах. Напишите уравнения реакций, описанных в тексте.
4. При нагревании или длительном стоянии **Z**<sub>2</sub> разлагается с образованием **X**. Напишите уравнение реакции.

### Задача № 10-2

Пекарский порошок – искусственный разрыхлитель теста, применяемый при выпечке хлеба и приготовлении кондитерских изделий без дрожжей, как ингредиент хлебопечения, он был разработан в начале XX века. Представляет собой сухую смесь пищевых добавок — основных и кислых солей — с добавлением наполнителя, предотвращающего их взаимодействие до использования (введения в тесто). Пекарский порошок с различным составом ингредиентов выпускается многими производителями пищевых добавок и продаётся в готовом виде. Один из составов включает смесь кислых солей **A** и **B** с крахмалом. При приготовлении теста пекарский порошок следует смешать с сухой мукой, предназначенной для выпечки, а не растворять в воде.

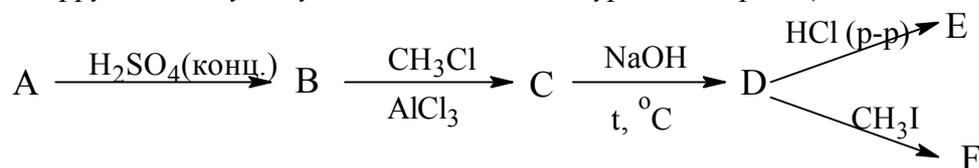
Эквимольную смесь соединений **A** (6,00 г) и **B** (4,20 г) растворили в тёплой воде. При этом выделилось 1120 см<sup>3</sup> (н. у.) газа **B** (молярная масса 44 г/моль) и образовался раствор кислой соли **G**. После выпаривания раствора получили 17,9 г кристаллогидрата **G**·12H<sub>2</sub>O (массовая доля воды 0,6034).

6. Определите соединения **A**, **B**, **B** и **G**, если известно, что соли **A** и **B** окрашивают пламя в жёлтый цвет.
7. Какую роль в их составе играет крахмал?
8. Приведите уравнения реакций, которые происходят при нагревании соединений **A**, **B** и **G**.
9. Приведите уравнение реакции между солями **A** и **B** в водном растворе.
10. Почему пекарский порошок нельзя предварительно растворить в воде, прежде чем добавить в тесто?

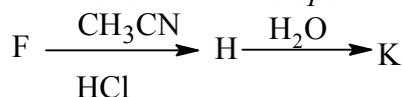
### Задача № 10-3

Метилвый эфир м-крезола (**F**) может использоваться при синтезе различных аналогов природных веществ, в частности одного из видов искусственного мускуса, имеющего строение 1-метил-3-метокси-2,6-динитро-4-третбутилбензола (**G**).

1. Расшифруйте схему получения **F**. Напишите уравнения реакций.



2. Предложите схему синтеза **G** из **F**
3. Осуществите превращения описанные схемой ниже, которые иллюстрируют возможность применения соединения **F** в органическом синтезе:



### Задача № 10-4

Смесь хлоридов магния, кальция, калия, кобальта, алюминия и марганца растворили в воде. Провели качественный анализ полученного раствора по следующей схеме.

1. К раствору добавляют 6 н. аммиака до появления не исчезающей мути, затем приливают несколько капель хлорида аммония и нагревают на водяной бане. Затем в течение 1 – 2 минут пропускают сероводород. Центрифугируют, отделяют раствор (**p1**) от осадка (**o1**).
2. Осадок (**o1**) растворяют при нагревании в 2 н. соляной кислоте. После отделения осадка получают раствор (**p2**) и осадок (**o2**).
3. Раствор (**p2**) подкисляют до  $\text{pH} \approx 4$  и добавляют 10%-ный раствор бензоата аммония. После нагревания горячий раствор фильтруют и получают осадок (**o3**) и раствор (**p3**). При добавлении к **p3** кристаллов  $\text{NaBiO}_3$  и нескольких капель азотной кислоты наблюдается образование малиновой окраски.
4. **o3** растворяют в 6 н. соляной кислоте, при этом образуется белый кристаллический осадок (**o4**) и раствор (**p4**).
5. **p1** подщелачивают концентрированным раствором аммиака и приливают карбонат аммония. Смесь нагревают и центрифугируют (получают **p5** и **o5**).
6. **p5** подкисляют азотной кислотой и выпаривают досуха. Нагревание сухого остатка продолжают до прекращения выделения белого дыма. Чашку охлаждают, осадок смачивают несколькими каплями концентрированной  $\text{HCl}$  и выпаривают досуха. Полученный остаток растворяют в воде.

К части полученного раствора добавляют раствор аммиака и кристаллы  $\text{NaN}_2\text{PO}_4$ . При этом образуется белый осадок (**o6**).

К другой части раствора прибавляют раствор гексанитритокобальтата (III) натрия и наблюдают образование желтого осадка (**o7**).

1. *Определите качественный состав растворов **p1** – **p5** (в виде ионов) и осадков **o1** – **o7** (в виде соединений).*
2. *Напишите уравнения химических реакций (12 шт.).*
3. *Приведите способ определения наличия в растворе хлорид-ионов*
4. *Зачем необходимо выпаривать **p5** на стадии 6?*
5. *Приведите способ, позволяющий однозначно определить катион, входящий в состав **o5**.*
6. ***o2** может быть растворен в смеси  $\text{HCl}$  и  $\text{H}_2\text{O}_2$ , а затем определен по образованию синего раствора с роданидом аммония. Напишите уравнения реакций.*

#### Задача № 10-5

#### Многоликий карбонат

В природе встречается две разновидности карбоната кальция: кальцит и арагонит.

Кальцит широко распространен на поверхности Земли и является самым распространенным биоминералом. В чистом виде кальцит прозрачный или белый, примеси окрашивают его в различные цвета: зеленый, розовый, красно-коричневый, синеватый.

1. *В составе каких животных встречается кальцит?*

2. *Соотнесите цвет кальцита из текста и примесь: пирит, соли никеля, соли кобальта, соли железа.*

При нагревании кальцита до  $470^\circ\text{C}$  или при повышенном давлении образуется арагонит. Несмотря на одинаковый химический состав, минералы имеют разные кристаллические решетки и разные свойства. Например, координационное число кальция в кальците равно шести, а в арагоните девяти.

Второе правило Полинга: в устойчивой ионной структуре степень окисления каждого аниона, взятая с обратным знаком, равна сумме валентных усилий катионов, связанных с

этим анионом: 
$$z^- = \sum_i s_i = \sum_i \frac{z_i^+}{\text{КЧ}_i},$$

где  $z^-$  - заряд аниона,

$s_i$  - валентное усилие катиона, равное отношению его заряда  $z^+$  к координационному числу (КЧ),

КЧ - число атомов, связанных с данным атомом сильными химическими связями)

3. Пользуясь вторым правилом Полинга, определите, с каким количеством ионов кальция связан каждый атом кислорода карбонат-иона в структуре кальцита и арагонита.

4. Схематично изобразите окружение карбонат-иона ионами кальция в структуре кальцита и арагонита, если известно, что в обоих случаях один карбонат-ион связан с 6 ионами кальция.

При нагревании кальцита выше 470°C кальцит начинает разлагаться с выделением углекислого газа.

5. Определите, какое количество метана потребуется для разложения 50 кг кальцита.

Вещество	Q <sub>обр</sub> , кДж/моль
CaCO <sub>3</sub>	1206,0
CO <sub>2</sub>	393,5
CaO	635,1
H <sub>2</sub> O	241,8
CH <sub>4</sub>	74,9

### 1.1.3. Задания 11 класса

#### Задача № 11-1

В 100 г 20%-ного раствора NaOH растворили 0,4988 г серебристо-серого вещества **A**. При этом выделилось 1,24 л (н.у.) газа **B** с плотностью по азоту 0,0714 (реакция 1).

При растворении точно такой же навески вещества **A** в насыщенном растворе соли **B** также наблюдается выделение 1,24 л (н.у.) газа **B** (реакция 2), но при нагревании реакционной смеси выделилось еще 2,48 л (н.у.) газа **Г** с плотностью по воздуху 0,5862 (реакция 3). Газ **Г** поглощается раствором серной кислоты (реакция 4). О соли **B** известно, что она хорошо растворяется в воде, а при нагревании выше 170 °С разлагается с выделением газа **Г** и образованием соли **Д** (реакция 5), а при нагревании выше 240 °С соль **Д** полностью разлагается с образованием двух газов **Г** и **Е** (в объемном соотношении 1 : 2) (реакция 6), с плотностью газовой смеси по азоту 0,6786. Газ **Е**, в отличие от газа **Г**, хорошо поглощается раствором гидроксида натрия (реакция 7).

1. Определите вещества **A – E**.

2. Напишите уравнения всех протекающих реакций.

#### Задача № 11-2

В 1825 году при охлаждении светильного газа Фарадей получил кристаллы нового вещества (**A**). Через 40 лет другой ученый (**X**) установил его строение и предложил структурную формулу этого вещества.

Дальнейшие исследования подтвердили правильность данной формулы:

1. Байер установил, что гидрированием терефталевой кислоты можно получить **B**.
2. Гарриес проозонировал **A** и после гидролиза получил соединение **B**.
3. Вибо в 1941 году проозонировал о-ксилол, получив три различных соединения (**Г**, **Д**, **Е**).
4. На свету **A** присоединяет хлор с образованием инсектицида – гамексана (**Ж**).
5. Сиганек и Криспан установили что в жестких условиях **A** вступает в реакцию циклоприсоединения с 1,1,1,4,4,4-гексафторбут-2-ином с образованием соединения (**З**).

Дьюар предложил свою формулу соединения **A**, однако ввиду экспериментальных данных, доказывающих соответствие **A** «формуле **X**», о «дьюаровском **A**» было забыто

Ван-Тамелен и Паппас в 1963 году синтезировали «дьюаровский **A**» (**К**) следующим путем: аддукт 1,3-бутадиена и малеинового ангидрида (**Л**) превращали в ангидрид циклогекса-3,5-диен-1,2-дикарбоновой кислоты (**М**), который под действием ультрафиолетового излучения перегруппировывался в **Н**. При декарбоксилации **Н** тетраацетатом свинца при

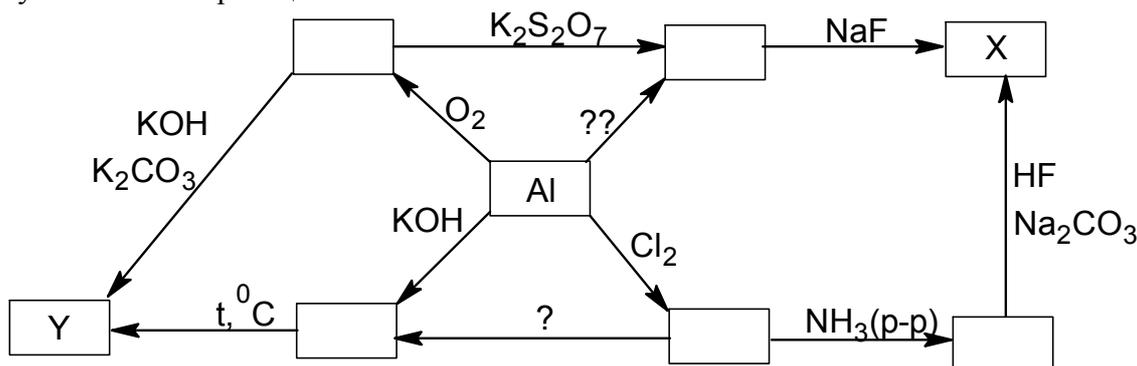
45°C в пиридине получали К. Нагретый до 90 °С К полностью изомеризуется в А. Известно, что «дьюаровский А» является симметричной молекулой.

1. Напишите структурные формулы и названия соединений А – Ж (7 б)
2. Назовите фамилию ученого предложившего структурную формулу А (0,5б.)
3. Напишите структурные формулы и названия соединений К – Н (2 б.)

### Задача № 11-3

В 1825 году Х.-К. Эрстед при восстановлении  $AlCl_3$  амальгамой калия получил новый металл, а в 1854 А.-Э. Сент-Клер-Девиль осуществил получение алюминия электролизом.

Алюминий является четвертым по распространенности элементом и широко используется в промышленности и технике. По химическим свойствам этот металл является амфотерным и участвует во многих реакциях:



1. Напишите уравнения реакций, отвечающих схеме, определите реагенты, обозначенные знаками ? и ??.
2. Вещество Y образуется при вскрытии бокситов (природный оксид алюминия). Почему вскрытие бокситов проводят в щелочной среде?

Получение металлического алюминия проводят электролизом раствора оксида алюминия в расплавленном X. Вещество X не участвует в процессе электролиза, но необходимо при его проведении.

3. Для каких целей служит вещество X при получении алюминия.
4. Напишите уравнения получения алюминия электролизом, если известно, что на аноде выделяется газ.

Электролиз широко используется и для получения других металлов. Например, магний получают путем электролиза расплава хлорида магния.

5. Напишите уравнения реакции получения магния электролизом.
6. При получении алюминия из оксида выделилось 12 кг кислорода. Какую массу магния можно получить, если подвергнуть электролизу хлорид магния при тех же условиях (время и сила тока)?

### Задача № 11-4

В лаборатории обнаружена банка с неизвестным органическим веществом А. Криоскопическим методом определена относительная молекулярная масса вещества А: водный раствор, содержащий 11,425 г вещества А в 100 г воды, замерзает при температуре  $-2,45^\circ C$ . Известно также, что вещество А содержит только С, Н и О.

*Примечание: Криоскопический метод основан на понижении температуры замерзания раствора по сравнению с температурой замерзания чистого растворителя. При этом разность температур замерзания пропорциональна моляльной концентрации  $m$  (моль/1000 г растворителя):*

$$\Delta T = K m,$$

где  $K$  – криоскопическая константа, для воды  $K=1,84$ .

При сжигании навески А массой 43 мг в 100 мл кислорода образуется газовая смесь, занимающая после полной конденсации воды объем 94,4 мл. После пропускания этой смеси

через раствор щелочи остается 49,6 мл газа, поддерживающего горение (все объемы приведены к н.у.). Вещество **А** дает реакцию серебряного зеркала и образует при этом соль вещества **Б**, которое можно подвергнуть внутримолекулярной дегидратации с образованием вещества **В**.

1. Установите строение веществ **А**, **Б**, **В**
2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.
3. Напишите уравнения реакций вещества **А** (если они идут) с водородом, бромом, водным раствором перманганата калия в кислой среде, синильной кислотой.

### Задача № 11-5

#### Многоликий карбонат

В природе встречается две разновидности карбоната кальция: кальцит и арагонит.

Кальцит широко распространен на поверхности Земли и является самым распространенным биоминералом. В чистом виде кальцит прозрачный или белый, примеси окрашивают его в различные цвета: зеленый, розовый, красно-коричневый, синеватый.

1. В составе каких животных встречается кальцит?

2. Соотнесите цвет кальцита из текста и примесь: пирит, соли никеля, соли кобальта, соли железа.

При нагревании кальцита до 470°C или при повышенном давлении образуется арагонит. Несмотря на одинаковый химический состав, минералы имеют разные кристаллические решетки и разные свойства. Например, координационное число кальция в кальците равно шести, а в арагоните девяти.

Второе правило Полинга: в устойчивой ионной структуре степень окисления каждого аниона, взятая с обратным знаком, равна сумме валентных усилий катионов, связанных с

этим анионом: 
$$z^- = \sum_i s_i = \sum_i \frac{z_i^+}{KЧ_i},$$

где  $z^-$  - заряд аниона,

$s_i$  - валентное усилие катиона, равное отношению его заряда  $z^+$  к координационному числу (КЧ),

КЧ - число атомов, связанных с данным атомом сильными химическими связями)

3. Пользуясь вторым правилом Полинга, определите, с каким количеством ионов кальция связан каждый атом кислорода карбонат-иона в структуре кальцита и арагонита.

4. Схематично изобразите окружение карбонат-иона ионами кальция в структуре кальцита и арагонита, если известно, что в обоих случаях один карбонат-ион связан с 6 ионами кальция.

При нагревании кальцита выше 470°C кальцит начинает разлагаться с выделением углекислого газа.

5. Определите, какое количество метана потребуется для разложения 50 кг кальцита.

Вещество	Q <sub>обр</sub> , кДж/моль
CaCO <sub>3</sub>	1206,0
CO <sub>2</sub>	393,5
CaO	635,1
H <sub>2</sub> O	241,8
CH <sub>4</sub>	74,9

## 1.2 . Задания экспериментального тура

### 1.2.1. Задание 9 класса

В пробирке , отмеченной буквой **А**, представлен водный раствор вещества, являющегося как окислителем, так и восстановителем.

Известно, что при нагревании раствора, а также при добавлении небольшого количества MnO<sub>2</sub> это вещество активно начинает выделять газ без запаха и вкуса. Этот газ играет первостепенную роль в обеспечении жизни на Земле.

Вы, конечно же, догадались, что это за газ и, что за вещество в пробирке.

1. *Напишите формулу вещества, растворенного в пробирке А и составьте уравнения реакций, описанных в тексте.*

В штативе расположены пять пронумерованных пробирок. Они содержат растворы: 1 – сульфата меди (II), 2 – сульфата кобальта (II), 3 – перманганата калия, 4 – иодида калия и 5 – сульфата железа (II).

Вам предстоит исследовать действие вещества А на каждое из веществ в пробирках 1 – 6 в присутствии кислоты, щелочи и нейтральном растворе.

Поместите вещество из пронумерованной пробирки в чистую пробирку, добавьте кислоты или щелочи. Зафиксируйте наблюдаемый эффект. После чего добавьте вещество А и зафиксируйте видимый результат реакции.

2. *Заполните таблицу, отвечающую действию вещества А на растворы в пробирках 1 – 6. В соответствующих клетках таблицы укажите наблюдаемый эффект реакции и формулу продукта реакции.*

№	Вещество в растворе	Среда раствора		
		Кислая	Нейтральная	Щелочная
1	CuSO <sub>4</sub>			
2	CoSO <sub>4</sub>			
3	KMnO <sub>4</sub>			
4	KI			
5	FeSO <sub>4</sub>			

3. *Напишите уравнения всех осуществленных химических реакций.*

### 1.2.2. Задание 10 класса

Наиболее быстрым методом определения различных металлов в одном растворе является комплексометрическое титрование. Метод позволяет определять катионы металлов в присутствии посторонних ионов, используя различные маскирующие реагенты.

Сегодня Вам предстоит определить содержание катионов магния и марганца (II) в водном растворе.

Методика определения магния и марганца при совместном присутствии:

10 мл анализируемого раствора помещают в колбу для титрования и разбавляют водой до объема приблизительно 100 мл, добавляют несколько кристалликов хлорида гидроксиламина, приблизительно 5 мл буферного раствора и щепотку индикатора (эриохром черный Т). Раствор слегка подогревают и титруют раствором этилендиаминтетраацетата натрия (ЭДТА) до чисто синей окраски.

В полученный раствор вводят 2-3 г NaF(NH<sub>4</sub>F) и перемешивают около одной минуты, слегка подогревают. После чего титруют солью марганца до отчетливо красной окраски индикатора.

Титрование повторяют до получения как минимум 2-х результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл. Результаты анализа усредняют.

Реактивы: ЭДТА (0,05 н. раствор), эриохром черный Т, буферный раствор pH = 10, фторид натрия (аммония), хлорид гидроксиламина, раствор соли Mn<sup>2+</sup> (0,05 н.).

Оборудование: бюретки на 25 мл, колбы для титрования, пипетки на 10 мл

1. *Напишите структурную формулу ЭДТА и ее комплексов с магнием и марганцем.*
2. *Напишите уравнения реакций протекающих при титровании и маскировании (для удобства обозначьте ЭДТА как Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>Y), объясните изменения, происходящие в процессе анализа.*
3. *Что такое маскирование? Какие способы маскирования мешающих ионов вы знаете?*
4. *Определите концентрацию магния и марганца (г/л) в выданном вам растворе.*

### 1.2.3. Задание 11 класса

#### Задание №1

В 7 пронумерованных пробирках находятся водные растворы: глюкозы, сахарозы, глицерина\*, уксусной кислоты, формальдегида, щавелевой кислоты и ацетона.

*Реактивы:*  $\text{CuSO}_4$  — 10% р-р;  $\text{KOH}$  — 10% р-р;  $\text{HCl}$  — 10% р-р

*Оборудование:* пробирки, спиртовка, спички, пробиркодержатель.

*Задания:*

1. Соотнесите указанные вещества и номера пробирок выданных Вам. Опишите последовательность Вашей работы.

2. Напишите все возможные уравнения реакций, использованные в работе, и наблюдаемые эффекты.

**ВНИМАНИЕ: при работе со спиртовкой будьте аккуратны: держите пробирку над спиртовкой с помощью пробиркодержателя; не направляйте пробирку на Ваших соседей; при нагреве прогревайте пробирку равномерно.**

#### Задание №2

##### Количественное определение глюкозы.

После того как Вы успешно справились с сопоставлением веществ, Вам предстоит определить количество глюкозы в выданном растворе.

*Методика определения глюкозы:*

В колбу вносят 20 мл 0,1 н. раствора  $\text{I}_2$  и прибавляют 10 мл анализируемого раствора. Затем по каплям при перемешивании приливают 10 мл 0,5 н.  $\text{KOH}$  и оставляют на 15 минут.

В колбу добавляют 10 мл 10%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и титруют 0,1 н. раствором  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  до слабо-желтой окраски, после чего добавляют раствор крахмала и дотитровывают до обесцвечивания.

