

**ЗАДАНИЯ ФИНАЛЬНЫХ ТУРОВ XI ОЛИМПИАДЫ  
«ЮНЫЕ ТАЛАНТЫ» ПО ХИМИИ**

Задания Теоретического тура .....	2
Задания 9 класса .....	2
Задания 10 класса .....	4
Задания 11 класса .....	8
Задания Экспериментального тура .....	11
Задание 9 класса .....	11
Задание 10 класса .....	11
Задание 11 класса .....	12
Критерии оценивания заданий Теоретического тура .....	13
Задания 9 класса .....	13
Задания 10 класса .....	18
Задания 11 класса .....	23
Критерии оценивания заданий Экспериментального тура.....	30
Задание 9 класса .....	30
Задание 10 класса .....	30
Задание 11 класса .....	31

## Задания Теоретического тура

### Задания 9 класса

#### Задача №9-1

Алюмосиликаты, как один из самых распространенных классов минералов, отличаются огромным разнообразием, но среди них хотелось бы отметить одного особенно прекрасного представителя, который получил свое название за характерную голубовато-зеленую окраску (с лат. *морская вода*) – аквамарин.

*1. Вспомните, растворы солей какого металла имеют голубую окраску. Назовите два основных карбоната этого металла, встречающиеся в природе, и приведите их формулы.*

Этот минерал относится к драгоценным камням. Он прозрачен, цвет его проявляется неявно, а при длительном пребывании на Солнце камень и вовсе бледнеет.

Хотя камень не применяют в качестве руды, из него можно выделить довольно дорогой и редкий металл **X** (получивший название как раз по названию класса минералов, к которому относится и аквамарин). Сделать это можно по следующей схеме:

А) Минерал обрабатывается концентрированной серной кислотой при нагревании. В раствор переходят алюминий и металл **X**.

Б) К полученному раствору добавляют избыток раствора карбоната аммония, алюминий в виде нерастворимого соединения выпадает в осадок, а металл **X** остается в растворе в виде комплексного соединения **Y**.

В) Затем комплексное соединение разлагают соляной кислотой, из полученного раствора осаждают водным раствором аммиака металл **X** и выделяют его в виде оксида. Последним этапом проводят магнийтермию.

*2. Установите металл X, формулы вещества Y и неизвестного минерала, зная, что массовая доля X в минерале равна 5,028% и что условно на одну формульную единицу оксида алюминия приходится шесть формульных единиц оксида кремния.*

*3. Напишите уравнения всех описанных реакций.*

*3. Какое название предлагалось для металла X?*

Подсказкой для ответа на последний вопрос Вам послужит биологически активная добавка – простейшая аминокислота, которую Вы, возможно, принимаете перед каждым экзаменом.

#### Задача №9-2

Перед бакалавром Александром, была поставлена задача выяснения термического поведения соединения, содержащего марганец, углерод, кислород и водород в соответственных массовых долях – 34,16, 14,91, 49,69 и 1,24 %. По

результатам исследования предоставленного Александром образца была получена термограмма, которая показала, что в диапазоне температур 106,5 – 150°C происходит снижение массы образца на 11,2 % за счет удаления воды. Далее, при 340 – 430°C, наблюдается потеря 44,7 % от начальной массы с регистрацией масс-спектрометром выделения угарного и углекислого газов. При более высоких температурах изменения массы образца не происходит.

Александр, являясь хорошо подготовленным специалистом, вооружился термограммой, периодической системой, калькулятором, провёл расчёты, определил простейшую формулу исходного вещества, написал уравнения, сопровождающих его термическое разложение реакций, и выяснил формулу конечного продукта. Вы пока не бакалавр, но попытайтесь, используя имеющиеся данные, провести расчеты, позволяющие:

- 1. Определить простейшую и истинную формулу, а также молярную массу и название исходного веществ.*
- 2. Написать уравнения реакций, сопровождающих его последовательное термическое разложение.*
- 3. Выяснить, какое вещество является конечным продуктом, и указать его молярную массу.*

### **Задача №9-3**

Обычный школьный мелок в своем составе содержит карбонат кальция, гипс и инертные примеси. Для количественного анализа взяли навеску 5,0000 г мела и высушили в сушильном шкафу при температуре 250°C, при этом масса навески уменьшилась на 0,5233 г.

Вторую навеску мела такой же массы поместили в коническую колбу и добавили 50,00 мл раствора соляной кислоты с концентрацией 1,0000 моль/л. После окончания реакции раствор отфильтровали и оттитровали его раствором гидроксида натрия с концентрацией 0,4825 моль/л, при этом затратив 10,36 мл титранта.

- 1. Определите массовые доли основных компонентов школьного мела.*
- 2. Напишите уравнения реакций, которые осуществлены при анализе мела.*

### **Задача №9-4**

Галогенид элемента **A** – вещество **B**, массой 14,85 г, растворили в 285,15 мл воды. При этом образовалось соединение **B**, валентность элемента **A** в котором не совпадает с его степенью окисления. Для полной нейтрализации полученного раствора потребовалось 90 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 6 моль/л. В результате взаимодействия **B** с гидроксидом натрия образовалось вещество **Г**.

1. Определите формулы веществ **A**, **Б**, **В**, **Г**. Приведите структурную формулу соединения **В**. Чему равна степень окисления фосфора в **В**? Исходя из строения **В**, объясните образование **Г**. Назовите **В** и **Г**.
2. Определите массовые доли веществ в растворе, полученном при гидролизе **Б**.
3. Напишите уравнения всех протекающих реакций

### Задача №9-5

Твердые растворы – однородные кристаллические фазы переменного состава, образующиеся в многокомпонентных системах. Твердыми растворами являются многие металлические сплавы, минералы, стекла, полупроводники. Если компоненты системы неограниченно растворимы друг в друге, они образуют непрерывный ряд твердых растворов, однако, чаще всего концентрация растворенного вещества не может превышать некоторое предельное значение, и существование твердого раствора ограничено некоторыми областями составов.

Известно, что две неорганические соли **A** и **Б** образуют твердый раствор, окрашивающий пламя горелки в фиолетовый цвет. При обработке 10 г образца твердого раствора избытком концентрированной серной кислоты при умеренном нагревании были получены простое вещество **W** и газ **X** с объемом 2682,96 мл (при н.у.) и  $\varphi(\text{SO}_2) = 5,11\%$ . Газ поглотили водой и добавили к полученному раствору достаточное количество нитрата серебра, при этом образовалось 16,3867 г осадка **Y**.

1. Определите качественный и количественный состав твердого раствора. Приведите необходимые расчеты и составьте уравнения всех протекающих реакций. Определите состав всех веществ, обозначенных буквами.
2. Вычислите теплоту образования твердого раствора, если теплота растворения 2 г твердого раствора в 100 мл воды равна 460 Дж, а теплота растворения 2 г механической смеси **A** и **Б** в том же соотношении, что и в твердом растворе, в том же количестве воды равна 471 Дж.

### Задания 10 класса

#### Задача №10-1

Алюмосиликаты, как один из самых распространенных классов минералов, отличаются огромным разнообразием, но среди них хотелось бы отметить одного особенно прекрасного представителя, который получил свое название за характерную голубовато-зеленую окраску (с лат. *морская вода*) – аквамарин.

1. Вспомните, растворы солей какого металла имеют голубую окраску. Назовите два основных карбоната этого металла, встречающиеся в природе, и приведите их формулы.

Этот минерал относится к драгоценным камням. Он прозрачен, цвет его проявляется неявно, а при длительном пребывании на Солнце камень и вовсе бледнеет.

Хотя камень не применяют в качестве руды, из него можно выделить довольно дорогой и редкий металл **X** (получивший название как раз по названию класса минералов, к которому относится и аквамарин). Сделать это можно по следующей схеме:

А) Минерал обрабатывается концентрированной серной кислотой при нагревании. В раствор переходят алюминий и металл **X**.