Параллельно проводят холостой опыт, используя вместо анализируемого раствора дистиллированную воду.

*Задания:*

1. Определите содержание глюкозы (г/л) в выданном вам растворе.

2. Напишите уравнения реакций, протекающих при анализе.

3. Объясните, почему крахмал добавляют не в начале титрования, а по мере приближения к точке эквивалентности.

**Реактивы:** 0,1 н. р-р  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , 0,5 н. р-р  $\text{KOH}$ , 10% р-р  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , р-р крахмала,

\*– Допускается замена глицерина на этиленгликоль.

## 2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

**Возможны отличные от приведенных ниже варианты ответов, не искажающие смысла задания.**

### 2.1. Критерии оценивания заданий Теоретического тура

#### 2.1.1. Задания 9 класса

##### Задача 9-1

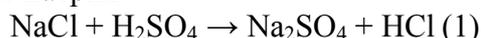
**Соль**– хлорид натрия ;

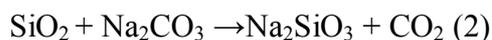
**Кислая водка** – соляная (хлороводородная) кислота;

**Щелочная соль** – гидрокарбонат натрия;

**Летучая кислая материя** – угольная кислота;

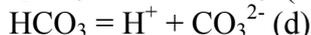
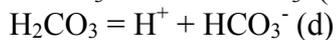
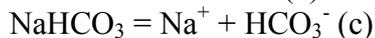
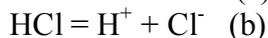
**Безвкусная земля** – силикат натрия





1) Какие из упомянутых реагентов являются электролитами? Напишите уравнения их диссоциации.

Электролитами являются: хлорид натрия, соляная кислота, гидрокарбонат натрия, угольная кислота.



Воду можно разложить на кислород и водород. Способы разложения воды – электролиз, радиолитиз, термолиз, сонолиз (разложение ультразвуком), фотолитиз в присутствии фотокатализатора.

**Сложные материи** – сложные вещества;

**Неразделимые материи** – простые вещества.

«Постороннее отделить от воды» подразумевается удаление воды от примесей или ее очистка. Например, фильтрование, диализ, ионный обмен, коагуляция, реагентный способ (если есть примеры)

#### Разбалловка

Названия выделенных веществ и материй	7·0,5 = 3,5 б.
Способы разложения воды (0,5 б за способ, не более 1,5 б.)	3·0,5 б = 1,5 б.
Способы очистки воды (0,5 б. за способ, не более 2 б.)	4·0,5 б. = 2 б.
Уравнения реакций (1) и (2)	2·1 б. = 2 б.
Уравнения электролитической диссоциации (a) – (d)	4·0,25 б = 2 б.
	<b>ИТОГО</b> 10 б.

#### Задача 9-2

Так соли окрашивают пламя в желтый цвет, можно предположить, соединения **A** и **B** являются солями натрия

Газ **B** является углекислым газом  $\text{CO}_2$ , что соответствует приведенной в условии его молярной массе 44 г/моль.

$$v(\text{CO}_2) = 1,12 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,05 \text{ моль} \quad (1120 \text{ см}^3 = 1,12 \text{ л})$$

$$v(\text{CO}_2) = v(\text{A}) = v(\text{B}), \text{ так соли A и B взяты в эквимолекулярном количестве.}$$

Таким образом, одной из солей будет являться соль угольной кислоты (карбонат или гидрокарбонат).

Если соль карбонат натрия,  $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль}$ , тогда  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль} \cdot 0,05 \text{ моль} = 5,03 \text{ г}$ .

Если соль гидрокарбонатом натрия,  $M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ г/моль}$ ,  $m(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ г/моль} \cdot 0,05 \text{ моль} = 4,20 \text{ г}$ , что соответствует условию задачи.

Соль **B** – гидрокарбонат натрия  $\text{NaHCO}_3$

Определим соль **Г**:

$$m(\text{безводной соли Г}) = 17,9 \text{ г} \times (1 - 0,6034) = 7,1 \text{ г},$$

$$\text{тогда } M(\text{соли Г}) = 7,1 \text{ г} / 0,05 \text{ моль} = 142 \text{ г/моль.}$$

Предположим соли  $\text{NaHSO}_4$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  и  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ :

$$M(\text{NaHSO}_4) = 120 \text{ г/моль.}$$

$$M(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 120 \text{ г/моль.}$$

$$M(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 142 \text{ г/моль.}$$

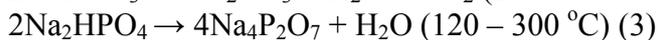
То есть, соль **B** – гидрофосфат натрия  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$

Соль **A** должна быть кислой. Так как в реакции образуется соль  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , тогда солью **A** может быть только  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ .

Проверим, на сколько, это предположение удовлетворяет условию задачи:

$$m(\text{соли A}) = 120 \text{ г/моль} \times 0,05 \text{ моль} = 6,0 \text{ г (удовлетворяет)}$$

Реакции при нагревании:



Крахмал предохраняет сухие соли от взаимодействия.



Данный пекарский порошок нужно добавлять в сухую муку, чтобы избежать преждевременной реакции в выделением  $\text{CO}_2$

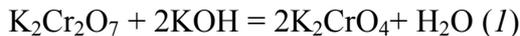
### Разбалловка

Определение солей А, Б, В	3x1 б. = 3 б.
Определение соли Г	2 б.
Уравнения реакция (1) – (4)	4x1 б. = 4 б.
Роль крахмала	0,5 б.
Объяснение причины добавления смеси в сухую муку	0,5 б.
<i>ИТОГО</i>	<i>10 б.</i>

### Задача 9-3

**А** – дихромат калия  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

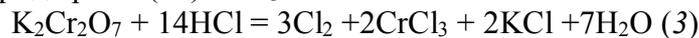
**Б** – хромат калия  $\text{K}_2\text{CrO}_4$



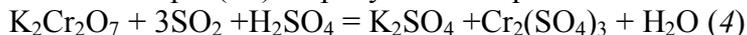
**В** – хромат серебра  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$



Газ **Г** – хлор, **Д** – хлорид хрома (III)  $\text{CrCl}_3$



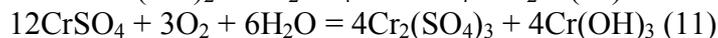
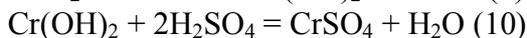
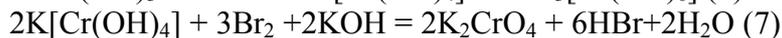
Взаимодействие **А** с оксидом серы (IV) в присутствии серной кислоты:



**Е** и **Ж** – сульфаты калия и хрома (III)  $\text{K}_2\text{SO}_4$  и  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$

При выпаривании раствора их смеси кристаллизуются хромокалиевые квасцы

**З** –  $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  (допускается запись  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ ).



### Разбалловка

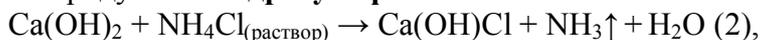
Уравнения реакций (1) – (12)	12·0,5 б. = 6 б.
Вещества <b>А</b> – <b>З</b>	8·0,5б. = 4 б.
<i>ИТОГО</i>	<i>10 б.</i>

### Задача 9-4

1) учитывая избыток  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , представим уравнения реакций получения промежуточных продуктов:



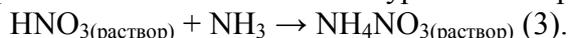
продукты – гидросульфат калия и азотная кислота;



продукты – гидроксохлорид кальция, аммиак и вода.

2) отделение азотной кислоты от реакционной смеси, образующейся при первой реакции, проводится методом **перегонки** – это и есть используемый метод разделения веществ; для улучшения удаления аммиака при проведении второй реакции смесь желательно подогреть.

3) Образование **нитрата аммония** описывается уравнением реакции



Степень использования нитрата калия при образовании азотной кислоты 95,283 %, следовательно, в реакцию вступило

$$m_p(\text{KNO}_3) = \frac{318 \cdot 95,283}{100} = 303 \text{ г},$$

$$M(\text{KNO}_3) = 101 \text{ г/моль} \Rightarrow n(\text{KNO}_3) = 3 \text{ моль}.$$

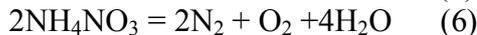
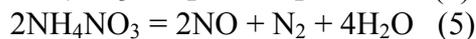
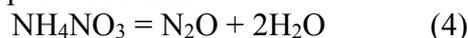
Степень использования хлорида аммония 75 %, следовательно, в реакцию вступило

$$m_p(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{214 \cdot 75}{100} = 160,5 \text{ г},$$

$$M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 53,5 \text{ г/моль} \Rightarrow n(\text{NH}_4\text{Cl}) = 3 \text{ моль}.$$

Сопоставление количеств участников реакций позволяет прийти к заключению, что количество конечного продукта – нитрата аммония **3 моль**. Однако не следует забывать, что для получения чистого продукта следует провести его кристаллизацию, выпарив воду. Вот и ещё один метод разделения веществ – удаление растворителя **выпариванием**.

Уравнения разложения нитрата аммония:



### Разбалловка

Составление уравнений реакций (1) – (6)	6x1 б. = 6 б.
Указание названий продуктов реакций	4x0,5 б. = 2 б.
Указание методов разделения веществ	2x0,5 б. = 1 б.
Расчёт количеств участников и конечного продукта	1 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача 9-5

Составим таблицу для вычисления атомной массы металла X по оксиду содержащему 22,2% кислорода:

Формула оксида	Атомная масса M	Металл
M <sub>2</sub> O	28,3	Si - неметалл
MO	56,1	Fe
M <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	84,1	Kr - неметалл
MO <sub>2</sub>	112,1	Cd - не существует в степени окисления +4
M <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	140,2	Ce – не существует в степени окисления +5
MO <sub>3</sub>	168,2	-

Железо образует три различных оксида: FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

Для Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> w(O) = 30,0%

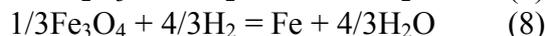
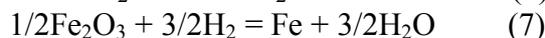
Для Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> w(O) = 27,6%.

Таким образом, металл X – железо.





Действием серной кислоты хромат натрия переводится в дихромат, который легче кристаллизуется.



Рассчитаем количество теплоты, необходимое для получения 1 моля железа.

Из FeO:  $Q = 241,84 - 263,68 = -21,84$  кДж

Из Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:  $Q = 1,5 \cdot 241,84 - 0,5 \cdot 821,32 = -47,9$  кДж

Из Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>:  $Q = 4/3 \cdot 241,84 - 1/3 \cdot 1117,74 = -50,12$  кДж

При использовании для восстановления оксида железа (II) затраты теплоты примерно 2 ниже, чем при восстановлении других оксидов.

### Разбалловка

Определение металла X	2 б.
Написание уравнений (1) – (5)	5·0,5 б. = 2,5 б.
Написание уравнений (6) – (8)	3·0,5 б. = 1,5 б.
Определение затрат тепла	3 б.
Объяснение получения дихромата	1 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

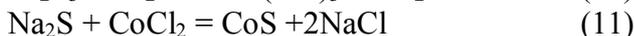
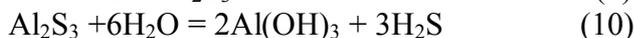
## 2.1.2. Задания 10 класса

### Задача 10-1

Элемент X образует соединения со многими металлами, следовательно, это неметалл.

Элемент X образует водородное соединение состава H<sub>2</sub>X – это элемент VIA-группы: O, S, Se.

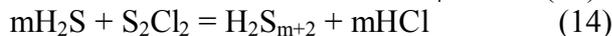
Для дезинфекции использовалась самородная сера, так как при ее сжигании выделяется SO<sub>2</sub> – газ обладающий дезинфицирующими свойствами. X – S.



Определим соединение Y:

$$\text{S}:\text{Cl} = 47,4/32 : 52,6/35,5 = 1,48:1,48 = 1:1$$

Простейшая формула SCl, но она не соответствует валентности серы. Удваиванием коэффициентов получаем S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, что соответствует двухвалентности серы.

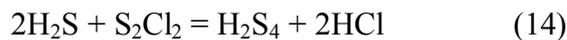


Определим m:

$$n(\text{S}_2\text{Cl}_2) = 27/135 = 0,2 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{S}) = n(\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}) = 96/240 = 0,4 \text{ моль};$$

$$m = n(\text{H}_2\text{S})/n(\text{S}_2\text{Cl}_2) = 2$$



### Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) – (14)	14*0,5 б. = 7 б.
Определение вещества Y	1 б.
Определение веществ Z <sub>1</sub> и Z <sub>2</sub>	2*0,5б.=1 б.
Уравнение реакции (15)	1 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача 10-2

Так соли окрашивают пламя в желтый цвет, можно предположить, соединения **A** и **B** являются солями натрия

Газ **B** является углекислым газом CO<sub>2</sub>, что соответствует приведенной в условии его молярной массе 44 г/моль.

$$v(\text{CO}_2) = 1,12 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,05 \text{ моль} \quad (1120 \text{ см}^3 = 1,12 \text{ л})$$

$$v(\text{CO}_2) = v(\text{A}) = v(\text{B}), \text{ так соли A и B взяты в эквимолекулярном количестве.}$$

Таким образом, одной из солей будет являться соль угольной кислоты (карбонат или гидрокарбонат).

Если соль карбонат натрия, M(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) = 106 г/моль, тогда m(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) = 106 г/моль · 0,05 моль = 5,03 г.

Если соль гидрокарбонатом натрия, M(NaHCO<sub>3</sub>) = 84 г/моль, m(NaHCO<sub>3</sub>) = 84 г/моль · 0,05 моль = 4,20 г, что соответствует условию задачи.

Соль **B** – гидрокарбонат натрия NaHCO<sub>3</sub>

Определим соль **Г**:

$$m(\text{безводной соли Г}) = 17,9 \text{ г} \times (1 - 0,6034) = 7,1 \text{ г},$$

$$\text{тогда M(соли Г)} = 7,1 \text{ г} / 0,05 \text{ моль} = 142 \text{ г/моль.}$$

Предположим соли NaHSO<sub>4</sub>, NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> и Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>:

$$M(\text{NaHSO}_4) = 120 \text{ г/моль.}$$

$$M(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 120 \text{ г/моль.}$$

$$M(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 142 \text{ г/моль.}$$

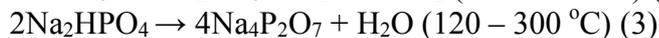
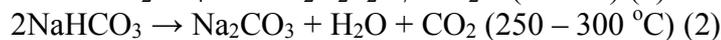
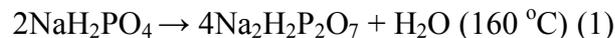
То есть, соль **B** – гидрофосфат натрия Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>

Соль **A** должна быть кислой. Так как в реакции образуется соль Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, тогда солью **A** может быть только NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.

Проверим, на сколько, это предположение удовлетворяет условию задачи:

$$m(\text{соли A}) = 120 \text{ г/моль} \times 0,05 \text{ моль} = 6,0 \text{ г (удовлетворяет)}$$

Реакции при нагревании:



Крахмал предохраняет сухие соли от взаимодействия.

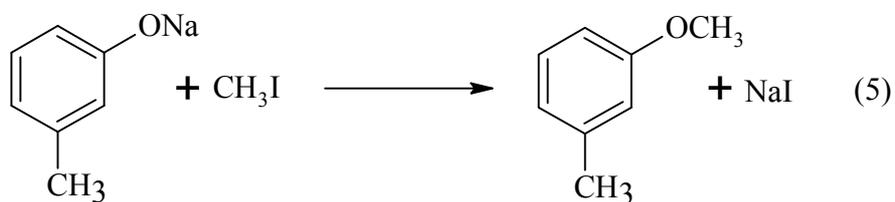
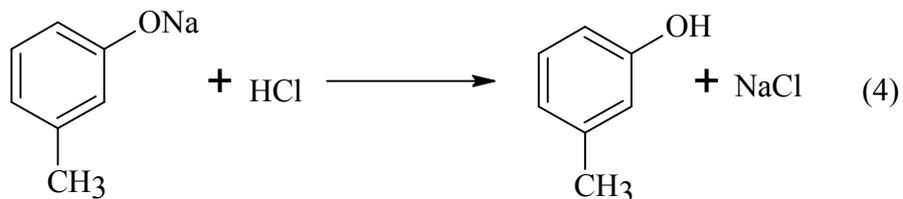
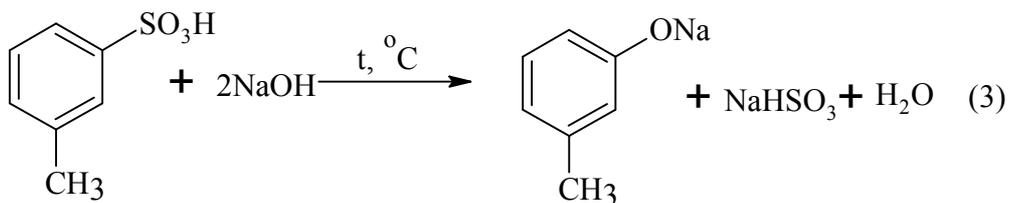
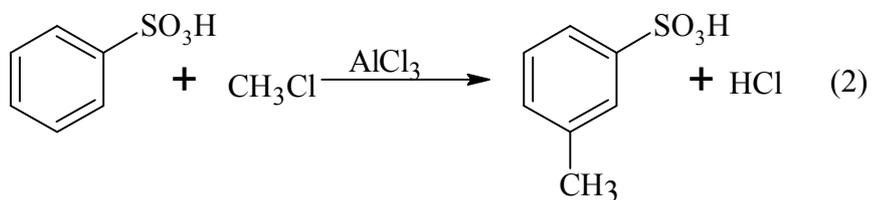
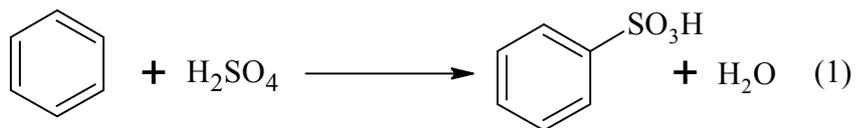


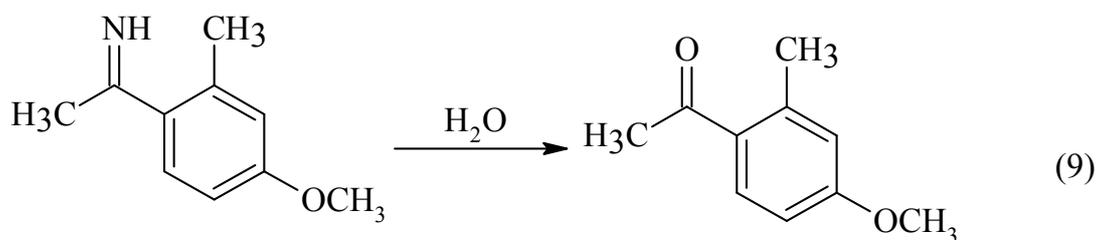
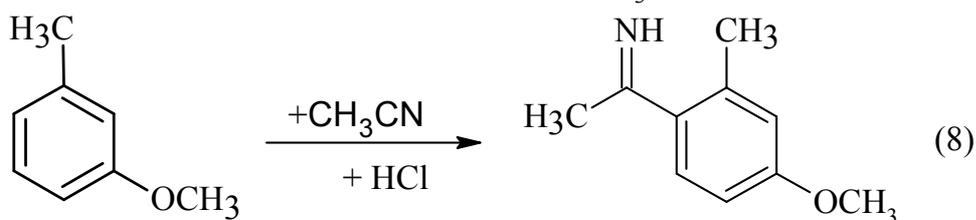
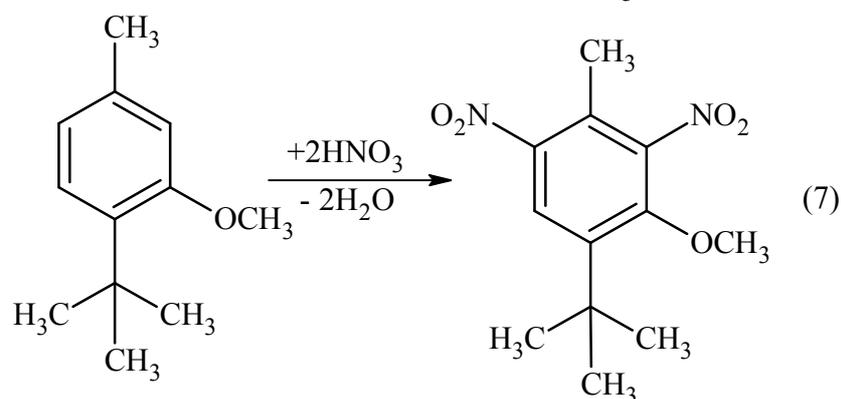
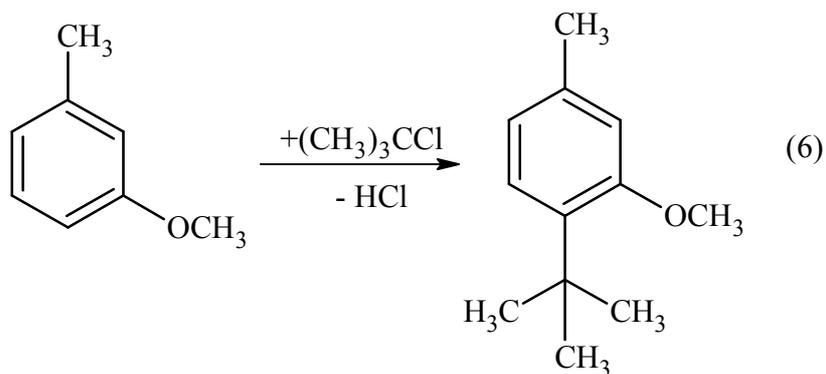
Данный пекарский порошок нужно добавлять в сухую муку, чтобы избежать преждевременной реакции в выделением CO<sub>2</sub>

### Разбалловка

Определение солей A, B, B	3x1 б. = 3 б.
Определение соли Г	2 б.
Уравнения реакция (1) – (4)	4x1 б. = 4 б.
Роль крахмала	0,5 б.
Объяснение причины добавления смеси в сухую муку	0,5 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

**Задача 10-3**





*Примечание:* При получении мускуса (реакции (6) – (7)), если участник сначала нитрует, а затем производит алкилирование, баллы не засчитываются.

#### Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) – (9)  
 Написание структурных формул **F** и **G**

9 · 1б. = 9 б.

2 · 0,5 = 1 б.

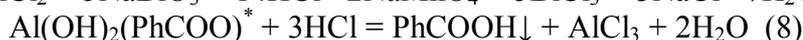
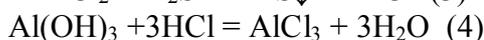
*ИТОГО*

10 б.

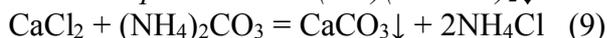
#### Задача 10-4

№	Раствор	Осадок
1	$\text{Mg}^{2+}, \text{Ca}^{2+}, \text{K}^+, \text{Cl}^-$	$\text{CoS}, \text{Al}(\text{OH})_3, \text{MnS}$
2	$\text{Al}^{3+}, \text{Mn}^{2+}$	$\text{CoS}$
3	$\text{Mn}^{2+}$	$\text{Al}(\text{OH})_2\text{OOCPh}$
4	$\text{Al}^{3+}$	$\text{PhCOOH}$

5	Mg <sup>2+</sup> , K <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup>	CaCO <sub>3</sub>
6		NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
7		K <sub>2</sub> Na[Co(NO) <sub>6</sub> ]

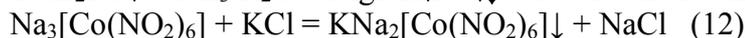


\*допускается использование гидроксоли  $\text{Al}(\text{OH})(\text{PhCOO})_2\downarrow$

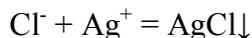


Выпаривание **P-5** необходимо для удаления солей аммония. В присутствии избытка солей аммония невозможно вести осаждение магния, а нижеприведенная реакция с гексанитрито-кобальтатом натрия также протекает с ионами аммония, следовательно определить калий в присутствии иона аммония проблематично.

Выпаривание до прекращения белого дыма, то есть до прекращения выделения хлорида аммония, который сублимируется. Подкисление необходимо для перевода всех аммонийных солей в хлорид аммония:



Одним из наиболее простых способов определения хлорид-иона является добавление к исходному раствору нитрата серебра, образовавшийся белый творожистый осадок свидетельствует о наличии хлорид-ионов:\*\*



Доказательство наличия иона кальция в **O-5** можно провести следующим образом:

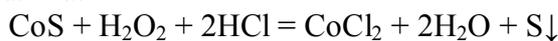
1. Растворить осадок в кислоте:



2. Закончить определение по окрашиванию пламени горелки в кирпично-красный цвет при внесении полученного раствора.\*\*

\*\*Возможны другие варианты, отвечающие условиям

Определение ионов кобальта:



### Разбалловка

Определение составов растворов и осадков	12x0,25 б.=3 б.
Написание уравнений реакций	12x0,25 б. = 3 б.
Способ доказательства наличия хлорид-ионов	1 б.
Объяснение причин удаления солей аммония	1 б.
Способ, позволяющий доказать наличие кальция	1 б.
Уравнения реакций для кобальта	2x0,5 б.=1 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача 10-5

Карбонат кальция (а конкретнее кальцит) входит в состав раковин большинства беспозвоночных и в покровные структуры некоторых одноклеточных организмов.

Соли никеля придают зеленую окраску;

Соли кобальта – розовую;

Соли железа – красно-коричневую;

Пирит – синеватую.

Каждый атом кислорода карбонат-иона образует связь с атомом углерода и  $n$  ионами кальция. Валентное усилие углерода равно  $4/3$ . Валентное усилие кальция ( $s$ ) равно  $2/6$  и  $2/9$  в кальците и арагоните соответственно. В соответствии с правилом Полинга для кислорода  $2 = 4/3 + ns$ . Для кальцита  $n = 2$ , для арагонита  $n = 3$ .



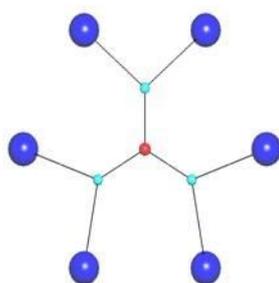
$$Q(1) = 393,5 + 635,1 - 1206,0 = -177,4 \text{ кДж/моль}$$

$$Q(2) = 393,5 + 2 \cdot 241,8 - 74,9 = 802,2 \text{ кДж/моль}$$

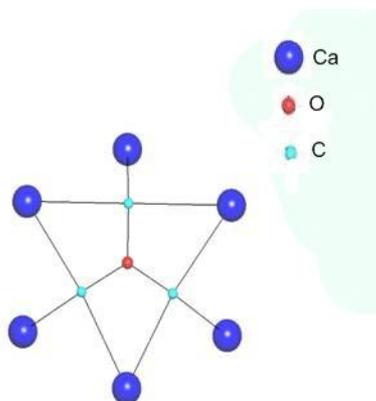
$$n(\text{CaCO}_3) = 50000/100 = 500 \text{ моль}$$

$$Q = 177,4 \cdot 500 = 88700 \text{ кДж}$$

$$n(\text{CH}_4) = 88700/802,2 = 110,6 \text{ моль}$$



кальцит



арагонит

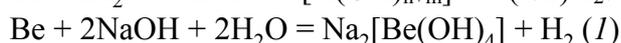
### Разбалловка

Указание на животных, содержащих кальцит	1 б.
Соотнесение цвета и примеси	$4 \cdot 0,25 \text{ б.} = 1 \text{ б.}$
Определение числа $n$ для кальцита и арагонита	$2 \cdot 1,5 \text{ б.} = 3 \text{ б.}$
Изображение окружения для кальцита и арагонита	$2 \cdot 1 \text{ б.} = 2 \text{ б.}$
Определение количества метана	3 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

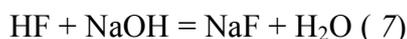
### 2.1.3. Задания 11 класса

#### Задача 11-1

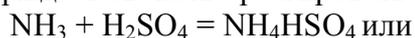
Молярная масса выделяющегося газа **Б** составляет:  $0,0714 \cdot 28 = 2$  (г/моль), что соответствует водороду ( $\text{H}_2$ ). Тогда вещество **А** может быть простым веществом (например, амфотерным металлом, который реагирует с раствором щелочи). В общем виде это взаимодействие можно представить следующим образом:

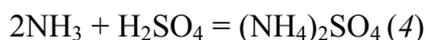


Определим газы **Е** и **Г**. Масса 22,4 л газовой смеси **Е** и **Г** при н.у. составит  $28 \cdot 0,6786 = 19$  (г). Это значение находится в интервале между  $M(\text{NH}_3) = 17$  г/моль и  $M(\text{HF}) = 20$  г/моль. Можно предположить, что газы **Е** и **Г** представляют собой аммиак и фтороводород. (Можно привести соответствующие расчеты). По условию задачи газ **Е** –  $\text{HF}$ , так как реагирует с гидроксидом натрия.



Тогда газ **Г** –  $\text{NH}_3$ . Это подтверждает свойство реагировать с серной кислотой.

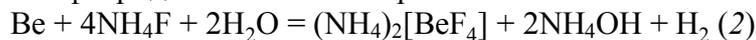




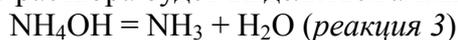
Таким образом соль **В** – фторид аммония  $\text{NH}_4\text{F}$ . При её нагревании выше  $170^\circ\text{C}$  выделяется аммиак и образуется гидрофторид аммония  $\text{NH}_4\text{HF}_2$  (вещество **Д**), который разлагается при более высокой температуре.



Бериллий реагирует с фторидом аммония с образованием комплексной соли.



При нагревании полученного раствора будет выделяться аммиак.



### Разбалловка

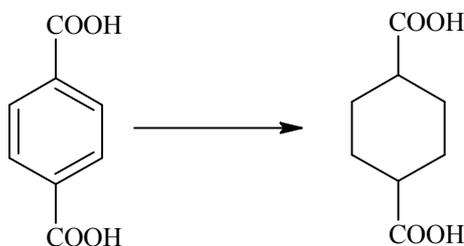
Определение веществ <b>А, Д</b>	2·1,5 б. = 3 б.
Определение веществ <b>Б, В, Г, Е</b>	4·0,5 б. = 2 б.
Уравнение реакции (1)	1 б.
Уравнение реакции (2)	1,5 б.
Уравнения реакций (3) – (7)	5·0,5 б. = 2,5 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача 11-2

Соединение **А** – это очевидно бензол, открытый Фарадеем, к данному выводу можно прийти на основании использования в нижесказанных реакциях различных ароматических соединений.

Структурную формулу бензола предложил Кекуле.

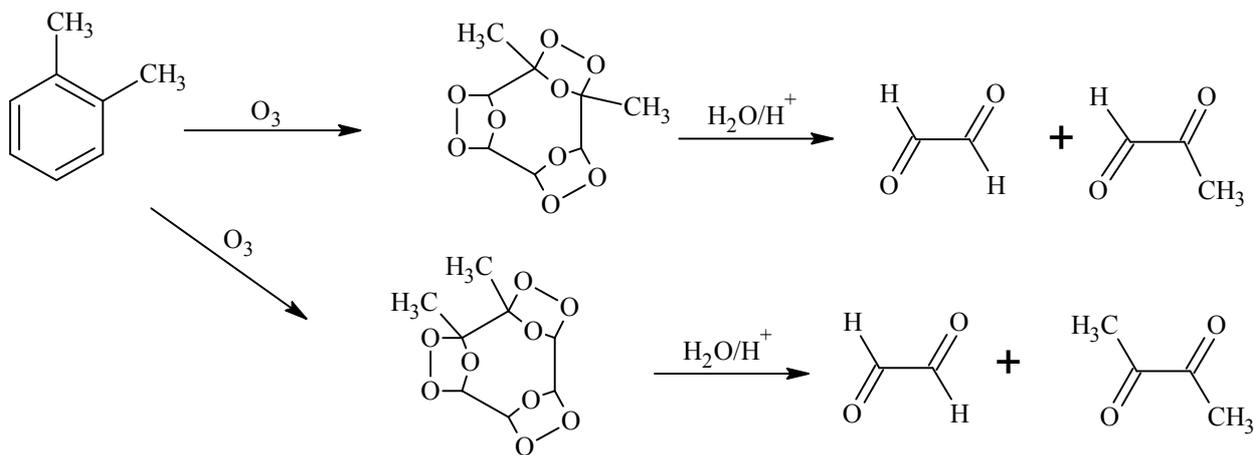
1. При гидрировании терефталевой кислоты (1,4-бензолдикарбоновой кислоты) была получена 1,4-циклогексан дикарбоновая кислота (**Б**), что подтверждает наличие у бензола шестичленного цикла.



2. Озонирование бензола дает глиоксаль (**В**), что доказывает что все атому углерода в бензоле находятся в  $sp^2$ -гибридизации.

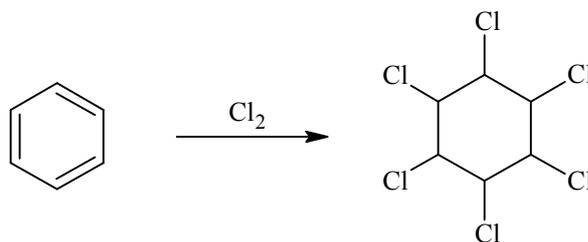


3. Озонирование о-ксилола (1,2-диметилбензола) приводит к глиоксалу, метилглиоксалу и бутан-2,3-диону (**Г, Д, Е**), что доказывает эквивалентность всех атомов углерода и отсутствие фиксации двойной связи:

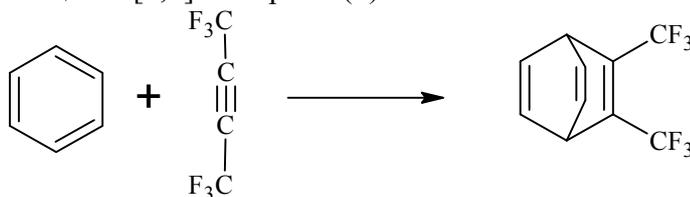


Соотношение глиоксаль:метилглиоксаль:бутан-2,3-дион=3:2:1

4. На свету бензол вступает в реакцию присоединения с хлором, образуя гексахлорциклогексан:

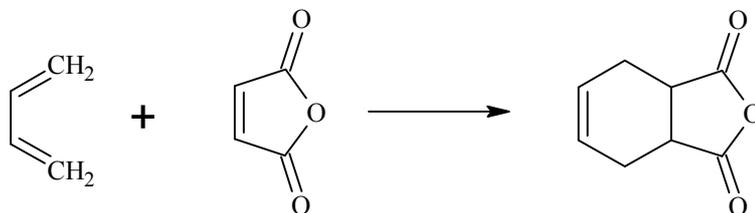


5. Бензол сравнительно легко вступает в реакцию 1,4-циклоприсоединения с активными дианофилами образуя бицикло[2,2]октатриен (3):

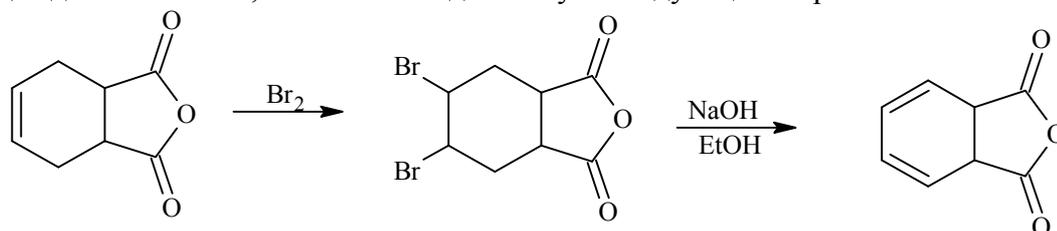


Формула Кекуле подтверждается многочисленными реакциями, в том числе уже написанными нами. Большая устойчивость ароматических соединений, по сравнению с алкенами ставили под сомнение формулу Кекуле. Одним из ученых предложивших свой вариант строения бензола был Дьюар. Однако синтез так называемого «дьюаровского бензола», осуществленный в 1963 году доказал, что это соединение является валентным изомером бензола, и отличается от бензола по спектральным характеристикам и химическим свойствам.

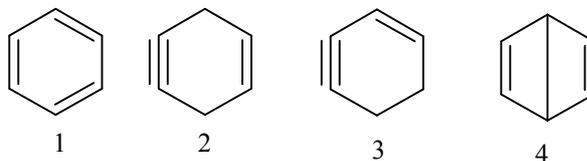
Циклоприсоединение 1,3-бутадиена и малеинового ангидрида дает ангидрид циклогекс-4-ен-1,2-дикарбоновой кислоты.



Из данного соединения необходимо получить ангидрид, содержащий в циклогексановом цикле две двойные связи, этого можно достигнуть следующим образом:

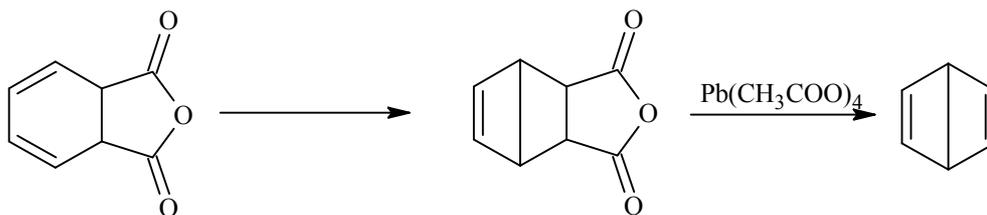


При декарбоксии тетраацетатом свинца произойдет отщепление двух карбоксильных групп с образованием углекислого газа и шестичленного цикла (дьюаровского бензола). Если провести декарбоксии ангидрида циклогекса-3,5-диен-1,2 карбоновой кислоты, то получится бензол. Дьюаровский бензол имеет тот же состав – C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>. Рассмотрим все варианты изомерных молекул C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, имеющих шестичленный цикл:



Вариант 1 – бензол Кекуле, не подходит

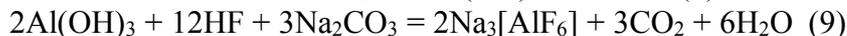
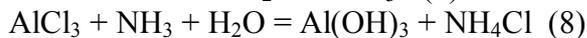
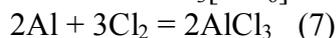
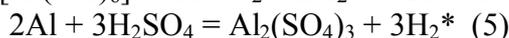
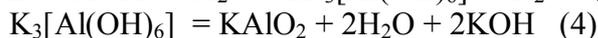
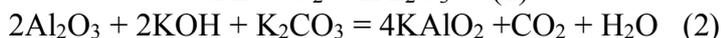
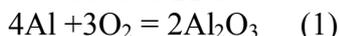
Варианты 2 и 3 не являются симметричными, следовательно «дьюаровский бензол» - вариант 4.



### Разбалловка

Соединения Б – Ж (формула)	6x0,25 б. = 1,5 б.
Соединения Б – Ж (название)	6x0,25 б. = 1,5 б.
Соединения К – Н (формула)	4x1=4 б.
Соединения К – Н (название)	4x0,5 б. = 2 б.
Формула соединения А	0,5 б.
Фамилия ученого установившего структурную формулу бензола	0,5 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача 11-3

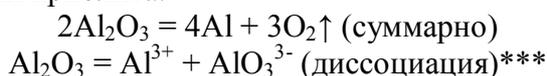


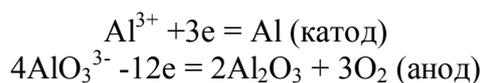
\* Концентрированная серная кислота пассивирует алюминий

\*\* Возможно написание K[Al(OH)<sub>4</sub>]

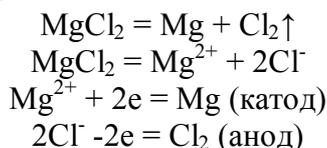
Вскрытие бокситов производится в щелочной среде с целью перевода извлекаемого компонента (алюминия) в раствор (в виде алюмината). Основной примесью бокситов является оксид кремния, который в данных условиях также переходит в раствор (в виде силиката). Однако в результате реакции между силикатом и алюминатом образуется алюмосиликат, выпадающий в осадок. Последнее позволяет перевести большую часть алюминия в раствор, оставив оксид кремния в осадке.

Расплав криолита служит растворителем оксида алюминия и одновременно токопроводящей средой, за счет диссоциации криолита.





\*\*\*Уравнение диссоциации и электродные процессы с участием продуктов диссоциации считать верным:  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 2\text{Al}^{3+} + 3\text{O}^{2-}$



Для расчета воспользуемся математическим выражением законом Фарадея:

$$m = (M \cdot I \cdot t) / (n \cdot F)$$

$$I \cdot t = m \cdot n \cdot F / M$$

Для электролиза оксида алюминия получим:

$$I \cdot t = 12000 \cdot 12 \cdot 96500 / 32 = 4,3425 \cdot 10^8 \text{ А} \cdot \text{с}$$

Для электролиза хлорида магния:

$$m(\text{Mg}) = (24 \cdot 4,3425 \cdot 10^8) / (2 \cdot 96500) = 54000 \text{ г (54 кг)}$$

Возможен расчет массы образующегося магния через количество электронов:

При получении 1 моль кислорода участвуют  $12N_A$  электронов

При получении  $12000/32$  моль – X электронов

$$X = 4500 N_A$$

При получении 1 моль магния участвует  $2 N_A$  электронов

При получении Y моль магния участвует  $4500 N_A$  электронов

$$Y = 2250 \text{ моль (54 кг)}$$

### Разбалловка

Уравнения реакций (1), (5), (7), (8), (10), (11)	6·0,25б. = 1,5 б.
Уравнения реакций (2) – (4), (6), (9)	5·0,5 б. = 2,5 б.
Объяснение щелочного вскрытия бокситов	1 б.
Объяснение использования криолита при электролизе	1 б.
Электролиз $\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{MgCl}_2$ : с электродными процессами	2·1б. = 2 б.
Только суммарное уравнение	2·0,5б. = 1 б.
Расчет массы магния (любым способом)	2 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

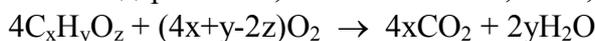
### Задача 11-4

Определим молекулярную массу А:

$$\Delta T = 2,45 = 1,84 \cdot m$$

$$m = 1,33 \text{ моль/кг р-ля}$$

в 100 г растворителя содержится 0,133 моль или  $11,425/0,133 = 86 \text{ г/моль}$



$$v(\text{A}) = 0.043/86 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$



$$V(\text{O}_2)_{\text{прореаг.}} = 100 - 49.6 = 50.4 \text{ мл}$$

$$v(\text{O}_2)_{\text{прореаг.}} = 50.4 \cdot 10^{-3} / 22.4 = 2.25 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$V(\text{CO}_2) = 94.4 - 49.6 = 44.8 \text{ мл}$$

$$v(\text{CO}_2) = 44.8 \cdot 10^{-3} / 22.4 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Отсюда следует, что  $x = 2 \cdot 10^{-3} / 5 \cdot 10^{-4} = 4$

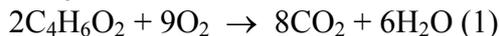
$$v(\text{O}_2) = (4x+y-2z)/4 \cdot v(\text{A}), \text{ то есть:}$$

$$2.25 \cdot 10^{-3} = (4x+y-2z)/4 \cdot 5 \cdot 10^{-4}.$$

Решим это уравнение совместно с уравнением, получаемым при вычислении молекулярной массы:  $12x + y + 16z = 86$

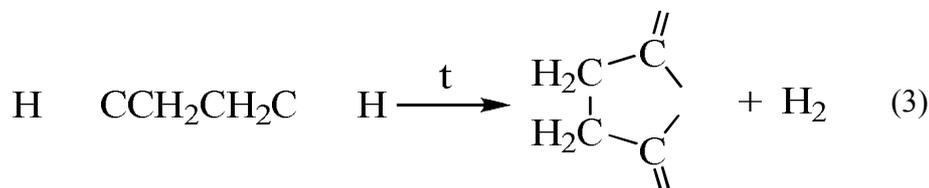
Находим при  $x=4$ ;  $y=6$ ,  $z=2 \Rightarrow$  формула вещества:  $C_4H_6O_2$ .