Б) К полученному раствору добавляют избыток раствора карбоната аммония, алюминий в виде нерастворимого соединения выпадает в осадок, а металл **X** остается в растворе в виде комплексного соединения **Y**.

В) Затем комплексное соединение разлагают соляной кислотой, из полученного раствора осаждают водным раствором аммиака металл **X** и выделяют его в виде оксида. Последним этапом проводят магнийтермию.

2. Установите металл **X**, формулы вещества **Y** и неизвестного минерала, зная, что массовая доля **X** в минерале равна 5,028% и что условно на одну формульную единицу оксида алюминия приходится шесть формульных единиц оксида кремния.

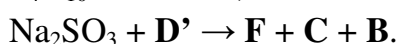
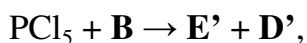
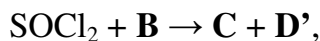
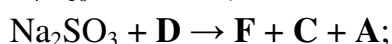
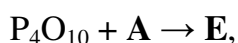
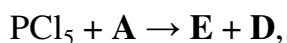
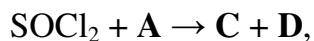
3. Напишите уравнения всех описанных реакций.

3. Какое название предлагалось для металла **X**?

Подсказкой для ответа на последний вопрос Вам послужит биологически активная добавка – простейшая аминокислота, которую Вы, возможно, принимаете перед каждым экзаменом.

### Задача №10-2

Вещества **A** и **B** представляют собой прозрачные бесцветные жидкости без вкуса и запаха. По физическим свойствам различия заключаются в температурах кипения и плавления (вещество **B**:  $T_{\text{пл}}=3,8^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{кип}}=101,4^{\circ}\text{C}$ ), кроме того вещество **B** более вязкое. С химической точки зрения свойства их похожи. В промышленности вещество **B** получают как побочный продукт после электролиза вещества **A**.

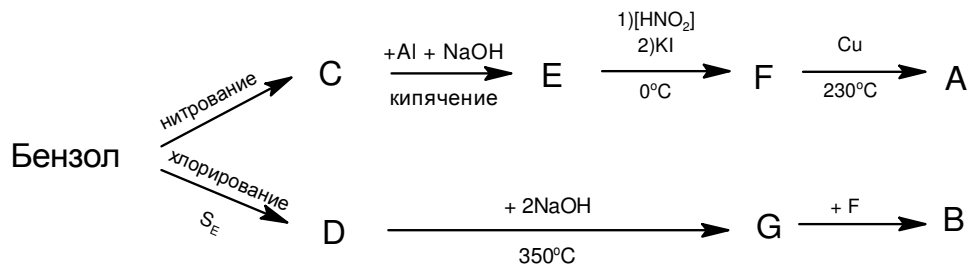


1. Определите вещества **A** и **B**, если известно, что в своем составе они содержат по 8 и 10 нейтронов соответственно.
2. Напишите реакции и определите вещества **C – F**, **D'** и **E'**.
3. Какие растворители применяют при получении спектров ЯМР? В чем заключается их особенность?

### Задача №10-3

Температуры плавления чистых веществ **A** и **B** составляют 69 и 27 °С соответственно. Однако если смешать эти соединения в соотношении 1:2,77, то получится смесь, которая плавится при температуре 12°С. Такую смесь, которая имеет температуру плавления наименьшую, чем любые другие составы, называют эвтектической.

Теплоноситель *DOWTHERM A* представляет собой эвтектическую смесь двух весьма стабильных органических соединений **A** и **B**. Эти вещества имеют очень близкие значения давления паров, поэтому их смесь работает как одно соединение. Химическая инертность этих веществ позволяет использовать *DOWTHERM A* как растворитель для высокотемпературных реакций (вплоть до 250°С). Вещества **A** и **B** можно получить по следующей схеме:



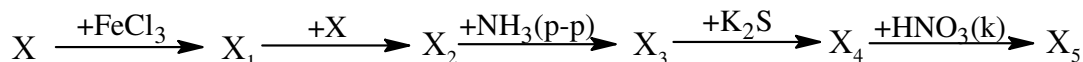
1. Напишите уравнения реакций получения веществ **A** и **B**.
2. Назовите вещества **A** и **B**, составляющие *DOWTHERM A*.

### Задача №10-4

Данила Мастер был совершенно предан веществу **A**, он нес своим мастерством структуру и красоту вещества (камня) **A** простому человеку.

1. О каком веществе (**A**) идет речь, если известно, что оно состоит из углерода (массовая доля 5,4054%), водорода (массовая доля 0,9%), кислорода (массовая доля 36,036%) и некоторого элемента **X**. Масса формульной единицы этого вещества  $36,877 \cdot 10^{-23}$  г. Каково химическое название этого вещества?

2. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений **X**:



Смесь газов, выделившихся при обработке смеси порошков X и вещества A избытком разбавленной азотной кислотой, пропустили через 5%-ный раствор едкого натра (пл. 1.05 г/мл), при этом один из газов прореагировал с 137 мл этого раствора до образования кислой соли. Объем непоглощенного щелочью газа составил 268,8 мл (н.у.).

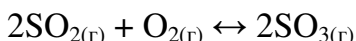
3. *Вычислите состав исходной смеси в процентах по массе.*

Одно из примечательных свойств вещества A – это то, что при нагревании это вещество становится почти черным, поэтому украшения с этим камнем следует беречь от воздействия высоких температур.

4. *Объясните почему изделия из камня A чернеют. Напишите уравнение химической реакции.*

### Задача №10-5

Важным этапом в производстве серной кислоты является каталитическое окисление диоксида серы:



1. *Рассчитайте тепловой эффект этой реакции, используя стандартные теплоты образования веществ.*

2. *На основании принципа Ле-Шателье предложите оптимальные условия для осуществления данного технологического процесса в контактном аппарате.*

3. *Объясните, руководствуясь вашими знаниями о кинетике, почему реакцию проводят при температурах порядка 400 – 500°C.*

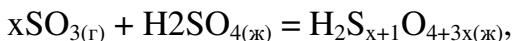
Данный промышленный процесс является каталитическим, при этом одним из самых эффективных и распространенных катализаторов является оксид ванадия (V).

4. *Предложите механизм окисления в присутствии этого катализатора.*

Известно, что при понижении температуры реакционной смеси активность катализатора падает за счет образования сульфата ванадила (IV).

5. *Напишите уравнение реакции образования сульфата ванадила в реакционной смеси.*

На следующей стадии образующийся серный ангидрид поглощают концентрированной серной кислотой с образованием олеума:



который разливают по цистернам и отправляют железнодорожными составами к потребителю.

6. *Почему серный ангидрид поглощают именно готовой кислотой, а не водой? С какими рисками это связано? Оцените, до какой температуры*

могла бы разогреться смесь в противном случае, используя справочные данные.

При расчетах примите, что удельная теплоемкость смеси равна 4200 Дж/(кг×К), масса реакционной смеси равна 570 кг, объем поглощающегося оксида серы (VI) равен 30000 л (н.у.), а начальная температура смеси 25°C.

*Справочные данные:*

Вещество	Q <sub>обр</sub> , кДж/моль	Вещество	Q <sub>обр</sub> , кДж/моль
SO <sub>2(газ)</sub>	296.9	H <sub>2</sub> O <sub>(ж)</sub>	285.84
O <sub>2(газ)</sub>	0	H <sub>2</sub> SO <sub>4(р-р)</sub>	907.51
SO <sub>3(газ)</sub>	395.2		

## Задания 11 класса

### Задача №11-1

После озонлиза 1,38 г углеводорода состава C<sub>10</sub>H<sub>18</sub> и разложения озонида водой в присутствии цинка получена смесь органических продуктов. При обработке этой смеси избытком аммиачного раствора гидроксида серебра выделилось 6,48 г металлического серебра, причем один из продуктов озонлиза в реакцию с реактивом Толленса не вступил.