Условию задачи удовлетворяет бутандиаль-1,4:  $HCO-CH_2-CH_2-CHO$



Вещество **Б** – янтарная к-та  $HOOCCH_2CH_2COOH$ .

Янтарная кислота дегидратируется до ангидрида **В**:



#### Разбалловка

Расчет молекулярной массы вещества <b>А</b>	2 б.
Определение молекулярной формулы вещества <b>А</b>	3 б.
Структурные формулы <b>А, Б, В</b>	3x0,5 б. = 1,5 б.
Уравнения (1) – (7)	7x0,5 б. = 3,5 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

#### Задача 11-5

Карбонат кальция (а конкретнее кальцит) входит в состав раковин большинства беспозвоночных и в покровные структуры некоторых одноклеточных организмов.

Соли никеля придают зеленую окраску;

Соли кобальта – розовую;

Соли железа – красно-коричневую;

Пирит – синеватую.

Каждый атом кислорода карбонат-иона образует связь с атомом углерода и  $n$  ионами кальция. Валентное усилие углерода равно  $4/3$ . Валентное усилие кальция ( $s$ ) равно  $2/6$  и  $2/9$  в кальците и арагоните соответственно. В соответствии с правилом Полинга для кислорода  $2 = 4/3 + ns$ . Для кальцита  $n = 2$ , для арагонита  $n = 3$ .



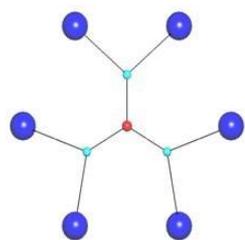
$$Q(1) = 393,5 + 635,1 - 1206,0 = -177,4 \text{ кДж/моль}$$

$$Q(2) = 393,5 + 2 \cdot 241,8 - 74,9 = 802,2 \text{ кДж/моль}$$

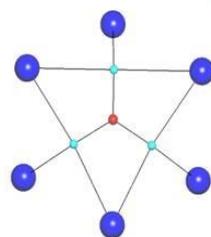
$$n(CaCO_3) = 50000/100 = 500 \text{ моль}$$

$$Q = 177,4 \cdot 500 = 88700 \text{ кДж}$$

$$n(CH_4) = 88700/802,2 = 110,6 \text{ моль}$$



кальцит



аргонит



### Разбалловка

Указание на животных, содержащих кальцит	1 б.
Соотнесение цвета и примеси	4·0,25 б. = 1 б.
Определение числа n для кальцита и арагонита	2·1,5 б. = 3 б.
Изображение окружения для кальцита и арагонита	2·1 б. = 2 б.
Определение количества метана	3 б.

**ИТОГО** 10 б.

## 2.2. Критерии оценивания заданий экспериментального тура

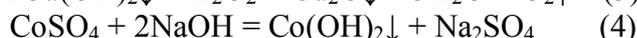
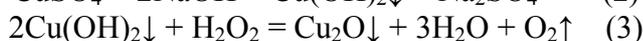
### 2.2.1. Задание 9 класса

Вещество А – это пероксид водорода, а выделяющийся газ – кислород.



MnO<sub>2</sub> является катализатором реакции, поэтому разложение пероксида водорода начинается при комнатной температуре.

№	Вещество в растворе	Среда раствора		
		Кислая	Нейтральная	Щелочная
1	CuSO <sub>4</sub>	-	-	Cu(OH) <sub>2</sub> ↓ (2) Cu <sub>2</sub> O↓ (красный) + O <sub>2</sub> ↑ (3)
2	CoSO <sub>4</sub>	-	-	Co(OH) <sub>2</sub> ↓ (синий) (4) Co(OH) <sub>3</sub> ↓ (бурый) (5)
3	KMnO <sub>4</sub>	Обесцвечивание + O <sub>2</sub> ↑ (6)	MnO <sub>2</sub> ↓ (бурый) + O <sub>2</sub> ↑ (7)	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub> (зеленый) + O <sub>2</sub> ↑(8) → MnO <sub>2</sub> (9)
4	KI	I <sub>2</sub> (коричневый) (10)	I <sub>2</sub> (коричневый) (11)	-
5	FeSO <sub>4</sub>	Fe <sup>3+</sup> (12)	Fe(OH) <sub>3</sub> ↓ (бурый) (13)	Fe(OH) <sub>3</sub> ↓ (бурый) (14)





перевод мешающего иона в такую форму, в которой он не способен вступать в аналитическую реакцию.

Существует большое количество способов маскирования:

1. Осаждение мешающих ионов;
2. Комплексообразование с мешающим ионом;
3. Изменение степени окисления мешающего иона;
4. Изменение pH раствора (например, перевод катиона металла в гидроксид) и др.

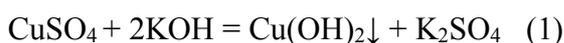
#### Разбалловка

Теоретическая составляющая	
Написание структурных формул ЭДТА, $MgY^{2-}$ , $MnY^{2-}$	3x1 б. = 3б.
Написание уравнений реакций (1) – (4)*	4x1 б. = 4 б.
Объяснение происходящих процессов	4 б.
Определение понятие маскирование	1 б.
Способы маскирования	2 б.
<i>ИТОГО</i>	<i>14 б.</i>
Экспериментальная составляющая	
Вывод формул для расчета концентраций металлов	2 б.
Точность результата анализа	
Ошибка менее 10%	4 б.
Ошибка от 10 до 20%	3 б.
Ошибка более 20%	2 б.
<i>ИТОГО</i>	<i>6 б.</i>
<b>СУММА</b>	<b>20 б.</b>

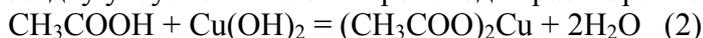
### 2.2.3. Задание 11 класса

#### Задание 1

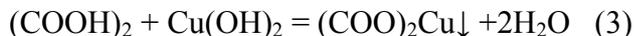
В качестве реактива для определения следует использовать свежеприготовленный раствор гидроксида меди:



При добавлении к осадку уксусной кислоты происходит растворение:



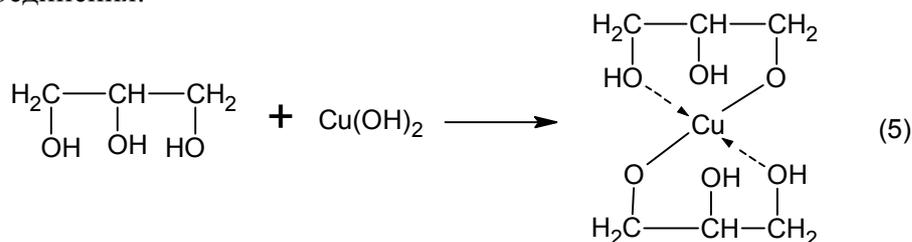
При добавлении щавелевой кислоты – белый осадок оксалата меди:



Добавление  $Cu(OH)_2$  к раствору ацетальдегида не вызывает никаких изменений, но при нагревании образуется красный осадок оксида меди (I):



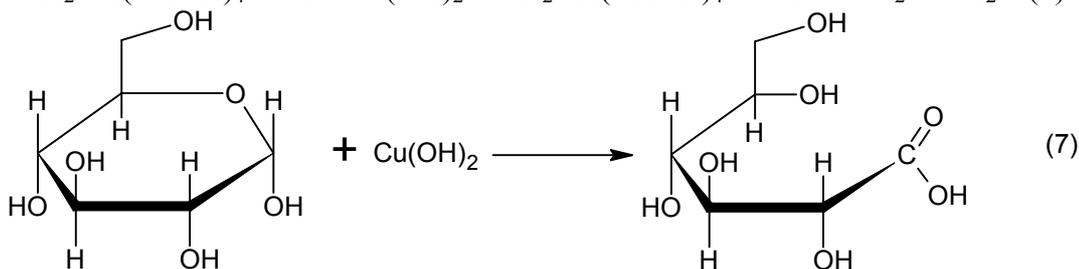
Раствор глицерина вызывает образование ярко-синего раствора за счет образования комплексного соединения:



При нагревании раствора, возможно образование черного осадка вследствие дегидратации  $Cu(OH)_2$ :

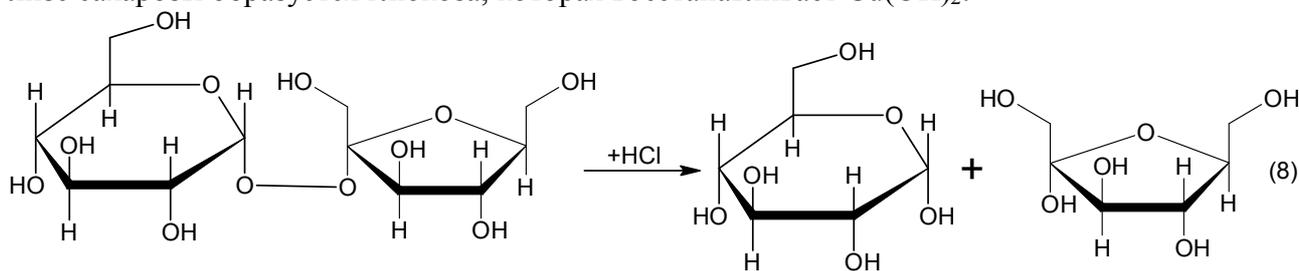


Раствор глюкозы даст комплексное соединение, аналогичное раствору глицерина, но при нагревании образуется красный осадок:



Раствор сахарозы будет давать ярко синий комплекс, так как является полиолом, а при нагревании образовать черный осадок, так не является восстанавливающим дисахаридом.

Для того чтобы различить сахарозу и глицерин проводят гидролиз сахарозы кипячением с соляной кислотой и повторно проводят реакцию с  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  при нагревании. При гидролизе сахарозы образуется глюкоза, которая восстанавливает  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ :



Объединим полученные данные в таблицу:

	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$\text{Cu}(\text{OH})_2, \text{t}^\circ\text{C}$
Глюкоза	сине-фиолетовый р-р	Красный осадок
Сахароза	сине-фиолетовый р-р	-
Глицерин	сине-фиолетовый р-р	-
Уксусная кислота	Растворение осадка	-
Формальдегид	-	Красный осадок
Щавелевая кислота	Белый осадок	-
Ацетон	-	-

## Задание 2

При добавлении раствора иода к глюкозе происходит окисление глюкозы до глюкуро-вой кислоты:



Непрореагировавший йод растворяется в щелочи:



При добавлении к раствору кислоты йод выделяется в свободном виде и может быть оттитрован тиосульфатом натрия:



Количество глюкозы в растворе будет эквивалентно количеству йода, затраченного на окисление глюкозы или разности введенного количества йода и оставшегося после реакции:

$$n(\text{глюкозы}) = n(\text{I}_2) = n_{\text{введ}}(\text{I}_2) - n_{\text{ост.}}(\text{I}_2)$$

$n_{\text{введ}}(\text{I}_2)$  определяется из результатов титрования холостого опыта:

$$n_{\text{введ}}(\text{I}_2) = N(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V_1 \cdot 10^{-3} / 2$$

$n_{\text{ост.}}(\text{I}_2)$  определяют из результатов титрования аликвоты раствора:

$$n_{\text{ост.}}(\text{I}_2) = N(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V_2 \cdot 10^{-3} / 2,$$

где  $V_1$  и  $V_2$  – объем титранта, пошедший на титрование холостой и анализируемой пробы соответственно.

Полученное количество глюкозы в аликвоте 10 мл осталось пересчитать в концентрацию (г/л):

$$\begin{aligned} C(\text{глюкозы}) &= n(\text{глюкозы}) \cdot M(\text{глюкозы}) / (V_{\text{ал}} \cdot 10^{-3}) = \\ &= (V_2 - V_1) \cdot N(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{глюкозы}) / (V_{\text{ал}} \cdot 2) \end{aligned}$$

Добавление крахмала в начале титрования не рекомендуется по нескольким причинам:

1. Иод содержащийся в большом количестве в растворе способен окислять крахмал, тем самым занижая результат анализа.
2. Высокая концентрация йода в растворе приводит к очень насыщенной окраске, что затрудняет фиксирование точки эквивалентности.

### Разбалловка

Задание №1	
Определение веществ в пробирках	7x0,5 б.=3,5 б.
Уравнения реакций (1) – (6)	6x0,5 б. =3 б.
Уравнения (7) – (8): структурные формулы	2x1 б. = 2 б.
Уравнения (7) – (8): брутто-формулы	2x0,5 б. = 1 б.
Ход анализа (за описание определения каждого вещества 0,5 б.)	7x0,5 б.=3,5 б.
<i>ИТОГО</i>	<i>12 б.</i>
Задание №2	
Написание уравнений реакций (9 – 12)	4x0,5 б. = 2 б.
Вывод формулы для определения глюкозы	2 б.
Ответ на вопрос о добавлении крахмала	1 б.
Точность выполнения анализа:	
Ошибка менее 10 %	3 б.
Ошибка 10 – 20 %	2 б.
Ошибка более 20%	1 б.
<i>ИТОГО</i>	<i>8 б.</i>
<b>СУММА</b>	<b>20 б.</b>

## 3. ЗАДАНИЯ ПЕРВОГО (ОТБОРОЧНОГО) ЭТАПА

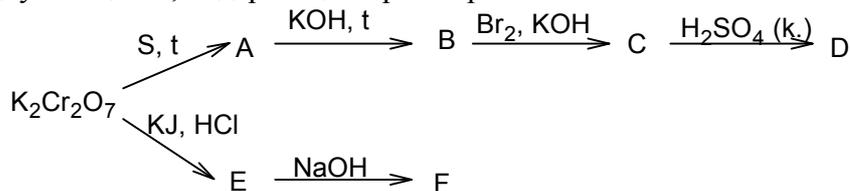
Для проведения тренировочного тура олимпиады использовали задания прошлых лет.

### 3.1 Задания итогового тура

#### 3.1.1 Задания 9 класса

##### Задача № 9-1

Хром в своих соединениях проявляет несколько степеней окисления. Ниже приведена схема получения двух веществ, содержащих хром в разных степенях окисления.



1. Напишите уравнения приведенных реакций. Для окислительно-восстановительных реакций расставьте коэффициенты методами электронного или электронно-ионного баланса.

2. Какие кислотно-основные свойства проявляет соединение **D**? Приведите уравнения реакций, подтверждающие ваши выводы.

#### Задача № 9-2

Имеются два 5%-ных раствора солей алюминия. Равные массы этих растворов обрабатывали избытком водного раствора  $\text{NH}_3$ . Образующиеся осадки отфильтровали и прокалили; массы полученных твердых остатков отличались в два раза.

Через 100 г каждого раствора пропустили 1,0 л хлора ( $20^\circ\text{C}$ , нормальное давление) и растворы выпарили; при этом получили один и тот же кристаллогидрат - гексагидрат.

1. Определите формулы исходных солей.
2. Напишите уравнения всех протекающих реакций.
3. Вычислите массы кристаллогидратов, полученных из каждого раствора.

#### Задача № 9-3

Смесь нитратов серебра, висмута, свинца и ртути (I) растворили в воде. Полученный раствор прилили к 10% раствору хлорида натрия. Образовавшийся осадок отфильтровали (осадок **1**).

К осадку **1** прилили горячую воду и прокипятили. Не растворившуюся часть отфильтровали (осадок **2**), а фильтрат (фильтрат **2**) охладили и получили некоторое количество белого кристаллического осадка.

Осадок **2** обработали 20% азотной кислотой. Смесь разделили, получив осадок **3** и фильтрат **3**.

Действием концентрированного раствора аммиака на фильтрат **2** был получен черный осадок **4** и раствор **4**.

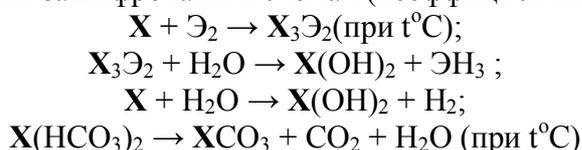
1. Напишите уравнения протекающих реакций.
2. Опишите состав фильтратов **2 – 4** и осадков **2 – 4**.

#### Задача № 9-4

Напишите уравнения реакций взаимодействия оксидов хрома (+6), марганца (+4) и церия (+4) с концентрированной (37 %) хлороводородной кислотой при повышенной температуре. Какие массы этих оксидов и кислоты необходимы для получения 1,4 л хлора при температуре 298 К и давлении 99,07 кПа?

#### Задача № 9-5

Простое вещество **X** относится к сильным восстановителям и вытесняет многие металлы из их сульфидов, оксидов и галогенидов. Однако и само вещество **X** можно получить с помощью еще более активных металлов в ходе реакции замещения. Химические свойства вещества **X** и ряда соединений зашифрованы в схемах (коэффициенты не указаны):



**Подсказки:** 1) вещество  $\text{ЭН}_3$  является газом с характерным запахом, обладающим основными свойствами; 2) вещество  $\text{X}(\text{HCO}_3)_2$  обуславливает временную жесткость воды и является причиной частых поломок электрических чайников; 3) одна из вышеуказанных схем лежит в основе обеспечения необходимой степени вакуумирования электровакуумных приборов.

#### Вопросы:

- 1) Определите вещество **X**, расшифруйте схемы реакций, напишите уравнения.
- 2) Напишите не менее 4-х реакций, о которых говорится в тексте задачи.

3) Для растворения 1,056 г смеси  $\text{XO}$  и  $\text{XCO}_3$  с образованием хлоридов требуется 10 мл 2,2 М раствора хлороводородной кислоты. Рассчитайте массовый состав (в %) исходной смеси.

4) Объясните суть приведенных подсказок.

### 3.1.2. Задания 10 класса

#### Задача № 10-1

Это вещество можно получить взаимодействием бромида калия с такими окислителями как концентрированная серная кислота (1), пероксодисульфат калия (2), пероксид водорода (3), перманганат калия в присутствии разбавленной серной кислоты (4). Оно же получается при внесении бромата калия в водные растворы щавелевой кислоты (5), пероксида водорода (6) или бромида калия (7). Какое это вещество? Напишите уравнения реакций его получения (1 – 7) и взаимодействия с хлоратом (8), йодидом (9) калия и молекулярным фтором (10).

#### Задача № 10-2

В результате взаимодействия 2,80 г смеси бутенов с раствором перманганата калия в кислой среде образовалось 0,74 г пропионовой кислоты и выделилось 0,896 л (н.у.) углекислого газа.

1. Какие углеродсодержащие соединения и в каком количестве были получены, если окисление прошло с количественным выходом?

2. Каков качественный и количественный состав исходной смеси?

3. Какие вещества могут быть получены из изомерных бутенов при их озонировании и последующим гидролизом?

#### Задача № 10-3

Имеются два 5%-ных раствора солей алюминия. Равные массы этих растворов обработали избытком водного раствора  $\text{NH}_3$ . Образующиеся осадки отфильтровали и прокалили; массы полученных твердых остатков отличались в два раза.

Через 100 г каждого раствора пропустили 1,0 л хлора ( $20^\circ\text{C}$ , нормальное давление) и растворы выпарили; при этом получили один и тот же кристаллогидрат - гексагидрат.

1. Определите формулы исходных солей.

2. Напишите уравнения всех протекающих реакций.

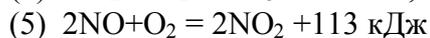
3. Вычислите массы кристаллогидратов, полученных из каждого раствора.

#### Задача № 10-4

Известно, что несолеобразующий оксид углерода при высокой температуре способен взаимодействовать с оксидом серы, полученным при сжигании пирита на воздухе. Данная реакция сопровождается образованием твердого вещества – порошка желтого цвета.

1. Напишите уравнение реакции взаимодействия оксидов и сжигания пирита.

2. Вычислите тепловой эффект реакции взаимодействия оксидов, используя данные о величинах тепловых эффектов некоторых реакций:



3. Приведите способ получения «несолеобразующего оксида углерода».