Для установления структуры не вступившего в реакцию с реактивом Толленса продукта, его обработали избытком метилмагнийбромида с последующим гидролизом и нагреванием с оксидом алюминия, что привело к образованию 2,5-диметилгекса-2,4-диена.

1. Приведите все возможные варианты структуры исходного углеводорода.
2. Определите структурные формулы продуктов озонлиза.
3. Приведите схему реакции озонлиза и уравнения остальных описанных реакций.

### Задача №11-2

В 300 г воды растворили 88,8 г гексагидрата нитрата меди(II) и 34 г нитрата серебра. Через полученный раствор пропустили ток силой 10 А в течение 45 минут. Известно, что для этого использовали угольные электроды, а масса катода увеличилась на 24,15 г. Выход по току равен 100%.

1. Какие вещества и в каком количестве (г) выделятся на электродах?
2. Рассчитайте массовые доли веществ в растворе после проведения электролиза и объем выделившегося газа при 760 мм рт.ст. и 30С.
3. В течение какого промежутка времени нужно пропускать ток силой 3А через исходный раствор, чтобы выделить на электроде только один металл?



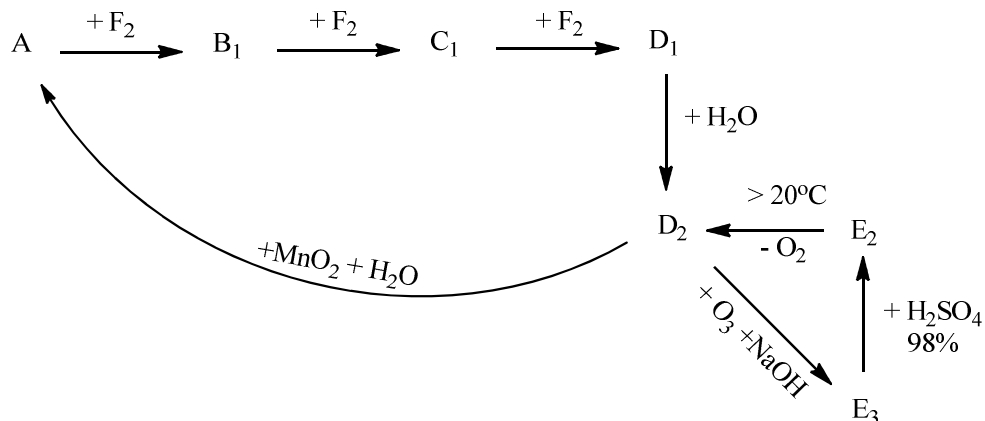


### Задача №11-5

Первый представитель этой группы элементов был открыт в 1894 году Уильямом Рамзаем, а уже к 1898 году были открыты все остальные ее представители, однако ввиду их свойств положение этой группы в периодической системе Д.И. Менделеева было не определено. Некоторые ученые предлагали поместить их в нулевую группу (перед щелочными металлами).

Свое название данная группа элементов получила благодаря тому, что не было известно ни одного химического соединения с их участием. В настоящее же время принято называть их несколько иначе, так как такие соединения были обнаружены и исследованы.

Элемент *A* представляет собой бесцветный газ, не имеющий запаха. Вдыхание этого газа, противоположно по действию гелию, который вызывает повышение тембра голоса.



В данной схеме:

1. Элемент *A* принимает четные степени окисления, увеличивающиеся от *A* к *E*.
2. Вещества, обозначенные одинаковыми буквами, имеют одинаковую степень окисления элемента *A*.
3. Вещества, имеющие одинаковый индекс, схожи по качественному составу.

1. Определите формулы веществ *A* – *E*, если известно, что вещество *E*<sub>3</sub> представляет собой соль, образованную ионами щелочного металла, элементом *A* и кислородом, где  $\omega(O) = 30.09\%$ , а  $M_{\text{соли}} = 319$  г/моль.

2. Напишите уравнения химических реакций, представленных в цепочке.

3. Какое название более уместно для данной группы элементов? Вспомните и напишите возможные варианты применения этих элементов.

## Задания Экспериментального тура

### Задание 9 класса

Для обнаружения отдельных ионов и разделения солей в аналитической химии используют различные реакции образования и растворения осадков при действии различных реагентов.

Вам выданы два комплекта пробирок:

Комплект 1, обозначенных **А, Б, В**, и содержащих растворы нитрата алюминия, нитрата свинца и хлороводородной кислоты.

Комплект 2, обозначенных номерами **1 – 6**, и содержащих растворы хлорида, иодида, сульфата, карбоната, сульфида и гидроксида натрия.

*1. Не используя других реактивов, определите соответствие между обозначениями пробирок и растворами веществами, которые в них находятся.*

*2. Напишите уравнения всех химических реакций между веществами первого и второго комплекта, которые сопровождаются визуальными изменениями.*

**Оборудование:** водяная баня, штатив с пробирками.

### Задание 10 класса

Для обнаружения отдельных ионов и разделения смесей в аналитической химии используют различные реакции образования и растворения осадков при действии различных реагентов.

Вам выданы два комплекта пробирок:

Комплект 1, обозначенных **А, Б, В**, и содержащих растворы нитрата цинка, нитрата свинца и серной кислоты.

Комплект 2, обозначенных номерами **1 – 8**, и содержащих растворы хлорида, иодида, сульфата, карбоната, сульфида, гидроксида, фосфата и силиката натрия.

*1. Не используя других реактивов, определите соответствие между обозначениями пробирок и растворами веществами, которые в них находятся.*

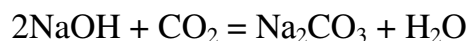
*2. Напишите уравнения всех химических реакций между веществами первого и второго комплекта, которые сопровождаются визуальными изменениями.*

**Оборудование:** водяная баня, штатив с пробирками.

### Задание 11 класса

Ацидометрическое титрование является широко используемым методом количественного определения сильных и слабых оснований, а также солей, образованных слабыми кислотами.

Известно, что при хранении растворов гидроксида натрия происходит образование карбоната, вследствие взаимодействия с углекислым газом воздуха:



Для определения содержания гидроксида и карбоната натрия в их смесях используют следующий метод.

#### Определение суммы карбоната и гидроксида натрия

Пипеткой отбирают 10 мл исследуемого раствора и переносят в коническую колбу, разбавляют дистиллированной водой до объема ~ 50 мл, добавляют 2–3 капли раствора метилового красного и титруют раствором HCl до перехода окраски из желтой в красную. Титрование повторяют до получения двух результатов, отличающихся на 0,1 мл.

#### Определение содержания гидроксида натрия

Пипеткой отбирают 10 мл анализируемого раствора, переносят в коническую колбу, разбавляют дистиллированной водой до объема ~ 50 мл, приливают 5 мл 10% раствора хлорида бария, 2–3 капли раствора фенолфталеина, тщательно перемешивают и титруют раствором HCl до обесцвечивания раствора. Титрование повторяют до получения 2х результатов, отличающихся на 0,1 мл.

1. Выведите формулы для расчета концентрации (в г/л) гидроксида натрия и карбоната натрия по результатам титрования.

2. С помощью описанного метода, используя имеющееся на столе оборудование, определите содержание гидроксида и карбоната натрия в выданном Вам растворе. **Перед определением не забудьте довести раствор в мерной колбе до метки!**

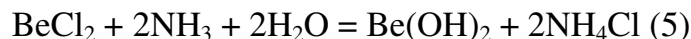
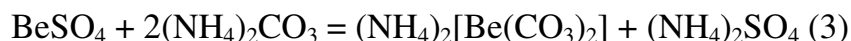
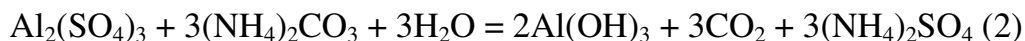
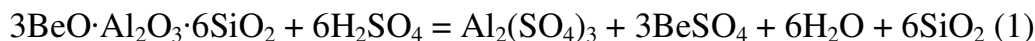
**Реактивы:** 0,1 моль/л HCl, 5% BaCl<sub>2</sub>, метиловый красный, фенолфталеин

**Оборудование:** колба мерная на 100 мл, пипетка на 10 мл, конические колбы для титрования, бюретка, воронка, стаканчик на 50 мл.

**Критерии оценивания заданий Теоретического тура  
Задания 9 класса**

**Задача №9-1**

Уравнения:



**Разбалловка**

Формулы двух минералов	2x0,5 = 1 б.
Названия минералов	2x0,5 = 2 б.
Определение металла X и формулы соединения Y	2x1 = 2 б.
Написание уравнений (1) - (3)	3x1 = 3 б.
Написание уравнений (4) – (7)	4x0,5 = 2 б.
ИТОГО	10 б.

**Задача №9-2**

1) Расчет простейшей формулы исходного вещества  $\text{Mn}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ :

$$w : x : y : z = \frac{\omega(\text{Mn})}{A(\text{Mn})} \div \frac{\omega(\text{C})}{A(\text{C})} \div \frac{\omega(\text{O})}{A(\text{O})} \div \frac{\omega(\text{H})}{A(\text{H})} =$$

$$= \frac{34,16}{55} \div \frac{14,91}{12} \div \frac{49,69}{16} \div \frac{1,24}{1} = 0,621 \div 1,243 \div 3,106 \div 1,24 = 1 \div 2 \div 5 \div 2. \quad (1 \text{ балл})$$

Простейшая формула исходного вещества  $\text{MnC}_2\text{O}_5\text{H}_2$ ; (1 балл)

$$M(\text{MnC}_2\text{O}_5\text{H}_2) = 55 + 2 \cdot 12 + 5 \cdot 16 + 2 \cdot 1 = 161 \text{ г/моль}. \quad (1 \text{ балл})$$

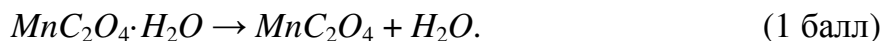
2) Потеря массы исследуемого образца на 11,2 % в диапазоне температур 106,5 °C ÷ 150°C происходит за счет удаления воды. Рассчитаем число молекул воды в составе молекулы исходного вещества

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{\omega(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{MnC}_2\text{O}_5\text{H}_2)}{M(\text{H}_2\text{O}) \cdot \omega(\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O})} = \frac{11,2 \cdot 161}{18 \cdot 100} = 1 \text{ молекула}. \quad (1 \text{ балл})$$

Следовательно, исходное вещество  $\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (1 балл)

является моногидратом оксалата марганца (оксалатом марганца одноводным).

3) Разложение соли на первой стадии идёт по уравнению



Доля безводного оксалата марганца ( $M(MnC_2O_4) = 143$  г/моль) составляет 88,8 %.

4) На второй стадии при 340–430°C, снижение массы за счет выделения оксидов углерода образца составляет 44,7 %, а на долю остатка приходится 44,1 %. Рассчитаем молярную массу остатка

$$M(ост) = \frac{\omega(ост) \cdot M(MnC_2O_4 \cdot H_2O)}{\omega(MnC_2O_4 \cdot H_2O)} = \frac{44,1 \cdot 161}{100} = 71 \text{ г/моль}$$

или

$$M(ост) = \frac{\omega(ост) \cdot M(MnC_2O_4)}{\omega(MnC_2O_4)} = \frac{44,1 \cdot 143}{88,8} = 71 \text{ г/моль}. \quad (1 \text{ балл})$$

По значению молярной массы видно, что остатком является оксид марганца (II). (1 балл)

Следовательно, вторая стадия разложения описывается уравнением



Таким образом, термическая диссоциация моногидрата оксалата марганца завершается образованием  $MnO$  с молярной массой 71 г/моль.

Всего: 10 баллов.

### Задача №9-3

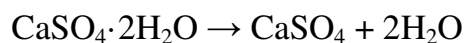
По условию задачи мел состоит из:

Карбоната кальция –  $CaCO_3$ ;

Гипса –  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ;

Инертных примесей.

При нагревании до 250°C происходит улетучивание кристаллизационной воды:



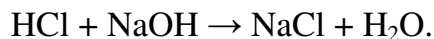
$$\omega(H_2O) = \frac{M(H_2O)}{M(гипса)} = \frac{2 \cdot 18}{40 + 32 + 4 \cdot 16 + 2 \cdot 18} = \frac{36}{172} = 0,2093\%$$

$$m(гипса) = m(H_2O) / \omega(H_2O) = 0,5233 / 0,2093 = 2,5 \text{ г}$$

При добавлении кислоты карбонат кальция вступает в реакцию:



а затем избыток кислоты реагирует с гидроксидом натрия при титровании:



$$n(CaCO_3) = 0,5n(HCl) = 0,5(n(HCl_{\text{исх}}) - n(HCl_{\text{титр}})) = 0,5(n(HCl_{\text{исх}}) - n(NaOH)) = \\ = 0,5(C(HCl) \cdot V(HCl) - C(NaOH) \cdot V(NaOH)) = 0,5(1,0000 \cdot 50,00 - 0,4825 \cdot 0,01036) = 0,0225 \text{ моль}$$

$$m(CaCO_3) = n(CaCO_3) \cdot M(CaCO_3) = 0,0225 \cdot 100 = 2,25 \text{ г}$$

$$m(\text{примесей}) = m(\text{навески}) - m(CaCO_3) - m(гипса) = 5,0000 - 2,2500 - 2,5000 = 0,25 \text{ г}$$

$$\omega(\text{CaCO}_3) = m(\text{CaCO}_3) / m(\text{навески}) = 2.25 / 5 = 0.45 \text{ (45\%)}$$

$$\omega(\text{гипса}) = m(\text{гипса}) / m(\text{навески}) = 2.5 / 5 = 0.50 \text{ (50\%)}$$

$$\omega(\text{примесей}) = m(\text{примесей}) / m(\text{навески}) = 0.25 / 5 = 0.05 \text{ (5\%)}$$

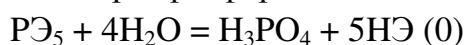
### Разбалловка

Написание реакций 1 – 3	3x1.5 б. = 4.5 б.
Определение содержания карбоната кальция	2 б.
Определение содержания гипса	2 б.
	1,5 б.
<i>ИТОГО</i>	<i>10 б.</i>

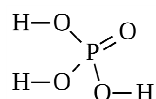
### Задача №9-4

Немногие элементы склонны к образованию соединений, в которых степень окисления не совпадает с их валентностью. В числе таких элементов находятся азот, кислород, сера и фосфор. Рассмотрим последний вариант.

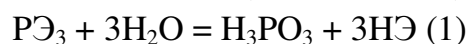
При гидролизе галогенидов фосфора (V) образуется галогенводородная кислота НЭ и ортофосфорная кислота  $\text{H}_3\text{PO}_4$ :



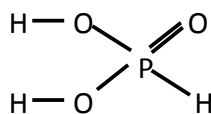
Но в фосфорной кислоте степень окисления и валентность совпадают:



При гидролизе галогенидов фосфора (III) образуется галогенводородная кислота НЭ и фосфористая кислота  $\text{H}_3\text{PO}_3$  (соединение Б):



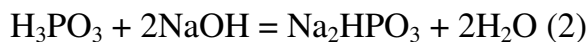
Фосфор образует множество кислот в различных степенях окисления, но, несмотря на это, во многих из них он проявляет валентность, равную пяти. Не является исключением и фосфористая кислота – степень окисления фосфора (+3) и валентность не совпадают. Структурная формула кислоты изображена ниже:



В молекуле фосфористой кислоты один из атомов водорода прочно связан с фосфором (как в молекуле аммиака, например). Два других атома водорода связаны с фосфором через кислород. Эти два атома (точнее - их ядра) связаны слабо, т.к. электронная плотность смещается к кислороду, поэтому они способны к замещению (точнее – к диссоциации). Именно поэтому нельзя получить трехзамещенную соль фосфористой кислоты – эта кислота является

двухосновной. Более правильно формулу фосфористой кислоты записать в виде  $H_2[HPO_3]$ .