#### Задача № 10-5

Изучение кинетики химической реакции начинают с экспериментального определения зависимостей концентраций веществ от времени. Полученные данные анализируют с целью установления влияния различных факторов, способных изменить скорость реакции. Скорость реакции разложения  $N_2O_5$  изучали по данным о ходе процесса во времени при температуре 298 К:

τ, час	0	18,4	52,6	86,7	119,8	231,5
$C(N_2O_5)_3$ кмоль/м <sup>3</sup>	2,33	2,08	1,67	1,36	1,11	0,55

1. Напишите реакцию разложения азотного ангидрида.
2. Установите порядок реакции (нулевой, первый или второй) любым известным Вам способом (расчетным или графическим).
3. Рассчитайте период полураспада (полупревращения)  $N_2O_5$ .
4. Определите степень превращения  $N_2O_5$  за 2 часа, учитывая, что константа скорости при 300К составляет  $0,002 \text{ мин}^{-1}$ .
5. Энергия активации реакции разложения пентаоксида азота равна  $103,5 \text{ кДж/моль}$ . Константа скорости этой реакции при 298К равна  $2,03 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ . Вычислите константу скорости этой реакции при 288К.

**Приложение.** Энергия активации описывается уравнением Аррениуса

$$E_a = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_2}{k_1},$$

где  $R$  – газовая постоянная  $8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)}$ ,  $k_1$  – константа скорости реакции при температуре  $T_1$ ,  $k_2$  – константа скорости реакции при температуре  $T_2$ ).

### 3.1.3. Задания 11 класса

#### Задача № 11-1

Соль **A1** металла **A**, расплывающаяся на воздухе, способна растворить в своем водном растворе сам металл **A** с образованием другой соли **A2**, и металл **B**, с образованием соли **A2** и соли металла **B1**. Известно, что все указанные соли хорошо растворимы в воде и выделяют белый творожистый осадок при взаимодействии с раствором нитрата серебра. Соль **B1** также может реагировать с металлом **B**, но с образованием другой соли **B2**. Эта соль (**B2**), в отличие от соли **B1**, не окрашена и малорастворима в воде, но легко растворяется в растворах соли **A1** и даже хлорида натрия. Предложите вариант, удовлетворяющий условиям задачи.

#### Задача № 11-2

«Красно-фиолетовая соль **A**, умеренно растворяется в воде. При нагревании разлагается без плавления (реакция 1). В сильнощелочной среде разлагается с образованием темно-зеленого раствора (реакция 2). При разбавлении образующегося раствора водой окраска вновь становится фиолетовой (реакция 3).

При длительном стоянии раствора вещества **A** образуется черно-коричневый осадок вещества **B** (реакция 4). При действии на него горячего раствора серной кислоты и нитрита калия осадок растворяется, и раствор становится прозрачным (реакция 5). Осадок **B** растворяется также в подкисленной перекиси водорода с выделением газа (реакция 6). Если к осадку **B** добавить перекись без подкисления, то выделение газа не сопровождается растворением осадка (реакция 7).

При действии на соль **A** безводной серной кислоты образуется тяжелое масло (плотность  $2,4 \text{ г/мл}$ ) зеленовато-бурого цвета (реакция 8). При нагревании этой жидкости происходит небольшой взрыв и образуется вещество **B** (реакция 9)».

1. Напишите уравнения химических реакций, о которых идет речь в тексте.

2. Некоторые химические реакции, протекающие с участием соли **A** сопровождается выделением газа. Определите объем газа, который может выделиться при 40 °С и давлении 800 мм.рт.ст., если в реакцию вступит 39,5 г соли **A**.

### Задача №11-3

Пекарский порошок – искусственный разрыхлитель теста, применяемый при выпечке хлеба и приготовлении кондитерских изделий без дрожжей, как ингредиент хлебопечения, он был разработан в начале XX века. Представляет собой сухую смесь пищевых добавок — основных и кислых солей — с добавлением наполнителя, предотвращающего их взаимодействие до использования (введения в тесто). Классический состав включает смесь кислых солей **A** и **B** с рисовой мукой. При приготовлении теста пекарский порошок следует смешать с сухой мукой, предназначенной для выпечки, а не растворять в воде.

Эквимольную смесь соединений **A** (1,68 г) и **B** (3,76 г) растворили в тёплой воде. При этом выделилось 448 см<sup>3</sup> (н. у.) газа **B** (молярная масса 44 г/моль) и образовался раствор соли **G**. После выпаривания раствора получили 5,64 г кристаллогидрата **G**·4H<sub>2</sub>O (массовая доля воды 0,2553). Данная соль имеет пьезоэлектрические свойства и используется для приготовления реактива Фелинга. Известно также следующее: соль **A** окрашивает пламя в жёлтый цвет, соль **B** известна под названием винный камень и образована двухосновной органической кислотой **D**, являющейся широко распространённым природным соединением, которое при нагревании выше 200°С превращается в кислоту **E**. Для кислоты **D** известны три стереоизомерные формы, тогда как кислота **E** стереоизомеров не имеет.

1. Определите соединения **A**, **B**, **B**, **G**, **D** и **E**.
2. Приведите уравнение реакции между солями **A** и **B** в водном растворе.
3. Приведите строение стереоизомеров соединения **D** и назовите их.

### Задача № 11-4

Изучение кинетики химической реакций начинают с экспериментального определения зависимостей концентраций веществ от времени. Полученные данные анализируют с целью установления влияния различных факторов, способных изменить скорость реакции. Скорость реакции разложения N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> изучали по данным о ходе процесса во времени при температуре 298 К:

τ, час	0	18,4	52,6	86,7	119,8	231,5
C(N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> кмоль/м <sup>3</sup>	2,33	2,08	1,67	1,36	1,11	0,55

1. Напишите реакцию разложения азотного ангидрида.
2. Установите порядок реакции (нулевой, первый или второй) любым известным Вам способом (расчетным или графическим).
3. Рассчитайте период полураспада (полупревращения) N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.
4. Определите степень превращения N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> за 2 часа, учитывая, что константа скорости при 300К составляет 0,002 мин<sup>-1</sup>.
5. Энергия активации реакции разложения пентаоксида азота равна 103,5 кДж/моль. Константа скорости этой реакции при 298К равна 2,03·10<sup>-3</sup> с<sup>-1</sup>. Вычислите константу скорости этой реакции при 288К.

**Приложение.** Энергия активации описывается уравнением Аррениуса

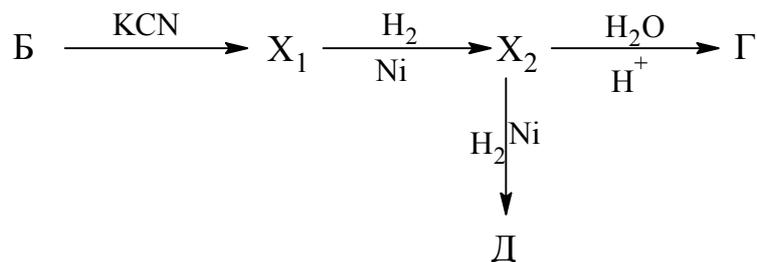
$$E_a = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_2}{k_1},$$

где R – газовая постоянная 8,314 Дж/(К·моль), k<sub>1</sub> – константа скорости реакции при температуре T<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> – константа скорости реакции при температуре T<sub>2</sub>).

### Задача №11-5

Вещества **Б** и **В** – структурные изомеры. Они могут быть получены при взаимодействии углеводорода **А** с хлором. Углеводород **А** – важный продукт промышленного органического синтеза. Он взаимодействует с озоном и обесцвечивает раствор перманганата калия. Изомер **Б** может быть использован для промышленного производства **Г** и **Д**, являющихся исходными в производстве полиамидного волокна **наилона-6,6** –  $\text{H}[\text{NH}(\text{CH}_2)_6\text{NHCO}(\text{CH}_2)_4\text{CO}]_n\text{OH}$ . Вещество **Г** растворимо в основаниях, **Д** – в кислотах. Реакция между изомером **В** и спиртовым раствором щелочи приводит к мономеру **Е**, который используют для получения хлоропренового каучука –  $[-\text{CH}_2\text{C}(\text{Cl})=\text{CHCH}_2-]_n$ . Этот метод применяют в промышленности.

1. Изобразите структуры **А**, **Б**, **В**, **Г**, **Д** и **Е** и приведите их названия по номенклатуре IUPAC.
2. Напишите уравнения реакций, отвечающих приведенной ниже схеме получения **Г** и **Д** из **Б**:



3. Напишите уравнения:
  - получения мономера **Е** из изомера **В**;
  - реакцию озонлиза углеводорода **А**.
4. Напишите схему уравнений для промышленного производства углеводорода **А** из углеводорода, являющегося основным компонентом природного газа.

## 3.2. Критерии оценки заданий итогового тура

### 3.2.1. Задания 9 класса

#### Задача № 9-1

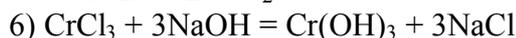
- 1) Сплавление дихромата калия с серой приводит к окислению серы до сульфат-иона, как наиболее стабильного соединения серы и оксида хрома (III):  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{S} = \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4$ 

$$\begin{array}{l} 1 \mid 2\text{Cr}^{6+} + 6\text{e} = 2\text{Cr}^{3+} \\ 1 \mid \text{S}^0 - 6\text{e} = \text{S}^{+6} \end{array}$$
- 2)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  обладает слабовыраженными основными свойствами, поэтому при сплавлении с щелочью образует хроматы (III) или хромиты:
 
$$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{KOH} = 2\text{KCrO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- 3) Бром в щелочной среде является хорошим окислителем:
 
$$2\text{KCrO}_2 + 3\text{Br}_2 + 8\text{KOH} = 6\text{KBr} + 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$$

$$\begin{array}{l} 2 \mid \text{CrO}_2^- + 4\text{OH}^- - 3\text{e} = \text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \\ 3 \mid \text{Br}_2 + 2\text{e} = 2\text{Br}^- \end{array}$$
- 4) Протекает реакция обмена и образуется хромовая кислота, однако серная кислота является сильным дегидратирующим агентом, поэтому хромовая кислота дегидратируется до хромового ангидрида (оксида хрома (VI)):
 
$$\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CrO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$$
- 5) **KJ** является восстановителем:
 
$$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6\text{KJ} + 14\text{HCl} = 2\text{CrCl}_3 + 3\text{J}_2 + 7\text{H}_2\text{O} + 8\text{HCl}$$

$$\begin{array}{l} 1 \mid \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e} = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} \\ \mid \end{array}$$

$$3 \text{ } 2\text{J} - 2\text{e} = \text{J}_2$$



II.  $\text{CrO}_3$  как сказано выше является ангидридом хромовой и дихромовой кислоты. Причем дихромовая кислота образуется в результате частичной дегидратации хромовой кислоты. Следовательно  $\text{CrO}_3$  проявляет кислотные свойства:  $2\text{KOH} + \text{CrO}_3 = \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .

### Разбалловка

Уравнения реакций 1, 3, 5:

с написанием электронного или электронно-ионного баланса 3\*2=6б.

без написания электронного или электронно-ионного баланса 3\*1=3б.

Уравнения реакций 2,4 2\*1=2б.

Уравнение реакции 6, если продуктом является  $\text{CrO}_3$  1 б.

если продуктом является  $\text{H}_2\text{CrO}_4$  0,5 б.

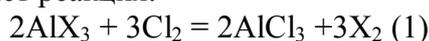
Кислотно-основные свойства соединения D 1 б.

ИТОГО 10 б.

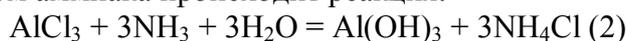
### Задача № 9-2

Так как после обработки обоих растворов хлором и упаривания раствора получился один и тот же кристаллогидрат, то это соединение является гексагидратом хлорида алюминия, а растворы исходных солей могут быть только галогенидами.

При обработке хлором протекает реакция:



При обработке раствором аммиака происходит реакция:



При нагревании  $\text{Al}(\text{OH})_3$  разлагается в соответствии с уравнением:



$$v(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,5 v(\text{AlX}_3)$$

$$v_1(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,5m/M_1$$

$$v_2(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,5m/M_2$$

$$m_1(\text{Al}_2\text{O}_3)/m_2(\text{Al}_2\text{O}_3) = v_1(\text{Al}_2\text{O}_3)/v_2(\text{Al}_2\text{O}_3) = M_2/M_1 = 2$$

Галогенид	$\text{AlCl}_3$	$\text{AlBr}_3$	$\text{AlI}_3$	1	2	$M_2/M_1$
Мол. масса	133,5	266,7	408	$\text{AlCl}_3$	$\text{AlBr}_3$	2
				$\text{AlBr}_3$	$\text{AlI}_3$	1,52
				$\text{AlCl}_3$	$\text{AlI}_3$	3

В первом растворе находится соль  $\text{AlCl}_3$ , во втором -  $\text{AlBr}_3$ .

Взяли 100 г раствора обеих солей, следовательно,  $m(\text{AlCl}_3) = m(\text{AlBr}_3) = 5(\text{г})$ .

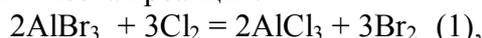
$$v(\text{AlCl}_3) = 5/133,5 = 0,0374 \text{ (моль)}$$

$$v(\text{AlBr}_3) = 5/266,7 = 0,0187 \text{ (моль)}$$

$$V(\text{Cl}_2)_{\text{н.у.}} = 1 \cdot 293/273 = 1,073 \text{ (л)}$$

$$v(\text{Cl}_2) = 1,073/22,4 = 0,0479 \text{ (моль)}$$

Учитывая, что происходит химическая реакция:



можно утверждать, что  $\text{Cl}_2$  находится в избытке.

$$v(\text{AlCl}_3) = v_1(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,0374 \text{ (моль)}$$

$$v(\text{AlBr}_3) = v_2(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,0187 \text{ (моль)}$$

$$m_1(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 9,03 \text{ г}$$

$$m_2(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 4,52 \text{ г}$$

### Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) – (3)	3·1 б. = 3 б.
Вывод о том, что исходные соли – галогениды	0,5 б.
Расчет соотношения молярных масс исходных солей	2 б.
Определение исходных солей	2·1 б. = 2 б.
Расчет количества хлора при н.у.	0,5 б.
Расчет массы полученных кристаллогидратов	2·1 б. = 2 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

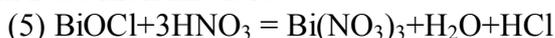
### Задача № 9-3

Реакции осаждения исходного раствора:

- (1)  $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} = \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$  (белый, творожистый осадок)
- (2)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NaCl} = \text{PbCl}_2\downarrow + 2\text{NaNO}_3$  (белый, кристаллический осадок)
- (3)  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{BiOCl}\downarrow + 3\text{NaNO}_3 + 2\text{HCl}$  (белый аморфный осадок)
- (4)  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NaCl} = \text{Hg}_2\text{Cl}_2\downarrow + 2\text{NaNO}_3$  (белый осадок)

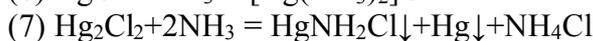
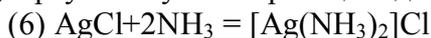
Характерным свойством хлорида свинца является его растворимость в горячей воде, поэтому фильтрат 2 содержит хлорид свинца, а осадок 2 остальные катионы.

Из хлоридов серебра, ртути и оксохлорида висмута только оксохлорид висмута растворяется в азотной кислоте:



Таким образом, фильтрат 3 содержит катионы  $\text{Bi}^{3+}$ , а осадок 3 хлориды серебра и ртути.

Концентрированный аммиак растворяет хлорид серебра с образованием комплексной соли, а ртуть вступает в реакцию диспропорционирования:



Итоговая таблица:

Номер	Фильтрат	Осадок
2	$\text{PbCl}_2$	$\text{AgCl}; \text{BiOCl}; \text{Hg}_2\text{Cl}_2$
3	$\text{Bi}^{3+}$	$\text{AgCl}; \text{Hg}_2\text{Cl}_2$
4	$\text{Ag}^+$	$\text{Hg}; \text{HgNH}_2\text{Cl}$

### Разбалловка

Написание уравнений реакций	7x1б.=7б.
Определение состава фильтратов и осадков 2 -4	6x0,5б.=3б.
<b>ИТОГ</b>	<b>10б.</b>

### Задача № 9-4

1) Уравнения реакций взаимодействия



2) Объем хлора при нормальных условиях

$$V_0(\text{Cl}_2) = \frac{PVT_0}{TP_0} = \frac{99,07 \cdot 1,4 \cdot 273}{298 \cdot 101,325} = 1,254 \text{ л.}$$

3) Массы оксидов, необходимые для получения 1,254 л хлора (при н. у.)

$$m(\text{CrO}_3) = \frac{V_0(\text{Cl}_2) \cdot 2M(\text{CrO}_3)}{3V_M(\text{Cl}_2)} = \frac{1,254 \cdot 200}{67,2} = 3,732 \text{ г};$$

$$m(\text{MnO}_2) = \frac{V_0(\text{Cl}_2) \cdot M(\text{MnO}_2)}{V_M(\text{Cl}_2)} = \frac{1,254 \cdot 86,94}{22,4} = 4,867 \text{ г};$$

$$m(\text{CeO}_2) = \frac{V_0(\text{Cl}_2) \cdot 2M(\text{CeO}_2)}{V_M(\text{Cl}_2)} = \frac{1,254 \cdot 344}{22,4} = 19,258 \text{ г.}$$

4) Массы 37 %-ной хлороводородной кислоты

$$m_1 = \frac{m(\text{CrO}_3) \cdot 12M(\text{HCl}) \cdot 100\%}{2M(\text{CrO}_3) \cdot \omega(\text{HCl})} = \frac{3,732 \cdot 12 \cdot 36,5 \cdot 100}{2 \cdot 100 \cdot 37} = 22,0894 \text{ г};$$

$$m_2 = \frac{m(\text{MnO}_2) \cdot 4M(\text{HCl}) \cdot 100\%}{M(\text{MnO}_2) \cdot \omega(\text{HCl})} = \frac{4,867 \cdot 4 \cdot 36,5 \cdot 100}{86,94 \cdot 37} = 22,0899 \text{ г};$$

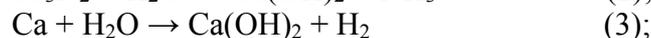
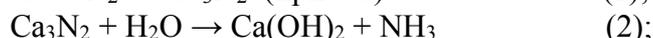
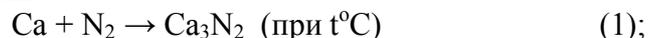
$$m_3 = \frac{m(\text{CeO}_2) \cdot 8M(\text{HCl}) \cdot 100\%}{2M(\text{CeO}_2) \cdot \omega(\text{HCl})} = \frac{19,258 \cdot 8 \cdot 36,5 \cdot 100}{2 \cdot 344 \cdot 37} = 22,0904 \text{ г}.$$

#### Разбалловка

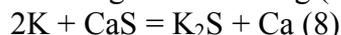
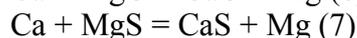
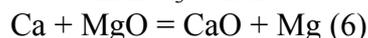
Написание уравнений реакций (1) – (3)	1·3 = 3 б.
Приведение объёма хлора к нормальным условиям	1 б.
Расчёт массы вступающего в реакцию оксида	1·3 = 3 б.
Расчёт массы хлороводородной кислоты, вступающей в реакцию с определённым оксидом	1·3 = 3 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

#### Задача № 9-5

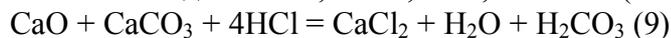
1. Вещество X – кальций.



2.  $3\text{Ca} + 2\text{AlCl}_3 = 2\text{Al} + 3\text{CaCl}_2$  (5)



3. Расход HCl 0,01 л·2,2 = 0,022 моль (плотность кислоты считаем близкой к 1 г/см<sup>3</sup>)



Мольное отношение  $\text{Ca}^{2+}:\text{HCl} = 1:2$

Количество вещества кальция  $0,022/2 = 0,011$  моль

Количество вещества CaO – x, CaCO<sub>3</sub> – (0,011-x)

Масса смеси:

$$56x + 100(0,011-x) = 1,056$$

$$x = 0,001$$

масса CaO  $0,001 \times 56 = 0,056$  г

Остальное – карбонат кальция (1 г).

Состав смеси: 5,3% оксида кальция, 94,7% карбоната.

4. 1) это аммиак (NH<sub>3</sub>) – газ с резким запахом, обладает основными свойствами, при растворении в воде ведет себя, как слабое основание.

2) Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – гидрокарбонат кальция – наряду с гидрокарбонатом магния обуславливают временную жесткость воды. При кипячении такой воды происходит разложение гидрокарбонатов и образование нерастворимых в воде карбонатов кальция и магния, называемых накипью (уравнение (4)).

3) Реакция (1) позволяет перевести азот воздуха в твердое соединение при высокой температуре, именно эта реакция используется при вакуумировании электровакуумных приборов.

#### Разбалловка

Определение X*	1 б.
Написание уравнений реакций (1) – (4)	4·0,75 б. = 3 б.
Написание уравнений вытеснения металлов кальцием и получения кальция.	4·0,75 б. = 3 б.
Расчет количества молей HCl и Ca <sup>2+</sup>	2·0,5 б. = 1 б.

Расчет состава смеси	1 б.
Комментарии к подсказкам	1 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

\*Написание участников в качестве X магния считается верным ответом, при этом изменится лишь количественный состав смеси оксида и карбоната.