Таким образом, реакция взаимодействия с гидроксидом натрия протекает следующим образом:



Вещество В –  $Na_2HPO_3$ , и правильное название его – фосфит натрия.

Определим формулу галогенида. Для этого, обозначим количество моль галогенида фосфора (III) за  $x$ , тогда по реакции 1 образуется  $x$  моль  $H_3PO_3$  и  $3x$  моль НЭ. На нейтрализацию фосфористой кислоты израсходуется  $2x$  моль  $NaOH$  (уравнение 2).

Реакцию галогеноводородной кислоты с гидроксидом натрия можно следующим образом:



На нейтрализацию галогеноводородной кислоты израсходуется  $3x$  моль  $NaOH$  (уравнение 3).

Таким образом, на полную нейтрализацию раствора израсходуется  $5x$  моль щелочи.

Из условия задачи легко определить количество щелочи и вычислить  $x$ :

$$n(NaOH) = 0,09 \text{ л} \cdot 6 \text{ моль/л} = 0,54 \text{ моль.}$$

$$5x = 0,54, \quad x = 0,108 \text{ моль.}$$

Можно найти молярную массу галогенида фосфора. Из условия задачи известна его масса, а количество – вычислено.

$$M(PЭ_3) = 14,85 \text{ г} / 0,108 \text{ моль} = 137,5 \text{ г/моль}$$

$$M(PЭ_3) = 31 + A(Э) \cdot 3 = 137,5 \text{ г/моль,}$$

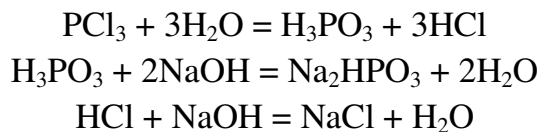
отсюда  $A(Э) = 35,5$  – это хлор, формула галогенида –  $PCl_3$ .

Масса раствора  $14,85 + 285,15 = 300 \text{ г}$ .

$$m(H_3PO_3) = 0,108 \text{ моль} \cdot 82 \text{ г/моль} = 8,856 \text{ г}, \quad w(H_3PO_3) = 2,952 \%$$

$$m(HCl) = 0,108 \cdot 3 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 11,826 \text{ г}, \quad w(HCl) = 3,942 \%$$

$$w(H_2O) = 100 - 2,952 - 3,942 = 93,106\%$$



#### Разбалловка

1. Ответ на первый вопрос	4 б.
2. Установление формулы галогенида (верная формула без подтверждения – 0,5 б)	2 б.
3. Расчет массовых долей в первом растворе	1 б.
4. За уравнения реакций	3 б.
<i>ИТОГО</i>	<i>10 б.</i>



### Задача №9-5

Окрашивание твердым раствором пламени в фиолетовый цвет говорит о том, что А и Б – соли калия. Выделение газа при действии концентрированной серной кислоты позволяет предположить, что анионами солей могут быть: сульфит, нитрит, нитрат, карбонат, галогенид и ацетат-ионы. Однако выделение простого вещества Z в реакции позволяет весьма однозначно определить, что анионами солей твердого раствора являются галогенид-ионы.

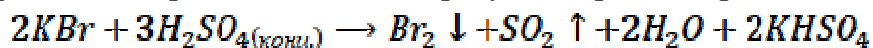
При воздействии на фторид калия концентрированной серной кислоты выделяется фтороводород, не дающий осадка с нитратом серебра(I).



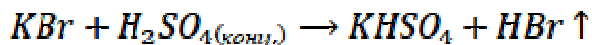
Аналогичная реакция с хлоридом калия дает хлороводород, дающий осадок с солями серебра:



В реакции с бромидом калия образуется бром и сернистый газ:



А также небольшое количество бромоводорода:



В реакции с иодидом выделяется иод и сероводород:



Наиболее подходящими по условию вариантами являются хлорид и бромид калия. Проверим это предположение расчетом:

$$\begin{aligned} v(HCl + HBr) &= \frac{V(HCl + HBr)}{V_m} = \frac{V_x - V(SO_2)}{V_m} = \frac{V_x(1 - \phi(SO_2))}{V_m} \\ &= \frac{2,68296 \cdot (1 - 0,0511)}{22,4} = 0,1137 \text{ моль} \end{aligned}$$

Обозначим за  $x$  количество хлороводорода, за  $y$  – количество бромоводорода. Зная массу осадка и что  $v(HBr) = v(AgBr) = y$ ,  $v(AgCl) = v(HCl) = x$ , составим систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0,1137 \\ 143,5x + 188y = 16,3867 \end{cases}$$

Из системы находим  $x = 0,1121$  моль;  $y = 0,0016$  моль.

Значит, в исходном твердом растворе содержалось 0,1121 моль, или 8,3515 г хлорида калия. Тогда,  $m(KBr) = 10 - 8,3515 = 1,6485$  г, или 0,0139 моль.

$v(KBr) : v(KCl) = 0,0139 : 0,1121 = 1 : 8 \rightarrow$  формула раствора  $8KCl \cdot KBr$ .

Заметим, что если не учитывать выделение бромоводорода, масса осадка должна была быть равной:

$$v(\text{AgCl}) = v(\text{HCl}) = \frac{V_x(1 - \phi(\text{SO}_2))}{V_m} = 0,1137 \text{ моль}; m(\text{AgCl}) = 16,316 \text{ г},$$

что не соответствует условию задачи.

Итак,

**A** и **B** – хлорид и бромид калия,

**W** – бром,

**X** – смесь бромоводорода и хлороводорода,

**Y** – смесь бромида и иодида серебра.

2 г твердого раствора при растворении выделяет 460 Дж теплоты.

8 · 74,5 + 119 г твердого раствора выделяет при реакции  $x$  Дж теплоты.

$$\frac{2}{8 \cdot 74,5 + 119} = \frac{460}{x} \Rightarrow x = 164450 \text{ Дж}$$

2 г механической смеси выделяет 471 Дж теплоты.

8 · 74,5 + 119 г смеси выделяет  $y$  Дж теплоты.

$$\frac{2}{715} = \frac{471}{y} \Rightarrow y = 168382,5 \text{ Дж.}$$

Тепловой эффект образования твердого раствора получается вычитанием первой реакции из второй:

$$Q_{\text{обр}} = 168382,5 \text{ Дж} - 164450 \text{ Дж} = 3932,5 \text{ Дж.}$$

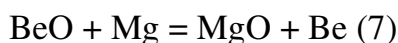
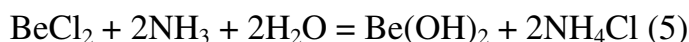
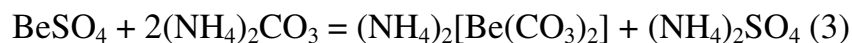
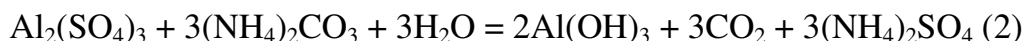
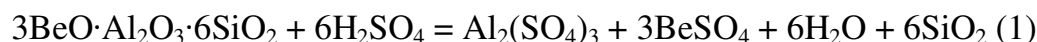
#### Разбалловка

Определение веществ А, Б, W, X	4x 1 б. = 4 б.
Определение количественного состава твердого раствора	2 б.
Определение теплоты образования твердого раствора	4 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задания 10 класса

#### Задача №10-1

Уравнения:

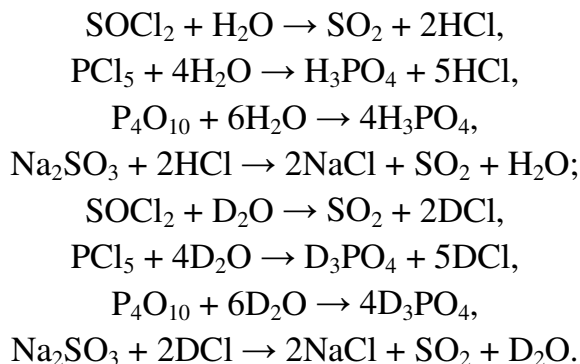


### Разбалловка

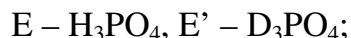
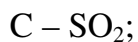
Формулы двух минералов	2x0,5 = 1 б.
Названия минералов	2x0,5 = 2 б.
Определение металла X и формулы соединения Y	2x1 = 2 б.
Написание уравнений (1) - (3)	3x1 = 3 б.
Написание уравнений (4) – (7)	4x0,5 = 2 б.
ИТОГО	10 б.