Он составит:

масса MgO  $0,001 \times 40 = 0,04$  г (3,8%)  
 масса MgCO<sub>3</sub>  $1,056 - 0,04 = 1,016$  г (96,2%)

### 3.2.2. Задания 10 класса

#### Задача № 10-1

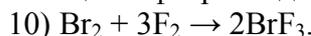
Образующееся по реакциям 1 – 7 вещество является бромом

- 1)  $2\text{KBr} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Br}_2 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ;
- 2)  $2\text{KBr} + \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8 \rightarrow 2\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Br}_2$ ;
- 3)  $2\text{KBr} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{KOH} + \text{Br}_2$ ;
- 4)  $10\text{KBr} + 2\text{KMnO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 6\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 5\text{Br}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ ;
- 5)  $2\text{KBrO}_3 + 6\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 10\text{CO}_2\uparrow$ ;
- 6)  $2\text{KBrO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{KOH} + \text{Br}_2 + 3\text{O}_2\uparrow$ ;
- 7)  $\text{KBrO}_3 + 5\text{KBr} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 6\text{KOH} + 3\text{Br}_2$ .

Взаимодействие брома с хлоратом и йодидом калия описывается уравнениями

- 8)  $\text{Br}_2 + 2\text{KClO}_3 \rightarrow 2\text{KBrO}_3 + \text{Cl}_2\uparrow$ ;
- 9)  $\text{Br}_2 + 2\text{KI} \rightarrow 2\text{KBr} + \text{I}_2\downarrow$

Реакция с фтором идёт по уравнению



#### Разбалловка

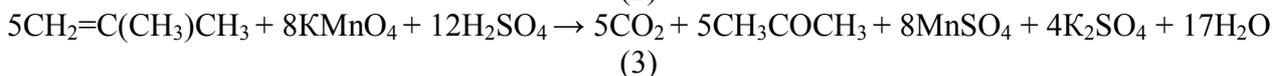
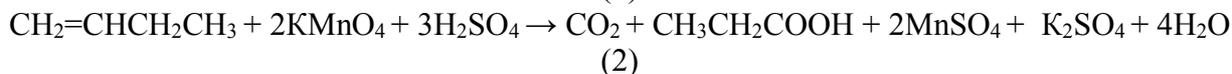
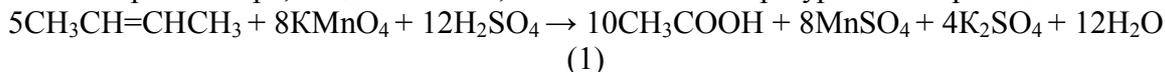
Уравнения реакций (1) – (10)	1·10 = 10 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

#### Задача № 10-2

Находим количества веществ:

$$\begin{aligned} v(\text{C}_4\text{H}_8) &= m/M = 2,8 \text{ г} / 56 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ моль}; \\ v(\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}) &= m/M = 0,74 \text{ г} / 74 \text{ г/моль} = 0,01 \text{ моль}; \\ v(\text{CO}_2) &= V/V_m = 0,896 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,04 \text{ моль}. \end{aligned}$$

Бутен имеет три изомера, следовательно, можно написать три уравнения реакции окисления:



Из реакции (2):

$$\begin{aligned} v(\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}): v(\text{бутена-1}) &= 1:1, v(\text{бутена-1})_{(\text{прореаг.})} = 0,01 \text{ моль}; \\ v(\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}): v(\text{CO}_2) &= 1:1, v(\text{CO}_2) = 0,01 \text{ моль}; \end{aligned}$$

Следовательно,  $v(\text{CO}_2)_{(\text{остав.})} = 0,04 - 0,01 = 0,03$  моль.

Из реакции (3):

$$v(\text{CO}_2)_{(\text{остав.})}: v(\text{изобутена}) = 1:1, v(\text{изобутена}) = 0,03 \text{ моль},$$

Следовательно,  $v(\text{бутена})$  на реакцию (1) осталось:

$$0,05 - 0,03 - 0,01 = 0,01 \text{ моль},$$

$$v(\text{CO}_2)_{(\text{остав.})}: v(\text{кетона}) = 1:1, v(\text{кетона}) = 0,03 \text{ моль}.$$

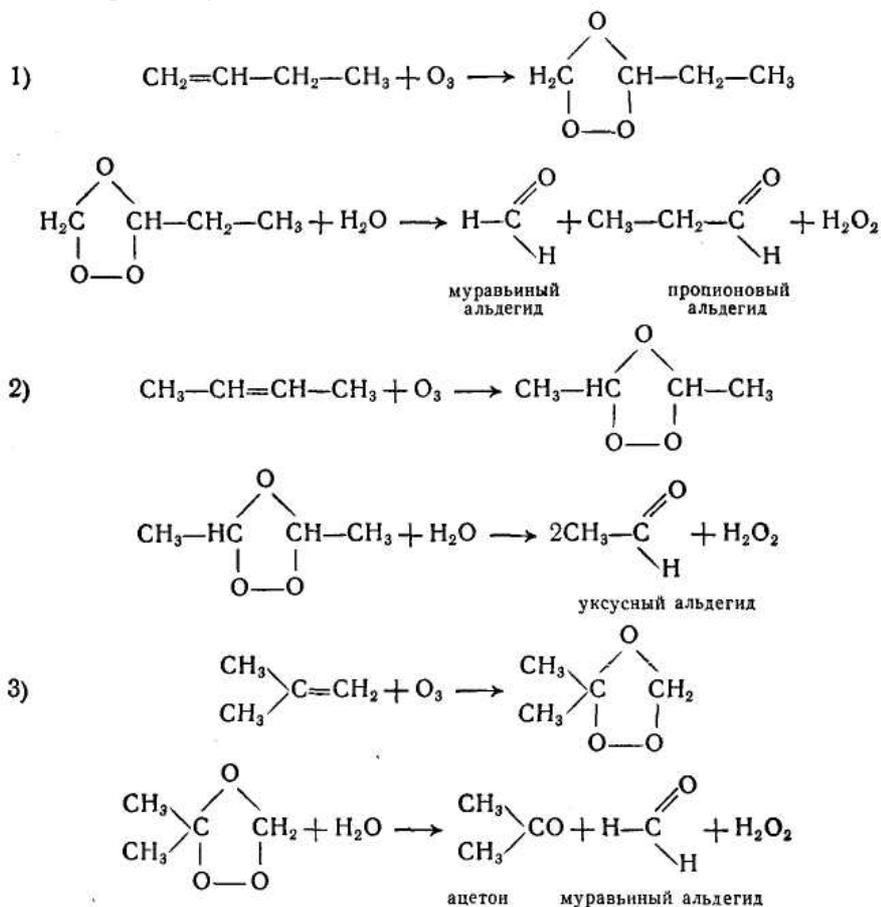
Из реакции (1):

$$v(\text{бутена-2}):v(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1:2,$$

$$v(\text{CH}_3\text{COOH})=0,02 \text{ моль.}$$

**Ответ:**  $v(\text{CH}_3\text{COOH})=0,02$  моль;  $v(\text{CH}_3\text{COCH}_3)=0,03$  моль; состав смеси: бутен-1-0,01 моль; бутен-2-0,01 моль; изобутен-0,03 моль.

Озонирование изомерных бутенов:



### Разбалловка

Уравнения (1) – (3)

3·1 б. = 3 б.

Определение качественного состава исходной смеси

3·0,5 б. = 1,5 б.

Определение количественного состава исходной смеси

3·0,5 б. = 1,5 б.

Определение качественного состава и количества продуктов окисления бутенов

2·0,5 б. = 1 б.

Продукты гидролиза озонированных производных бутенов (формула и название для каждого изомерного бутена)

3·1 б. = 3 б.

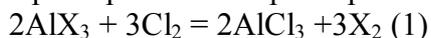
ИТОГО

10 б.

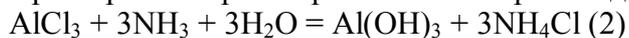
### Задача № 10-3

Так как после обработки обоих растворов хлором и упаривания раствора получился один и тот же кристаллогидрат, то это соединение является гексагидратом хлорида алюминия, а растворы исходных солей могут быть только галогенидами.

При обработке хлором протекает реакция:



При обработке раствором аммиака происходит реакция:



При нагревании  $\text{Al}(\text{OH})_3$  разлагается в соответствии с уравнением:



$$v(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,5 v(\text{AlX}_3)$$

$$v_1(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,5m/M_1$$

$$v_2(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,5m/M_2$$

$$m_1(\text{Al}_2\text{O}_3)/ m_2(\text{Al}_2\text{O}_3) = v_1(\text{Al}_2\text{O}_3)/ v_2(\text{Al}_2\text{O}_3) = M_2/ M_1 = 2$$

Галогенид	AlCl <sub>3</sub>	AlBr <sub>3</sub>	AlI <sub>3</sub>	1	2	M <sub>2</sub> / M <sub>1</sub>
Мол. масса	133,5	266,7	408	AlCl <sub>3</sub>	AlBr <sub>3</sub>	2
				AlBr <sub>3</sub>	AlI <sub>3</sub>	1,52
				AlCl <sub>3</sub>	AlI <sub>3</sub>	3

В первом растворе находится соль AlCl<sub>3</sub>, во втором - AlBr<sub>3</sub>.  
 Взяли 100 г раствора обеих солей, следовательно,  $m(\text{AlCl}_3) = m(\text{AlBr}_3) = 5(\text{г})$ .

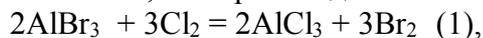
$$v(\text{AlCl}_3) = 5/133,5 = 0,0374 \text{ (моль)}$$

$$v(\text{AlBr}_3) = 5/266,7 = 0,0187 \text{ (моль)}$$

$$V(\text{Cl}_2)_{\text{н.у.}} = 1 \cdot 293/273 = 1,073 \text{ (л)}$$

$$v(\text{Cl}_2) = 1,073/22,4 = 0,0479 \text{ (моль)}$$

Учитывая, что происходит химическая реакция:



можно утверждать, что Cl<sub>2</sub> находится в избытке.

$$v(\text{AlCl}_3) = v_1(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,0374 \text{ (моль)}$$

$$v(\text{AlBr}_3) = v_2(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,0187 \text{ (моль)}$$

$$m_1(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 9,03 \text{ г}$$

$$m_2(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 4,52 \text{ г}$$

### Разбалловка

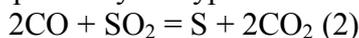
Написание уравнений реакций (1) – (3)	3·1 б. = 3 б.
Вывод о том, что исходные соли – галогениды	0,5 б.
Расчет соотношения молярных масс исходных солей	2 б.
Определение исходных солей	2·1 б. = 2 б.
Расчет количества хлора при н.у.	0,5 б.
Расчет массы полученных кристаллогидратов	2·1 б. = 2 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача № 10-4

1. Углерод образует два оксида: CO и CO<sub>2</sub>. Несолеобразующим является оксид углерода (II).  
 При сжигании пирита образуется диоксид серы:



Желтый порошок, скорее всего, сера. Получим уравнение:



#### 2. Способ 1

Теплота заданной реакции вычисляется по формуле:

$$Q = 2Q(\text{CO}_2) - Q(\text{SO}_2) - 2Q(\text{CO})$$

Из уравнения реакции (1) мы знаем  $Q(\text{CO}_2) = 393,5 \text{ кДж/моль}$

Из уравнения реакции (2) вычисляем теплоту образования CO:

$$Q(\text{CO}) = (2Q(\text{CO}_2) - 566,0)/2 = (2 \cdot 393,5 - 566,0)/2 = 110,5 \text{ кДж/моль}$$

Из уравнения (3) находим теплоту образования NO:

$$Q(\text{NO}) = -180,8/2 = -90,4 \text{ кДж/моль}$$

Из уравнения реакции (5) вычисляем  $Q(\text{NO}_2)$ :

$$Q(\text{NO}_2) = (113 + 2Q(\text{NO}))/2 = (113 - 2 \cdot 90,4)/2 = -33,9 \text{ кДж/моль}$$

Из реакции (6) находим:

$$Q(\text{SO}_3) = 790,4/2 = 395,2 \text{ кДж/моль}$$

Используя реакцию (4) вычисляем  $Q(\text{SO}_2)$ :

$$Q(\text{SO}_2) = Q(\text{SO}_3) + Q(\text{NO}) - Q(\text{NO}_2) - 41,8 = 395,2 - 90,4 + 33,9 - 41,8 = 296,9 \text{ кДж/моль}$$

Теперь вычисляем тепловой эффект заданной реакции:

$$Q = 2 \cdot 393,5 - 296,9 - 2 \cdot 110,5 = 269,1 \text{ кДж}$$

*Способ 2*

Комбинируем реакции. Суммарную реакцию  $2\text{CO} + \text{SO}_2 = \text{S} + 2\text{CO}_2$  получаем как:

$$(2) + (4) + 1/2 (5) - 1/2 (6):$$



$$\text{Соответственно } Q = Q_2 + Q_4 + Q_5/2 - Q_6/2 = 566,0 + 41,8 + 113/2 - 790,4/2 = 269,1$$

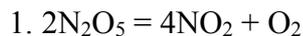
**3.** Оксид углерода (II) образуется при неполном сгорании угля, например при недостатке воздуха:  $2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$

### Разбалловка

Написание уравнений (1) и (2)	2 · 1 б. = 2 б.
Вычисление $Q$ реакции <i>способом 1</i> (за вычисление $Q(\text{CO}_2)$ , $Q(\text{CO})$ , $Q(\text{SO}_2)$ , $Q$ реакции по 1 баллу)	4 б.
Вычисление $Q$ реакции по <i>способу 2</i> (либо другому, не требующему вычисления теплот образования веществ)	7 б.
Написание уравнения получения CO	1 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача № 10-5

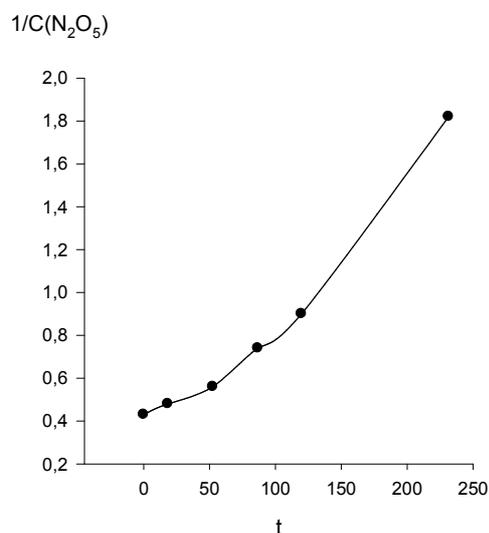
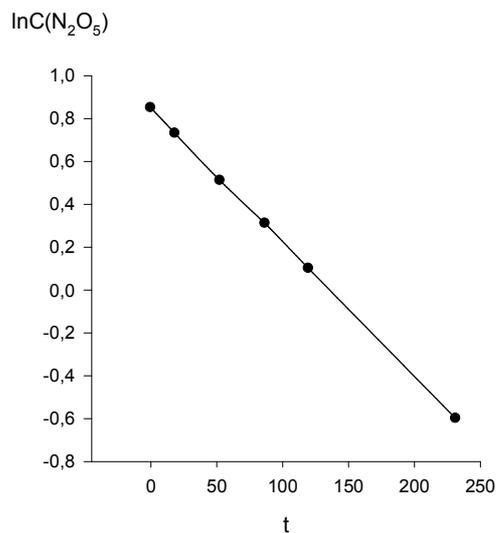
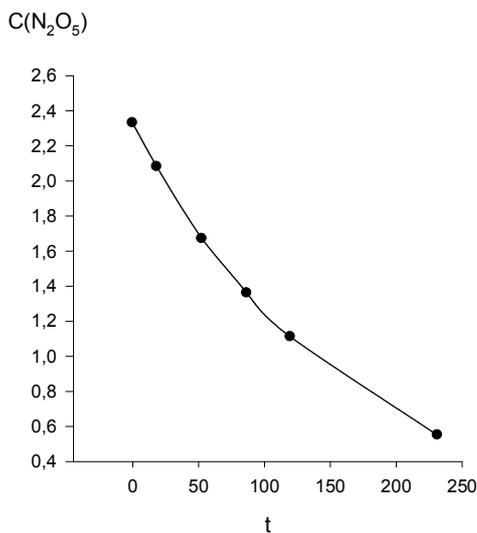
#### Решение



2. Удобно, в данном случае, использовать графический метод. Так, реакция имеет нулевой порядок при условии, что концентрация  $\text{N}_2\text{O}_5$  не зависит от времени. Первый порядок соответствует линейной зависимости в координатах  $\ln C(\text{N}_2\text{O}_5) = f(t)$ , второй порядок –  $1/C(\text{N}_2\text{O}_5) = f(t)$ . Для построения графиков дополняем таблицу логарифмическими значениями концентрации  $\text{N}_2\text{O}_5$

$\tau$ , час	0	18,4	52,6	86,7	119,8	231,5
$C(\text{N}_2\text{O}_5)$	2,33	2,08	1,67	1,36	1,11	0,55
$\ln C(\text{N}_2\text{O}_5)$	0,85	0,73	0,51	0,31	0,10	-0,60
$1/C(\text{N}_2\text{O}_5)$	0,43	0,48	0,56	0,74	0,9	1,82

и строим графики в указанных координатах:



Из графика видно, что прямолинейная зависимость наблюдается в координатах  $\ln C(N_2O_5) = f(t)$ , что соответствует первому порядку. Значит, реакция разложения азотного ангидрида является реакцией первого порядка.

3. Периодом полураспада (полупревращения) называют время  $t_{1/2}$ , за которое в ходе реакции реагирует половина вещества. Для реакции первого порядка оно не зависит от концентрации исходного вещества и вычисляется как

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k_1}.$$

Для нахождения периода полураспада необходимо найти константу скорости реакции первого порядка ( $k_1$ ), которая равна

$$k_1 = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0}{C}.$$

Подставим данные, указанные в условии задачи, в формулы. Получаем:

$$k_1 = \frac{1}{18,4} \ln \frac{2,93}{2,08} = 6,168 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1},$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{6,168 \cdot 10^{-3}} = 112,3 \text{ часа}.$$

4. Степень превращения ( $x$ ) – это доля прореагировавшего вещества в %. Т.к. реакция первого порядка, то  $k_1 = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0}{C_0 - x}$ . Нам надо найти  $x$ .  $C_0$  – это концентрация в начальный момент времени и составляет 100%. По условию задачи (п.3) известны  $k_1 = 0,002 \text{ мин}^{-1}$  и  $t = 2 \text{ часа}$  или 120 мин. Подставляем все данные в формулу

$$0,002 = \frac{1}{120} \ln \frac{1}{1-x}, \text{ выражаем } x \text{ и получаем, что } x=0,213 \text{ или } 21,3\%.$$

5. Имеющиеся данные подставляем в формулу из приложения  $E_a = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_2}{k_1}$ , предварительно выразив  $k_2$ :

$$\ln k_2 = \ln k_1 + \frac{E_a \cdot (T_2 - T_1)}{R \cdot T_1 \cdot T_2}.$$

Главное перевести  $kJ/mol$  в  $J/mol$ .

$$\ln k_2 = \ln(2,03 \cdot 10^{-3}) + \frac{103,5 \cdot 10^3 \cdot (288 - 298)}{8,314 \cdot 298 \cdot 288},$$

$$k_2 = e^{-4,75} = 8,66 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}.$$

#### Разбалловка

Написание уравнения реакции (п.1)	1 б.
Определение порядка реакции (п.2)	3 б.
Расчет периода полураспада (п.3)	2 б.
Расчет степени превращения (п.4)	2 б.
Вычисление константы скорости реакции (п.5)	2 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

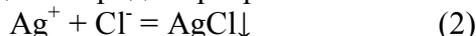
### 3.2.3. Задания 11 класса

#### Задача № 11-1

Соль **A1**, обладающая окислительными свойствами при существовании соединений с двумя степенями окисления  $FeCl_3$ .



Анионы у всех солей – хлорид ионы, поскольку при взаимодействии с нитратом серебра образуется творожистый осадок хлорида серебра:



Металл **B**, имеющий также две степени окисления в обычных соединениях, с неокрашенной солью в низшей степени солями – медь

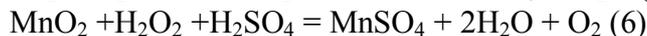
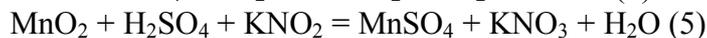
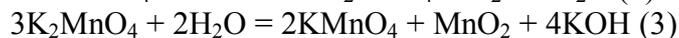


#### Разбалловка

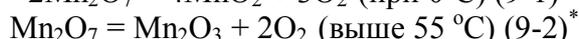
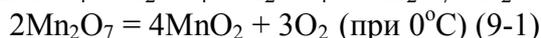
Определение металлов А и В	2·1 б. = 2 б.
Уравнения реакций (1), (2), (4)	3·1 б. = 3 б.
Уравнения реакций (3), (5)	2·1,5 б. = 3 б.
Уравнение реакции (6)	2 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

#### Задача № 11-2

Веществом **A** является перманганат калия, именно он обладает данным окрашиванием и вступает в большое количество разнообразных окислительно-восстановительных реакций.



MnO<sub>2</sub> в реакции (7) является катализатором. Больше кислорода выделяется при подкислении пероксида водорода (судя по коэффициентам реакции).



Выделение газа наблюдается в реакциях (1), (2) и (4). Этот газ – кислород.