#### Задача №10-2

Вещества А и В представляют вещества с одинаковыми химическими свойствами. По количеству нейтронов можно сказать, что вещество В на 2 а.е.м. тяжелее вещества А, но тогда эти вещества должны отличаться или на 2 атома водорода, что, скорее всего, изменило бы свойства вещества, или это вещество содержит различные изотопы элементов. Вещество А легче, следовательно температуры плавления и кипения тоже должны быть несколько меньше. Можно предположить, что вещество А – вода H<sub>2</sub>O, а вещество В – тяжелая вода D<sub>2</sub>O.



Вещества:

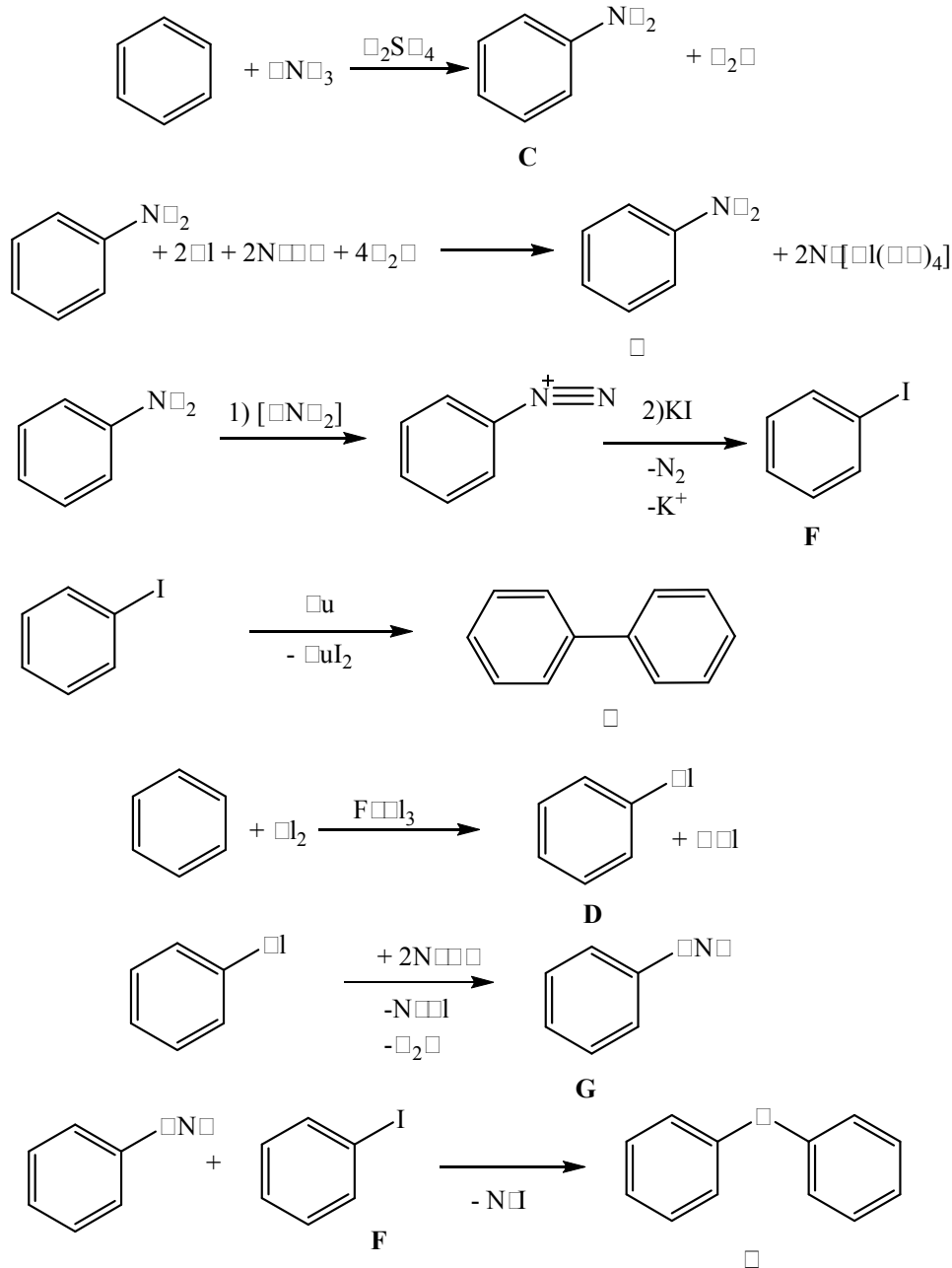


В спектроскопии ЯМР применяют дейтерированные растворители, в которых атомы протия заменены на атомы дейтерия, например: CDCl<sub>3</sub>, (CD<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SO и (CD<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO. Их преимущество заключается в том, что дейтерий не дает сигналов и не мешает определению водорода в органических веществах.

### Разбалловка

Написание реакций 1 – 8	8*0,5=4б.
Вещества А – F	8*0,5=4б.
Объяснение необходимости использования дейтерированных растворителей при ЯМР	2б.
ИТОГО	10 б.

### Задача №10-3



А – Дифенил, Фенилбензол;

В – Дифениловый эфир; фенилоксибензол;

### Разбалловка

Написание уравнений (схем) реакций 1 – 7	7*1=76.
Названия веществ А и В	2*1,5=36.
<b>ИТОГО</b>	106.

### Задача №10-4

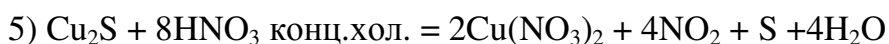
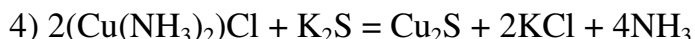
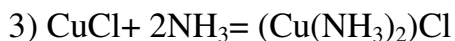
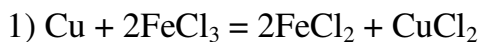
$$M(A) = (36,877 \cdot 10^{-23}) \cdot (6,02 \cdot 10^{23}) = 222 \text{ г/моль}$$

Найдем соотношение количества атомов элементов в данном соединении:

$$n(C) : n(H) : n(O) = 5,4054/12 : 0,9/1 : 36,036/16 = 0,45045 : 0,9 : 2,25225 = 1:2:5$$

Определим неизвестный элемент. Пусть 1 моль соединения А содержит 1 моль атомов С. Тогда масса неизвестного элемента, содержащегося в 1 моль соединения А, составит:  $m = 57,6586 \cdot 12/5,4054 = 128$  г, что соответствует 2 моль меди (1 атом массой 127,1 г и 3 атома массой 42,7 г не подходят ни к одному элементу).

Таким образом, формула вещества  $-(CuOH)_2CO_3$ , Название- *дигидроксокарбонат меди (II)*.



X-Cu

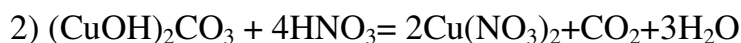
X3-(Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)Cl

X1-CuCl<sub>2</sub>

X4-Cu<sub>2</sub>S

X2-CuCl

X5-Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>



$$m(NaOH)_{p-p} = 137 \text{ мл} \cdot 1,05 \text{ г/мл} = 143,85 \text{ г}$$

$$m(NaOH) = 143,85 \text{ г} \cdot 0,05 = 7,1925 \text{ г}$$

$$n(NaOH) = 7,1925 \text{ г} : 40 \text{ г/моль} = 0,18 \text{ моль}$$

$$n(NaOH) : n(CO_2) = 1:1 ; n(CO_2) = 0,18 \text{ моль}$$

$$n((CuOH)_2CO_3) : n(CO_2) = 1:1$$

$$n((CuOH)_2CO_3) = 0,18 \text{ моль} ; m((CuOH)_2CO_3) = 0,18 \text{ моль} \cdot 222 \text{ г/моль} = 39,96 \text{ г}$$

$$n(NO) = 0,2688 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,012 \text{ моль}$$

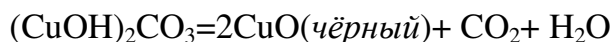
$$n(NO) : n(Cu) = 2:3$$

$$n(Cu) = 0,018 \text{ моль} \quad m(Cu) = 0,018 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 1,152 \text{ г}$$

$$w(Cu) = 1,152 \text{ г} : (1,152 \text{ г} + 39,96 \text{ г}) = 0,02802 \text{ (2,802 \%)}$$

$$w((CuOH)_2CO_3) = 100\% - 2,802\% = 97,198 \%$$

При нагревании малахита протекает реакция разложения



#### Разбалловка

Определение вещества А и его название	1 б.
Определение элемента Х	1 б.
Уравнения реакций (1) – (5)	5 x 1 б. = 5 б.
Вычисление состава исходной смеси	2 б.
Объяснение почернения А (без уравнения реакции – 0,5 б.)	1 б.
ИТОГО	10 б.

### Задача №10-5

Тепловой эффект реакции по закону Гесса находится как разность сумм тепловых эффектов образования продуктов и реагентов, причем каждая теплота умножается на соответствующий стехиометрический коэффициент в уравнении химической реакции:

$$Q_{\text{реак}} = \sum n_{\text{прод}} Q_{\text{обр.прод.}} - \sum n_{\text{реаг}} Q_{\text{обр.реаг.}}$$

Для реакции 1 получаем:

$$Q_{p1} = 2 \cdot 395.2 - 2 \cdot 296.9 = 196.6 \text{ (кДж)}$$

Количество молей газообразных веществ в ходе прямой реакции уменьшается, давление в смеси падает, значит, создание высокого давления по принципу Ле Шателье должно сместить равновесие в системе в сторону противодействия этому изменению, т.е. в сторону образования  $\text{SO}_3$ .

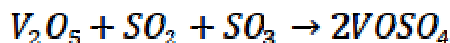
Реакция, как следует из расчетов в пункте 1, экзотермическая, поэтому понижение температуры в контактном аппарате повлечет за собой смещение равновесия в сторону экзотермической реакции, т.е. образования  $\text{SO}_3$ .

В соответствии с элементарными знаниями из курса физики мы знаем, что большие температуры прямо означают более высокую скорость движения частиц, высокую частоту их эффективных соударений, и, следовательно, большую скорость химических реакций.

Более строгое уравнение для зависимости константы скорости реакции от температуры вывел С. Аррениус:

$$k = A e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

$E_a$  – энергия активации реакции,  $T$  – температура,  $A$  – некоторое постоянное число, называемое предэкспоненциальным множителем.



Реакция образования серной кислоты в данных условиях:



Ее тепловой эффект по закону Гесса равен:

$$Q_{p2} = 907.51 - 285.84 - 395.2 = 226.47 \text{ кДж.}$$

Итак,

Из 1 моль = 22.4 л  $\text{SO}_3$  выделяется 226 470 Дж теплоты.

Из 30 000 л  $\text{SO}_3 \Rightarrow x$  Дж.

$$x = \frac{30000 \cdot 226470}{22.4} \approx 3.033 \cdot 10^8 \text{ Дж.}$$

По уравнению теплоемкости находим разность температур:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{cm} = \frac{3.033 \cdot 10^8}{4200 \cdot 570} = 127\text{K}$$

В результате, реакционная смесь разогреется до  $127 + 25 = 152^\circ\text{C}$ . Смесь серной кислоты может перегреться и закипеть, что существенно затруднит технологический процесс. Именно поэтому предпочитают поглощать серный ангидрид концентрированной серной кислотой, эта реакция не так экзотермична и не затрудняет ход производства нежелательным перегревом.

### Разбалловка

Расчет теплового эффекта реакции окисления $\text{SO}_2$	2 б.
Указание оптимальных условий окисления $\text{SO}_2$	1 б.
Обоснование выбора температуры для окисления $\text{SO}_2$	1 б.
Механизм окисления $\text{SO}_2$ в присутствии катализатора	2 б.
Реакция образования сульфата ванадила	1 б.
Объяснение почему $\text{SO}_3$ поглощают кислотой	1 б.
Расчет температуры при растворении $\text{SO}_3$ в воде	2 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задания 11 класса

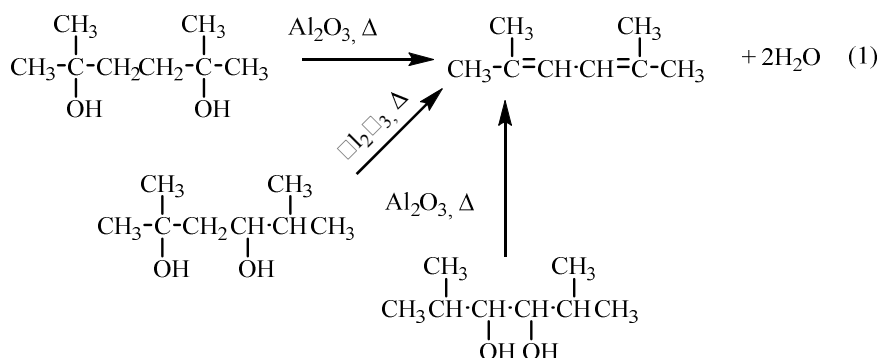
#### Задача №11-1

Углеводород состава  $\text{C}_{10}\text{H}_{18}$  имеет в своем составе либо тройную связь, либо 2 двойные связи, либо цикл и двойную связь, либо 2 цикла.

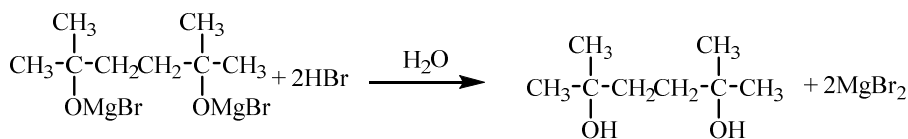
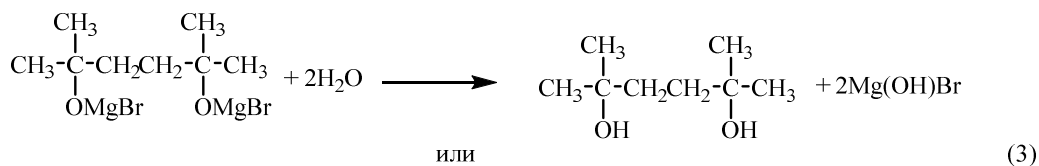
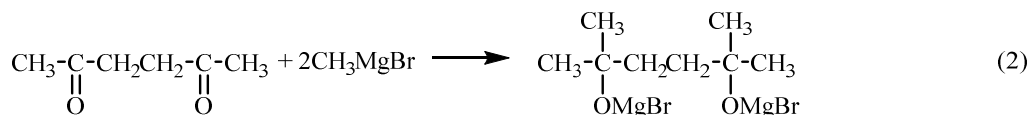
С реактивом Толленса (аммиачным раствором гидроксида серебра) взаимодействуют альдегиды, которые могут образоваться в результате озонлиза соединения, содержащего двойную связь.