Используем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = nRT$$

При  $n = 1$  моль получим:

$$pV_M = RT$$

$$V_M = RT/p$$

Приведем температуру и давление к термодинамическим единицам измерения:

$$T = 40 + 273 = 313 \text{ К}$$

$$p = 800 \cdot 101325 / 760 = 106658 \text{ Па}$$

$$V_M = 8,314 \cdot 313 / 106658 = 0,0244 \text{ м}^3 = 24,4 \text{ л}$$

Найдем количество перманганата калия вступившего в реакцию:

$$n(\text{KMnO}_4) = 39,5 / 158 = 0,25 \text{ моль}$$

В уравнении (1):

$$n(\text{O}_2) = n(\text{KMnO}_4) / 2 = 0,125 \text{ моль}$$

$$V(\text{O}_2) = 0,125 \cdot 24,4 = 3,05 \text{ л}$$

В уравнении (2):

$$n(\text{O}_2) = n(\text{KMnO}_4) / 4 = 0,063 \text{ моль}$$

$$V(\text{O}_2) = 0,063 \cdot 24,4 = 1,54 \text{ л}$$

В уравнении (4):

$$n(\text{O}_2) = 3 \cdot n(\text{KMnO}_4) / 4 = 0,19 \text{ моль}$$

$$V(\text{O}_2) = 0,19 \cdot 24,4 = 4,64 \text{ л}$$

### Разбалловка

Написание уравнений (1) – (6)

6 · 0,5 б. = 3 б.

Написание уравнений (7) – (9)

3 · 1 б. = 3 б.

Расчет объема кислорода в реакциях (1), (2), (3)

3 · 1 б. = 3 б.

Оптимизация процесса расчета\*\*

1 б

ИТОГО

10 б.

\* В 1 балл оценивается любое из двух приведенных уравнений.

\*\* Под оптимизацией понимается ход решения, который сокращает количество повторяющихся действий. В приведенном решении использование молярного объема кислорода при заданных условиях позволяет сократить вычисления, связанные с переводом объема кислорода из нормальных условий в заданные.

Возможны варианты путей оптимизации.

### Задача №11-3

1. Так как соль **A** окрашивает пламя в желтый цвет, можно предположить, что это натриевая соль

2. Газ **B** является углекислым газом CO<sub>2</sub>, что соответствует приведённой в условии его молярной массе 44 г/моль.

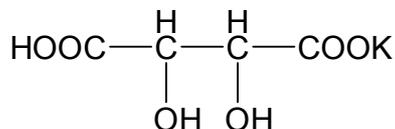
3. Количество углекислого газа равно  $v(\text{CO}_2) = 0,448 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,02 \text{ моль}$  ( $448 \text{ см}^3 = 0,448 \text{ л}$ ).

4. Так соли **A** и **B** взяты в эквимолекулярном количестве предположим, что количество CO<sub>2</sub> равно количеству каждой соли.  $v(\text{CO}_2) = v(\text{A}) = v(\text{B})$ .

5. Таким образом, одной из солей будет являться соль угольной кислоты (карбонат или гидрокарбонат). Если соль карбонат натрия,  $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль}$ , тогда  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106$

г/моль · 0,02 моль = 2,12 г. Если соль гидрокарбонатом натрия,  $M(\text{NaHCO}_3) = 84$  г/моль,  $m(\text{NaHCO}_3) = 84$  г/моль · 0,02 моль = 1,68 г, что соответствует условию задачи. Соль **А** – гидрокарбонат натрия  $\text{NaHCO}_3$ .

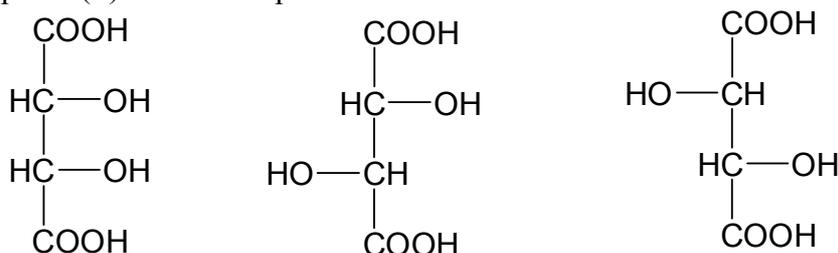
6. Определим соль **Б**. Название соли «винный камень» соответствует кислой калиевой соли винной кислоты.



$M(\text{соли Б}) = 3,76 \text{ г} / 0,02 \text{ моль} = 188 \text{ г/моль}$ , то есть удовлетворяет условию задачи.

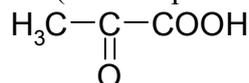
7. Вещество **Д** – винная кислота (2,3-дигидроксипропановая кислота)

Известны три стереоизомерные формы винной кислоты: мезо-форма (мезовинная кислота), D-(-)-энантиомер и L-(+)-энантиомер:

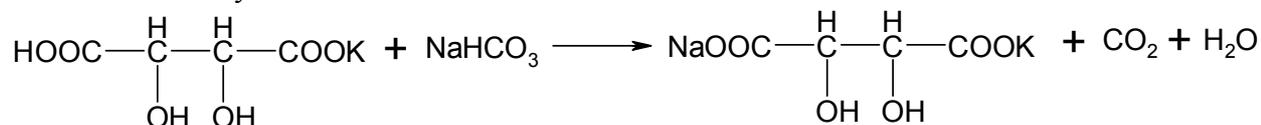


Мезовинная кислота      L-(+)-энантиомер      D-(-)-энантиомер

8. Кислота **Е** – пировиноградная кислота (2-оксопропановая кислота).



9. Реакция между солями **А** и **Б**



$m(\text{безводной соли Г}) = 5,64 \text{ г} \times (1 - 0,2553) = 4,2 \text{ г}$ , тогда  $M(\text{соли Г}) = 4,2 \text{ г} / 0,02 \text{ моль} = 210$  г/моль, что соответствует тартрату калия-натрия

### Разбалловка

Установление соединений **А** – **Е**

1·1 б. = 6 б.

Реакция между **А** и **Б**

1 б.

Стереоизомеры соединения **Д**

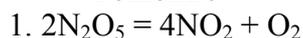
3·1 б. = 3 б.

ИТОГО

10 б.

### Задача № 11-4

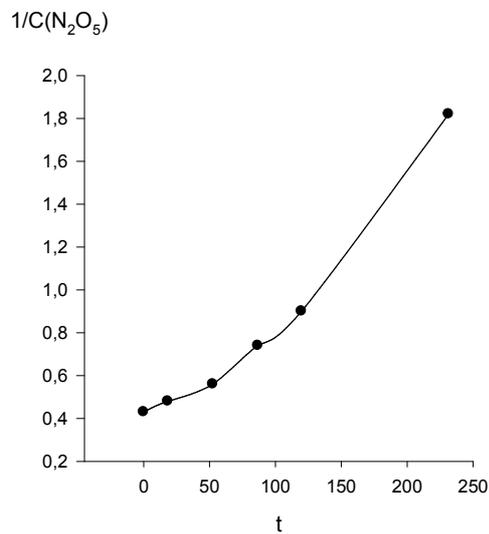
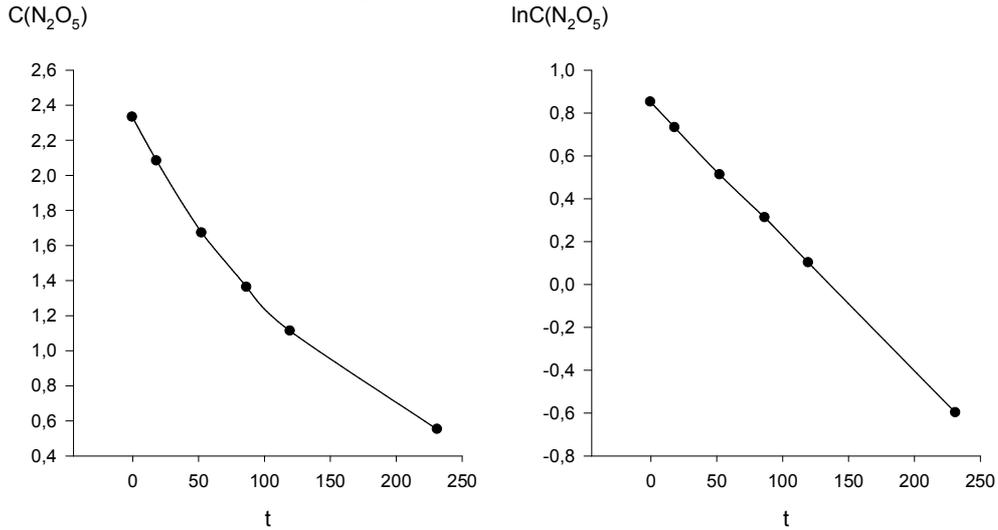
#### Решение



2. Удобно, в данном случае, использовать графический метод. Так, реакция имеет нулевой порядок при условии, что концентрация  $\text{N}_2\text{O}_5$  не зависит от времени. Первый порядок соответствует линейной зависимости в координатах  $\ln C(\text{N}_2\text{O}_5) = f(t)$ , второй порядок –  $1/C(\text{N}_2\text{O}_5) = f(t)$ . Для построения графиков дополняем таблицу логарифмическими значениями концентрации  $\text{N}_2\text{O}_5$

$\tau$ , час	0	18,4	52,6	86,7	119,8	231,5
$C(\text{N}_2\text{O}_5)$	2,33	2,08	1,67	1,36	1,11	0,55
$\ln C(\text{N}_2\text{O}_5)$	0,85	0,73	0,51	0,31	0,10	-0,60
$1/C(\text{N}_2\text{O}_5)$	0,43	0,48	0,56	0,74	0,9	1,82

и строим графики в указанных координатах:



Из графика видно, что прямолинейная зависимость наблюдается в координатах  $\ln C(N_2O_5) = f(t)$ , что соответствует первому порядку. Значит, реакция разложения азотного ангидрида является реакцией первого порядка.

3. Периодом полураспада (полупревращения) называют время  $t_{1/2}$ , за которое в ходе реакции реагирует половина вещества. Для реакции первого порядка оно не зависит от концентрации исходного вещества и вычисляется как

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k_1}$$

Для нахождения периода полураспада необходимо найти константу скорости реакции первого порядка ( $k_1$ ), которая равна

$$k_1 = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0}{C}$$

Подставим данные, указанные в условии задачи, в формулы. Получаем:

$$k_1 = \frac{1}{18.4} \ln \frac{2.88}{2.08} = 6.168 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{6.168 \cdot 10^{-3}} = 112.3 \text{ часа}$$

4. Степень превращения ( $x$ ) – это доля прореагировавшего вещества в %. Т.к. реакция первого порядка, то  $k_1 = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0}{C_0 - x}$ . Нам надо найти  $x$ .  $C_0$  – это концентрация в начальный момент

времени и составляет 100%. По условию задачи (п.3) известны  $k_1 = 0,002 \text{ мин}^{-1}$  и  $t=2$  часа или 120 мин. Подставляем все данные в формулу

$$0,002 = \frac{1}{120} \ln \frac{1}{1-x}, \text{ выражаем } x \text{ и получаем, что } x=0,213 \text{ или } 21,3\%.$$

5. Имеющиеся данные подставляем в формулу из приложения  $E_a = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_2}{k_1}$ , предварительно выразив  $k_2$ :

$$\ln k_2 = \ln k_1 + \frac{E_a \cdot (T_2 - T_1)}{R \cdot T_1 \cdot T_2}$$

Главное перевести *кДж* в *Дж*.

$$\ln k_2 = \ln(2,03 \cdot 10^{-3}) + \frac{103,5 \cdot 10^3 \cdot (288 - 298)}{8,314 \cdot 298 \cdot 288}$$

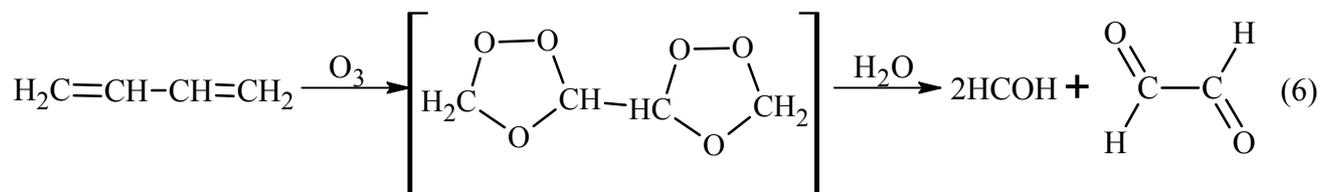
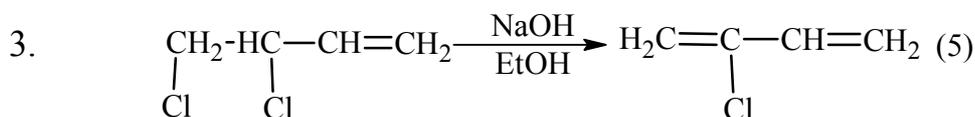
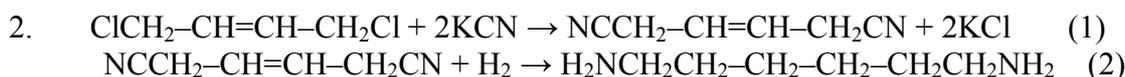
$$k_2 = e^{-4,75} = 8,66 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$$

### Разбалловка

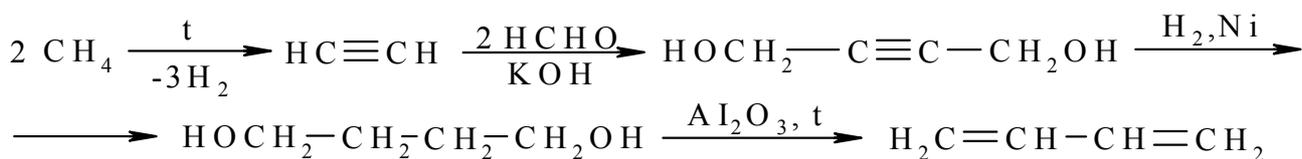
Написание уравнения реакции (п.1)	1 б.
Определение порядка реакции (п.2)	3 б.
Расчет периода полураспада (п.3)	2 б.
Расчет степени превращения (п.4)	2 б.
Вычисление константы скорости реакции (п.5)	2 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача №11-5

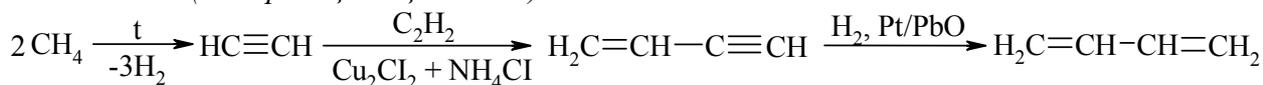
- А:**  $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$  бутадиен-1,3  
**Б:**  $\text{ClCH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$  1,4-дихлорбутен-2  
**В:**  $\text{ClCH}_2-\text{CHCl}-\text{CH}=\text{CH}_2$  3,4-дихлорбутен-1  
**Г:**  $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$  гександиовая кислота  
**Д:**  $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$  1,6-гександиамин  
**Е:**  $\text{H}_2\text{C}=\text{CCl}-\text{CH}=\text{CH}_2$  2-хлорбутадиен-1,3



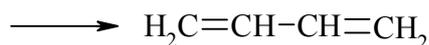
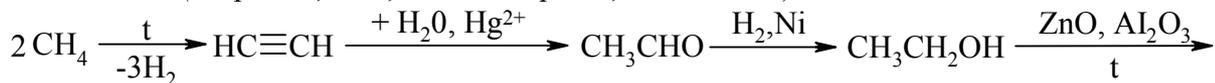
4. Способ 1 (формулирование ацетилен)



Способ 2 (димеризация ацетилена)



Способ 3 (гидратация ацетилена и реакция Лебедева)



### Разбалловка

Структурные формулы соединений А – Е	6·0,5 б. = 3 б.
Структурные формулы соединений А – Е	6·0,5 б. = 3 б.
Написание уравнений (1) – (6)	6·0,5 б. = 3 б.
Способ получения А	1 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### 3.3 Задания зачетного тура

Зачетный тур проходил в режиме on-line с использованием электронной площадки e-olymp Российского Совета олимпиад школьников. Время выполнения заданий – 3 часа.

#### 3.3.1. Задания 9 класса

- 1) Действием соляной кислоты на пиролюзит ( $\text{MnO}_2$ ) этот ученый открыл хлор.
  1. К. Шееле
  2. Г. Кавендиш
  3. К. Бертолле
  4. Л. Бройль
- 2) Атомы химических элементов с одинаковым числом нуклидов в ядре называются
  1. изомерами
  2. изотопами
  3. гомологами
  4. изобарами
- 3) Название этого металла происходит от латинского слова квасцы:
  1. Алюминий
  2. Калий
  3. Железо
  4. Магний
- 4) Какой из приведенных элементов является самым электроотрицательным:
  1. Углерод
  2. Азот
  3. Кремний
  4. Фосфор
- 5) Оксиды – один из основных классов неорганических веществ. Укажите в ответе соединения, которые не являются оксидами.
  1.  $\text{F}_2\text{O}$
  2.  $\text{KO}_2$
  3.  $\text{CuO}$
  4.  $\text{SO}_3$
  5.  $\text{SeO}_2$
  6.  $\text{Na}_2\text{O}_2$

- 6) Этот металл является довольно хрупким, что создает трудности при его использовании в технике:
- |             |           |
|-------------|-----------|
| 1. Алюминий | 3. Медь   |
| 2. Цинк     | 4. Золото |
- 7) Общее число электронов одинаково в частицах:
- |                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| 1. $Mg^{2+}$ и $F^-$ | 3. $Si^{4-}$ и $S^{4+}$ |
| 2. $Ca^{2+}$ и $Ag$  | 4. $N^{3-}$ и $Na^+$    |
- 8) Растворами каких веществ можно обработать кожу после попадания на нее гидроксида калия (промыть перед этим место поражения водой)?
- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| 1. Борная кислота    | 4. Пищевая сода     |
| 2. Перманганат калия | 5. Лимонная кислота |
| 3. Уксусная кислота  | 6. Хлорид натрия    |
- 9) Не протекают реакции между:
- |                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| 1. $Cu + H_2SO_4$ (конц.) | 4. $ZnO + NaOH$      |
| 2. $NiSO_4 + NaOH$        | 5. $CuSO_4 + MgCl_2$ |
| 3. $MnS + H_2S$           | 6. $Cu + H_2O$       |
- 10) Из каких веществ возможно получение газообразного кислорода при нагревании?
- |             |                 |
|-------------|-----------------|
| 1. $KClO_3$ | 4. $KNO_2$      |
| 2. $H_2O$   | 5. $Cu(NO_3)_2$ |
| 3. $HgO$    | 6. $Na_2O$      |
- 11) 1 моль каких веществ содержит такое же количество атомов, сколько атомов содержит 2 моль хлороводорода?
- |              |               |
|--------------|---------------|
| 1. $HNO_2$   | 4. $FeCl_3$   |
| 2. $H_2SO_3$ | 5. $Cu(OH)_2$ |
| 3. $NaOH$    | 6. $SO_3$     |
- 12) При пропускании сероводорода через раствор бихромата калия, подкисленного серной кислотой образуется желтый осадок. Напишите уравнение реакции.
1. Укажите молекулярную массу желтого осадка (округлите до целых)
  2. Укажите сумму коэффициентов в правой части уравнения
  3. Укажите сумму коэффициентов в левой части уравнения
  4. Какое количество электронов принимает один бихромат-ион в данном процессе (укажите число)
- 13) Этот галоген способен окислить воду:
- |         |         |
|---------|---------|
| 1. Бром | 3. Фтор |
| 2. Хлор | 4. Йод  |
- 14) С помощью каких реагентов можно доказать наличие сульфитов в растворе?
- |             |                       |
|-------------|-----------------------|
| 1. $BaCl_2$ | 4. $CO_2$             |
| 2. $KOH$    | 5. $Na_2SO_4$         |
| 3. $HCl$    | 6. $J_2$ (водный р-р) |
- 15) Какие из этих газов нельзя собирать, вытесняя из газометра воду?

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1. H <sub>2</sub>  | 4. Cl <sub>2</sub> |
| 2. O <sub>2</sub>  | 5. N <sub>2</sub>  |
| 3. NH <sub>3</sub> | 6. SO <sub>2</sub> |

16) Краткое ионное уравнение реакции  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_2$  соответствует взаимодействию:

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1. FeSO <sub>4</sub> и NaOH | 3. FeCl <sub>2</sub> и Ba(OH) <sub>2</sub> |
| 2. FeS и KOH                | 4. FeSO <sub>4</sub> и NH <sub>4</sub> OH  |

17) Этот металл незаменим для растений, так как входит в состав хлорофилла – пигмента, обуславливающего фотосинтез:

- |           |            |
|-----------|------------|
| 1. Магний | 3. Кобальт |
| 2. Железо | 4. Медь    |

18) В молекулах каких из приведенных веществ имеются ковалентные связи?

- |                                    |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| 1. Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> | 4. NaCl            |
| 2. Na <sub>2</sub> S               | 5. NO <sub>2</sub> |
| 3. F <sub>2</sub>                  | 6. KJ              |

19) Гидролиз солей приводит к появлению кислотной или щелочной среды. Выберите из списка вещества, которые при растворении дают щелочную реакцию среды.

- |                                    |                      |
|------------------------------------|----------------------|
| 1. Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> | 4. AlCl <sub>3</sub> |
| 2. KNO <sub>2</sub>                | 5. KHSO <sub>3</sub> |
| 3. CuSO <sub>4</sub>               | 6. Na <sub>2</sub> S |

20) По Аррениусу все электролиты подразделяются на сильные и слабые. Из приведенных ниже веществ укажите в ответе слабые электролиты в водном растворе.

- |                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| 1. NaNO <sub>2</sub> | 4. HNO <sub>3</sub>     |
| 2. HNO <sub>2</sub>  | 5. CH <sub>3</sub> COOH |
| 3. NH <sub>3</sub>   | 6. CaCO <sub>3</sub>    |

21) Растворимость сульфата натрия при 25°C составляет 19,2 г на 100 г H<sub>2</sub>O. Какие из представленных растворов Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> будут пересыщенными при комнатной температуре

- |          |          |
|----------|----------|
| 1. 16,1% | 3. 16,3% |
| 2. 15,9% | 4. 17,0% |

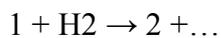
22) Растворением Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O в воде было получено 100,0 г раствора с массовой долей сульфата натрия 10,0%.

1. Какую массу Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O необходимо взять для получения раствора (округлите до десятых)?
2. Какую массу воды нужно взять для получения раствора (округлите до десятых)?
3. Какую массу Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O необходимо добавить, чтобы массовая доля соли в растворе составила 15% (ответ округлите до десятых)?
4. Какое количество (в граммах) безводного Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> растворится в 15,0% растворе, если растворимость Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> составляет 16,0%(ответ округлите до десятых)?

23) Одна из натриевых солей угольной кислоты содержит 27,4% натрия, 14,3% углерода и 57,1% кислорода.

1. Выведите формулу неизвестной соли и в ответе укажите ее молярную массу (округлите до целого числа)
2. При прокаливании соли выделяется газ и вода. В ответе укажите молярную массу этого газа (округлите до целого числа)

3. Какое количество газа (моль) выделится при прокаливании 22 г данной соли (округлите до сотых)?
4. Если пропустить через 100 г 20,0% раствора NaOH 22 г углекислого газа, то получится неизвестная соль? (в ответе укажите да или нет)



1. В цепочке превращений вещество 1 это... (в ответе укажите формулу, например,  $Na_2SO_4$ )
2. В цепочке превращений вещество 2 это... (в ответе укажите формулу, например,  $Na_2SO_4$ )
3. В цепочке превращений вещество 3 это... (в ответе укажите формулу, например,  $Na_2SO_4$ )
4. В цепочке превращений вещество 4 это... (в ответе укажите формулу, например,  $Na_2SO_4$ )

25) 40 г натрия поместили в 240 мл воды. Полученный водород потратили на реакцию с оксидом меди (II).

1. Вычислите объем (при н. у.) выделившегося водорода (округлите ответ до десятых)
2. Вычислите массовую долю вещества в растворе после добавления натрия (округлите ответ до целых).
3. Какую массу меди можно получить, используя выделившийся водород (округлите ответ до десятых)?
4. Какой объем 20% азотной кислоты ( $\rho=1,18$  г/мл) потребуется для нейтрализации полученного раствора (ответ округлите до десятых)?

### 3.3.2 Задания 10 класса

1. Действием соляной кислоты на пиролюзит ( $MnO_2$ ) этот ученый открыл хлор.

1. К. Шееле

3. К. Бертолле

2. Г. Кавендиш

4. Л. Бройль

2. Какие из приведенных ниже углеводородов имеют плоскую геометрическую конфигурацию?

1. Циклогексан

4. Ацетилен

2. Бензол

5. Формальдегид

3. Пропилен

6. Пиррол

3. Название этого металла происходит от латинского словосочетания «утренняя заря» из-за характерного красноватого блеска:

1. Серебро

3. Золото

2. Кобальт

4. Кадмий

4. Какой из приведенных элементов является самым электроотрицательным:

1. Углерод

3. Кремний

2. Азот

4. Фосфор

5. Оксиды – один из основных классов неорганических веществ. Укажите в ответе соединения, которые не являются оксидами.

1.  $F_2O$

2.  $KO_2$

3. CuO
4. SO<sub>3</sub>

5. SeO<sub>2</sub>
6. Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

6. Явление пассивации поверхности металла в концентрированной серной кислоте характерно для:

1. Железа
2. Никеля
3. Олова
4. Хрома

7. Общее число электронов одинаково в частицах:

1. Mg<sup>2+</sup> и F<sup>-</sup>
2. Ca<sup>3+</sup> и Ag
3. Si<sup>4-</sup> и S<sup>4+</sup>
4. N<sup>3-</sup> и Na<sup>+</sup>

8. Растворами каких веществ можно обработать кожу после попадания на нее гидроксида калия (промыть перед этим место поражения водой)?

1. Борная кислота
2. Перманганат калия
3. Уксусная кислота
4. Пищевая сода
5. Лимонная кислота
6. Хлорид натрия

9. Не протекают реакции между:

1. Cu + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(конц.)
2. NiSO<sub>4</sub> + NaOH
3. MnS + H<sub>2</sub>S
4. ZnO + NaOH
5. CuSO<sub>4</sub> + MgCl<sub>2</sub>
6. Cu + H<sub>2</sub>O

10. С какими реагентами бензол способен вступать в реакции присоединения?

1. H<sub>2</sub>
2. H<sub>2</sub>O
3. HBr
4. Cl<sub>2</sub>
5. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
6. CH<sub>3</sub>Cl

11. 1 моль каких веществ содержит такое же количество атомов, сколько атомов содержит 2 моль хлороводорода?

1. HNO<sub>2</sub>
2. H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>
3. NaOH
4. FeCl<sub>3</sub>
5. Cu(OH)<sub>2</sub>
6. SO<sub>3</sub>

12. При пропускании сероводорода через раствор бихромата калия, подкисленного серной кислотой образуется желтый осадок. Напишите уравнение реакции.

1. Укажите молекулярную массу желтого осадка (округлите до целых)
2. Укажите сумму коэффициентов в правой части уравнения
3. Укажите сумму коэффициентов в левой части уравнения
4. Какое количество электронов принимает один бихромат-ион в данном процессе (укажите число)

13. Качественной реакцией на анион брома является пропускание газа X и окрашивание органического растворителя в бурый цвет. Газ X это:

1. Кислород
2. Хлор
3. Хлороводород
4. Йод

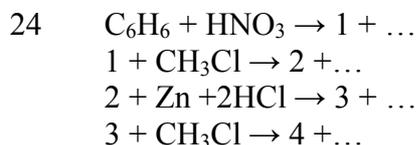
14. Какие из приведенных веществ можно использовать для определения хлорид-ионов в растворе?

1. AgNO<sub>3</sub>
2. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (разб.)
3. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (конц.)
4. Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>
5. KMnO<sub>4</sub>+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
6. ZnSO<sub>4</sub>

- 15 Какие из этих газов нельзя собирать, вытесняя из газометра воду?
- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1. H <sub>2</sub>  | 4. Cl <sub>2</sub> |
| 2. O <sub>2</sub>  | 5. N <sub>2</sub>  |
| 3. NH <sub>3</sub> | 6. SO <sub>2</sub> |
- 16 Краткое ионное уравнение реакции  $\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{BaCO}_3$  соответствует взаимодействию:
- |  |  |
|--|--|
| 1. BaSO <sub>4</sub> и Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | 3. Ba(OH) <sub>2</sub> и Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> |
| 2. BaCl <sub>2</sub> и K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>  | 4. BaCl <sub>2</sub> и H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>    |
- 17 Этот металл незаменим для растений, так как входит в состав хлорофилла – пигмента, обуславливающего фотосинтез:
- |           |            |
|-----------|------------|
| 1. Магний | 3. Кобальт |
| 2. Железо | 4. Медь    |
- 18 Понятие гибридизации атомных орбиталей позволяет предсказать геометрическую форму молекул. Из приведенных ниже веществ, выберите те, центральный атом которых имеет sp<sup>3</sup>-гибридизацию.
- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| 1. H <sub>2</sub> O | 4. AlCl <sub>3</sub> |
| 2. CH <sub>4</sub>  | 5. BCl <sub>3</sub>  |
| 3. NH <sup>4+</sup> | 6. NH <sub>3</sub>   |
- 19 Гидролиз солей приводит к появлению кислотной или щелочной среды. Выберите из списка вещества, которые при растворении дают кислую реакцию среды.
- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1. Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> | 4. AlCl <sub>3</sub>                                 |
| 2. KNO <sub>2</sub>                | 5. NaHCO <sub>3</sub>                                |
| 3. CuSO <sub>4</sub>               | 6. Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> |
- 20 Какое воздействие на систему способствует увеличению выхода водорода в реакции  $2\text{Fe}(\text{г}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{г}) = \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) - Q$
- |                                 |                           |
|---------------------------------|---------------------------|
| 1. Увеличение концентрации воды | 4. Уменьшение давления    |
| 2. Удаление из системы водорода | 5. Увеличение температуры |
| 3. Увеличение давления          | 6. Уменьшение температуры |
- 21 Какие из окислительно-восстановительных переходов осуществляются с участием протонов?
- |  |  |
|--|--|
| 1. MnO <sup>4-</sup> → MnO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>              | 4. Cl <sub>2</sub> → ClO <sup>-</sup>                          |
| 2. MnO <sup>4-</sup> → Mn <sup>2+</sup>                            | 5. MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> → MnO <sub>2</sub>            |
| 3. Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> → Cr <sup>3+</sup> | 6. NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> → NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> |
- 22 Растворением Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O в воде было получено 100,0 г раствора с массовой долей сульфата натрия 10,0%.
1. Какую массу Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O необходимо взять для получения раствора (округлите до десятых)?
  2. Какую массу воды нужно взять для получения раствора (округлите до десятых)?
  3. Какую массу Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O необходимо добавить, чтобы массовая доля соли в растворе составила 15% (ответ округлите до десятых)?
  4. Какое количество (в граммах) безводного Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> растворится в 15,0% растворе, если растворимость Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> составляет 16,0%(ответ округлите до десятых)?
- 23 При действии на вещество А, содержащее 22,2% углерода и 74,1% брома, металлического цинка образуется соединение В. При действии на соединение В бромоводорода и

обработка полученного соединения спиртовым раствором щелочи приводит к образованию соединения С, имеющего неразветвленное строение.

1. Укажите название соединения А (по ИЮПАК)
2. Укажите название соединения В (по ИЮПАК)
3. Укажите название соединения С (по ИЮПАК)
4. Какое количество углекислого газа (моль) выделится при сжигании 25 г соединения В?(ответ округлите до десятых)



1. В цепочке превращений вещество 1 это... (в ответе укажите название соединения по ИЮПАК)
2. В цепочке превращений вещество 2 это... (в ответе укажите название соединения по ИЮПАК)
3. В цепочке превращений вещество 3 это... (в ответе укажите название соединения по ИЮПАК)
4. В цепочке превращений вещество 4 это... (в ответе укажите название соединения по ИЮПАК)

25 40 г натрия поместили в 240 мл воды. Полученный водород потратили на реакцию с оксидом меди (II).

1. Вычислите объем (при н. у.) выделившегося водорода (округлите ответ до десятых)
2. Вычислите массовую долю вещества в растворе после добавления натрия (округлите ответ до целых).
3. Какую массу меди можно получить, используя выделившийся водород (округлите ответ до десятых)?
4. Какой объем 20% азотной кислоты ( $\rho=1,18$  г/мл) потребуется для нейтрализации полученного раствора (ответ округлите до десятых)?

### 3.3.3 Задания 11 класса

1 Принцип смещения химического равновесия сформулировал:

- |                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| 1. С.-А. Аррениус       | 3. А.-Л. Ле-Шаталье |
| 2. И.-Д. Ван-дер-Ваальс | 4. Я.-Х. Вант-Гофф  |

2 Ароматическими соединениями являются соединения, которые подчиняются правилу Хюккеля. Какие из предложенных соединений являются ароматическими?

- |                   |                     |
|-------------------|---------------------|
| 1. Пиррол         | 4. Циклооктатетраен |
| 2. Нафталин       | 5. Фуран            |
| 3. Циклопентадиен | 6. Циклопропен      |

3 Этот элемент был обнаружен впервые в спектре солнечного света, за что и получил свое название:

- |            |           |
|------------|-----------|
| 1. Водород | 3. Ксенон |
| 2. Гелий   | 4. Неон   |

4 Какой из приведенных элементов является наименее электроотрицательным:

- |            |            |
|------------|------------|
| 1. Углерод | 3. Кремний |
| 2. Азот    | 4. Фосфор  |

- 5 Основываясь на классификации солей выберите из приведенного списка двойные соли.
- |  |  |
|--|--|
| 1. $\text{Na}_2\text{SO}_3$              | 4. $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$                                       |
| 2. $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$   | 5. $\text{Ca}_2\text{Cl}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ |
| 3. $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ | 6. $\text{NaHSO}_4$  |
- 6 Действием какого вещества могут быть получены ангидриды карбоновых кислот?
- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| 1. $\text{NH}_3$           | 3. $\text{CH}_3\text{OH}$ |
| 2. $\text{H}_2\text{SO}_4$ | 4. $\text{P}_2\text{O}_5$ |
- 7 Количество пи-связей одинаково в молекулах:
- |   |   |
|---|---|
| 1. $\text{C}_2\text{H}_2$ и $\text{SO}_3$           | 3. $\text{HClO}$ и $\text{H}_2\text{O}$ |
| 2. $\text{CO}_2$ и $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ | 4. $\text{CO}_2$ и $\text{SO}_2$        |
- 8 Растворами каких веществ можно обработать кожу после попадания на нее гидроксида калия (промыть перед этим место поражения водой)?
- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| 1. Борная кислота    | 4. Пищевая сода     |
| 2. Перманганат калия | 5. Лимонная кислота |
| 3. Уксусная кислота  | 6. Хлорид натрия    |
- 9 В реакцию гидратации вступают:
- |                  |              |
|------------------|--------------|
| 1. бромэтан      | 4. метиламин |
| 2. этилен        | 5. бутен-2   |
| 3. метилацетилен | 6. бромэтан  |
- 10 С какими соединениями при действии концентрированной серной кислоты образуется лишь один продукт?
- |                         |                                  |
|-------------------------|----------------------------------|
| 1. 1,2-дигидроксibenзол | 4. 1,3-диаминобензол             |
| 2. 2-хлоранилин         | 5. бензол-1,3-дисульфокислота    |
| 3. 1,3-дигидроксibenзол | 6. 4-гидроксibenзолсульфокислота |
- 11 Реакцией Зелинского можно получить:
- |                 |             |
|-----------------|-------------|
| 1. Формальдегид | 3. Бензол   |
| 2. Бутадиен     | 4. Ацетилен |
- 12 При пропускании сероводорода через раствор бихромата калия, подкисленного серной кислотой образуется желтый осадок. Напишите уравнение реакции.
1. Укажите молекулярную массу желтого осадка (округлите до целых)
  2. Укажите сумму коэффициентов в правой части уравнения
  3. Укажите сумму коэффициентов в левой части уравнения
  4. Какое количество электронов принимает один бихромат-ион в данном процессе (укажите число)
- 13 Действием концентрированной серной кислоты на хлорид натрия получают:
- |                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| 1. Хлороводород | 3. Оксид серы (VI) |
| 2. Хлор         | 4. Водород         |
- 14 С помощью каких реагентов можно доказать наличие сульфитов в растворе?
- |                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| 1. $\text{BaCl}_2$ | 4. $\text{CO}^2$             |
| 2. $\text{KOH}$    | 5. $\text{NaOH}$             |
| 3. $\text{HCl}$    | 6. $\text{J}_2$ (водный р-р) |

- 15 Какие из этих газов нельзя собирать, вытесняя из газометра воду?
- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1. H <sub>2</sub>  | 4. Cl <sub>2</sub> |
| 2. O <sub>2</sub>  | 5. N <sub>2</sub>  |
| 3. NH <sub>3</sub> | 6. SO <sub>2</sub> |
- 16 Краткое ионное уравнение реакции  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_2$  соответствует взаимодействию:
- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1. FeSO <sub>4</sub> и NaOH | 3. FeSO <sub>4</sub> и Ba(OH) <sub>2</sub> |
| 2. FeS и KOH                | 4. FeSO <sub>4</sub> и NH <sub>4</sub> OH  |
- 17 Этот металл незаменим для растений, так как входит в состав хлорофилла – пигмента, обуславливающего фотосинтез:
- |           |            |
|-----------|------------|
| 1. Магний | 3. Кобальт |
| 2. Железо | 4. Медь    |
- 18 Одной из основных характеристик ковалентной связи является ее полярность. Полярность химических связей определяет полярность молекулы в целом. Выберите молекулы, которые являются неполярными.
- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| 1. O <sub>2</sub>   | 4. NH <sub>3</sub>   |
| 2. HCl              | 5. NaF               |
| 3. CCl <sub>4</sub> | 6. CHCl <sub>3</sub> |
- 19 Из приведенного списка выберите вещества, гидролиз которых протекает до конца.
- |                                      |                                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>   | 4. Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub> |
| 2. (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S | 5. LiH                            |
| 3. CuF <sub>2</sub>                  | 6. CuCl <sub>2</sub>              |
- 20 Какое воздействие на систему способствует увеличению выхода водорода в реакции
- $$2\text{Fe}(\text{т}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{г}) = \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{т}) + 3\text{H}_2(\text{г}) - Q$$
- |                                 |                           |
|---------------------------------|---------------------------|
| 1. Увеличение концентрации воды | 4. Уменьшение давления    |
| 2. Удаление из системы водорода | 5. Увеличение температуры |
| 3. Увеличение давления          | 6. Уменьшение температуры |
- 21 Какие продукты получают при электролизе раствора хлоридов меди и калия?
- |                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| 1. Водород             | 4. Металлическая медь |
| 2. Металлический калий | 5. Хлор               |
| 3. Кислород            | 6. Хлороводород       |
- 22 Растворением Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O в воде было получено 100,0 г раствора с массовой долей сульфата натрия 10,0%.
1. Какую массу Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O необходимо взять для получения раствора (округлите до десятых)?
  2. Какую массу воды нужно взять для получения раствора (округлите до десятых)?
  3. Какую массу Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O необходимо добавить, чтобы массовая доля соли в растворе составила 15% (ответ округлите до десятых)?
  4. Какое количество (в граммах) безводного Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> растворится в 15,0% растворе, если растворимость Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> составляет 16,0%(ответ округлите до десятых)?
- 23 При действии на вещество А, содержащее 22,2% углерода и 74,1% брома, металлического цинка образуется соединение В. При действии на соединение В бромоводорода и

обработка полученного соединения спиртовым раствором щелочи приводит к образованию соединения С, имеющего неразветвленное строение.

1. Укажите название соединения А (по ИЮПАК)
2. Укажите название соединения В (по ИЮПАК)
3. Укажите название соединения С (по ИЮПАК)
4. Какое количество углекислого газа (моль) выделится при сжигании 25 г соединения В?(ответ округлите до десятых)



1. В цепочке превращений вещество 1 это... (в ответе укажите название соединения по ИЮПАК)
2. В цепочке превращений вещество 2 это... (в ответе укажите название соединения по ИЮПАК)
3. В цепочке превращений вещество 3 это... (в ответе укажите название соединения по ИЮПАК)
4. В цепочке превращений вещество 4 это... (в ответе укажите название соединения по ИЮПАК)

25 Электролизу подвергли 10% раствор нитрата натрия массой 300 г. После того как масса раствора уменьшилась на 36 г электролиз прекратили.

1. Определите массовую долю вещества в растворе, полученном после электролиза (округлите до целых).
2. Вычислите количество (моль) анодного продукта, округлив ответ до десятых.
3. Катодный продукт потратили на реакцию с оксидом меди (II). Вычислите массу (г) твердого продукта этой реакции, округлив ответ до десятых.
4. Укажите в ответе название анодного продукта электролиза

### 3.4 Критерии оценки заданий зачетного тура

#### 3.4.1 Задания 9 класса

№	9 класс						Баллы
	1	2	3	4	5	6	
1	X						4
2				X			4
3	X						6
4		X					4
5	X	X				X	6
6		X					4
7	X	X		X			4
8	X		X		X		4
9	X				X	X	6
10	X		X		X		4
11	X			X		X	4

12	32	12	8	6			16
13			X				4
14	X		X			X	6
15			X	X		X	4
16	X		X				4
17	X						4
18	X		X		X		6
19	X	X				X	4
20		X	X		X		4
21			X	X			4
22	22,7	77,3	17,2	1,4			16
23	84	44	0,13	Да			16
24	J2	HJ	KJ	KJO3			16
25	19,5	25	55,7	464,5			16

## 3.4.2 Задания 10 класса

№	10 класс						Баллы
	1	2	3	4	5	6	
1	X						4
2		X		X		X	4
3			X				6
4		X					4
5	X	X				X	6
6	X						4
7		X	X	X			4
8	X		X		X		4
9			X		X	X	6
10	X			X			4
11	X			X		X	4
12	32	12	8	6			16
13		X					4
14	X			X	X		6
15			X	X		X	4
16		X	X				4
17	X						4
18	X	X	X			X	6
19			X	X			4
20	X	X			X		4
21		X	X			X	4
22	22,7	77,3	17,2	1,4			16
23	1,4-дибром-бутан	Цикло-бутан	Бутен-1	1,8			16
24	J2	HJ	KJ	KJO3			16
25	19,5	25	55,7	464,5			16

## 3.4.3 Задания 11 класса

№	11 класс						Баллы
	1	2	3	4	5	6	
1			X				4
2	X	X			X		4
3		X					6
4			X				4
5		X		X			6
6				X			4
7		X	X	X			4
8	X		X		X		4
9		X	X		X		6
10					X		4
11			X				4
12	32	12	8	6			16
13	X						4
14	X		X			X	6
15			X	X		X	4
16	X						4
17	X						4
18	X		X				6
19		X		X	X		4
20	X	X			X		4
21				X	X		4
22	22,7	77,3	17,2	1,4			16
23	1,4-дибром-бутан	Цикло-бутан	Бутен-1	1,8			16
24	Нитро-бензол	1-метил-3-нитро-бензол	1-амино-3-метил-бензол	N-метил-1-амино-3-метил-бензол			16
25	11,4	1,0	128,0	Кислород			16

Ректор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» председатель оргкомитета Многопредметной олимпиады «Юные таланты», д.физ.-мат.н.



И.Ю.Макарихин