Продуктами озонлиза соединений, содержащих двойные углерод-углеродные связи являются карбонильные соединения – альдегиды и кетоны. Соединение, не взаимодействующее с реактивом Толленса, очевидно, является кетоном.

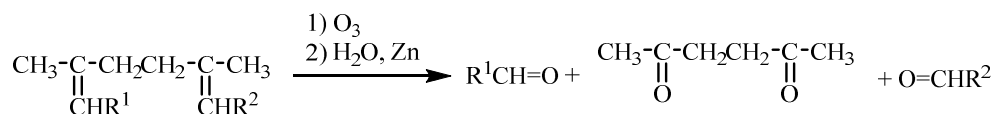
Полученный в результате химических превращений этого соединения 2,5-диметилгекса-2,4-диен имеет в своем составе 2 двойные связи, которые возникли в ходе данных превращений, так как в ходе озонлиза двойные связи не могли остаться не затронутыми. Они возникли в результате реакции дегидратации при нагревании с оксидом алюминия одного из трех изомерных двухатомных спиртов:



Взаимодействие карбонильного соединения с метилмагнийбромидом с последующим гидролизом продукта присоединения может приводить только к одному из этих спиртов:



Таким образом мы установили структуру продукта окисления, не взаимодействующего с реактивом Толленса. Он является diketоном, из чего можно сделать вывод, что исходный углеводород содержал 2 двойные связи и остальные продукты его озонлиза являются альдегидами, причем каждый содержит только одну карбонильную группу:



Исходя из общей формулы углеводорода, подвергнутого озонлизу и данной схемы, в результате озонлиза могли образоваться либо уксусный альдегид (2 молекулы), либо формальдегид и пропаналь.

Проведем расчет:

$$M(\text{C}_{10}\text{H}_{18}) = 12 \cdot 10 + 18 = 138 \text{ г/моль}$$

$$v(\text{C}_{10}\text{H}_{18}) = 1,38 \text{ г} / 138 \text{ г/моль} = 0,01 \text{ моль}$$

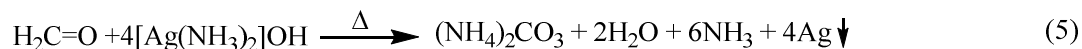
$$M(\text{Ag}) = 108 \text{ г/моль}$$

$$v(\text{Ag}) = 6,48 \text{ г} / 108 \text{ г/моль} = 0,06 \text{ моль}$$

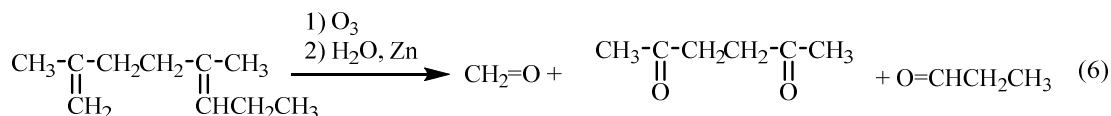
Таким образом, продукты озонлиза 1 моль углеводорода восстанавливают 6 моль серебра из реактива Толленса. 1 альдегидная группа в



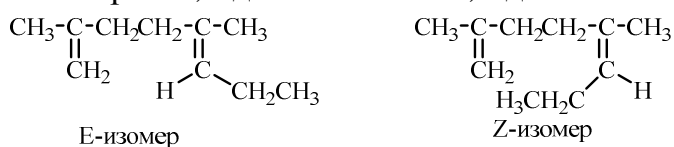
этих условиях восстанавливает 2 моль серебра, за исключением формальдегида, который на 1 моль восстанавливает 4 моль серебра:



Таким образом продуктами озонолиза являются формальдегид, пропаналь и гексан-2,5-дион:



В то же время исходный углеводород является алкадиеном, а именно E- или Z- изомером 2,5-диметилгепта-1,5-диена:

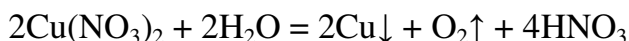


### Разбалловка

Уравнения (1)-(6)*	6*1 = 6 б
Структурные формулы продуктов озонолиза	3*0,5 = 1,5 б
Расчет	1 б
Структурная формула углеводорода C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>	1,5 б
Без указания на наличие E- и Z-изомеров	1,0 б
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б</b>

\* Уравнение (1) считается записанным верно, если описывает дегидратацию одного двухатомного спирта – того, который образуется согласно условию реакции из продукта озонолиза; структуру и уравнения дегидратации двух других диолов можно не приводить.

### Задача №11-2



Следует помнить, что при совместном электролизе первым выделяется менее активный металл, и процесс идет последовательно в соответствии с ростом активности металла.

Количества вещества солей:

$$v(\text{AgNO}_3) = \frac{34 \text{ г}}{170 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$v(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = v(\text{крист.}) = \frac{88,8 \text{ г}}{296 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,3 \text{ моль}$$

Масса серебра, которую можно выделить на электроде за время в 45 мин:

$$m(\text{Ag}) = \frac{It \cdot M(\text{Ag})}{nF} = \frac{10 \cdot 2700 \cdot 108}{96485} = 30,22 \text{ г, или } 0,28 \text{ моль}$$

Но в растворе содержится меньшее количество ионов серебра. Из этого следует, что нитрат серебра разложился полностью ( $m(\text{Ag}) = 21,6 \text{ г}$ ) за время  $t_1$ , и далее последовал электролиз нитрата меди за время  $t_2$ .

$$t_1 = \frac{m_{\text{max}}(\text{Ag}) \cdot nF}{I \cdot M(\text{Ag})} = \frac{21,6 \cdot 96485}{10 \cdot 108} = 1930 \text{ с}; t_2 = t - t_1 = 770 \text{ с}$$

Масса выделившейся меди равна:

$$m(\text{Cu}) = \frac{It_2 \cdot M(\text{Cu})}{nF} = \frac{10 \cdot 770 \cdot 64}{2 \cdot 96485} = 2,55 \text{ г.}$$

Массу кислорода определим из уравнений электролиза:

$$v_1(\text{O}_2) = 0,25v(\text{Ag}) = 0,05 \text{ моль}; v_2(\text{O}_2) = \frac{2,55}{64 \cdot 2} = 0,02 \text{ моль}; m_{\text{общ}}(\text{O}_2) = 0,07 \cdot 32 = 2,24 \text{ г.}$$

1. Объем газа из предыдущего пункта вычислить несложно:

$$V(\text{O}_2) = \frac{v_{\text{общ}}(\text{O}_2)RT}{P} = \frac{0,07 \cdot 8,314 \cdot 303}{101,32} = 1,74 \text{ л.}$$

Масса азотной кислоты:

$$v_1(\text{HNO}_3) = 2v(\text{Cu}) = \frac{2,55 \cdot 2}{64} = 0,08 \text{ моль}; v_2(\text{HNO}_3) = v(\text{Ag}) = 0,2 \text{ моль}; m(\text{HNO}_3) = 17,64 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{m(\text{крист.}) + m(\text{AgNO}_3) + m(\text{H}_2\text{O}) - m(\text{Ag}) - m(\text{Cu}) - m(\text{O}_2)} = 4,45\%$$

2. Из закона Фарадея получаем:

$$\tau = \frac{m_{\text{max}}(\text{Ag}) \cdot nF}{I' \cdot M(\text{Ag})} = \frac{21,6 \cdot 96485}{3 \cdot 108} = 6432 \text{ с} \approx 1,78 \text{ ч}$$

#### Разбалловка

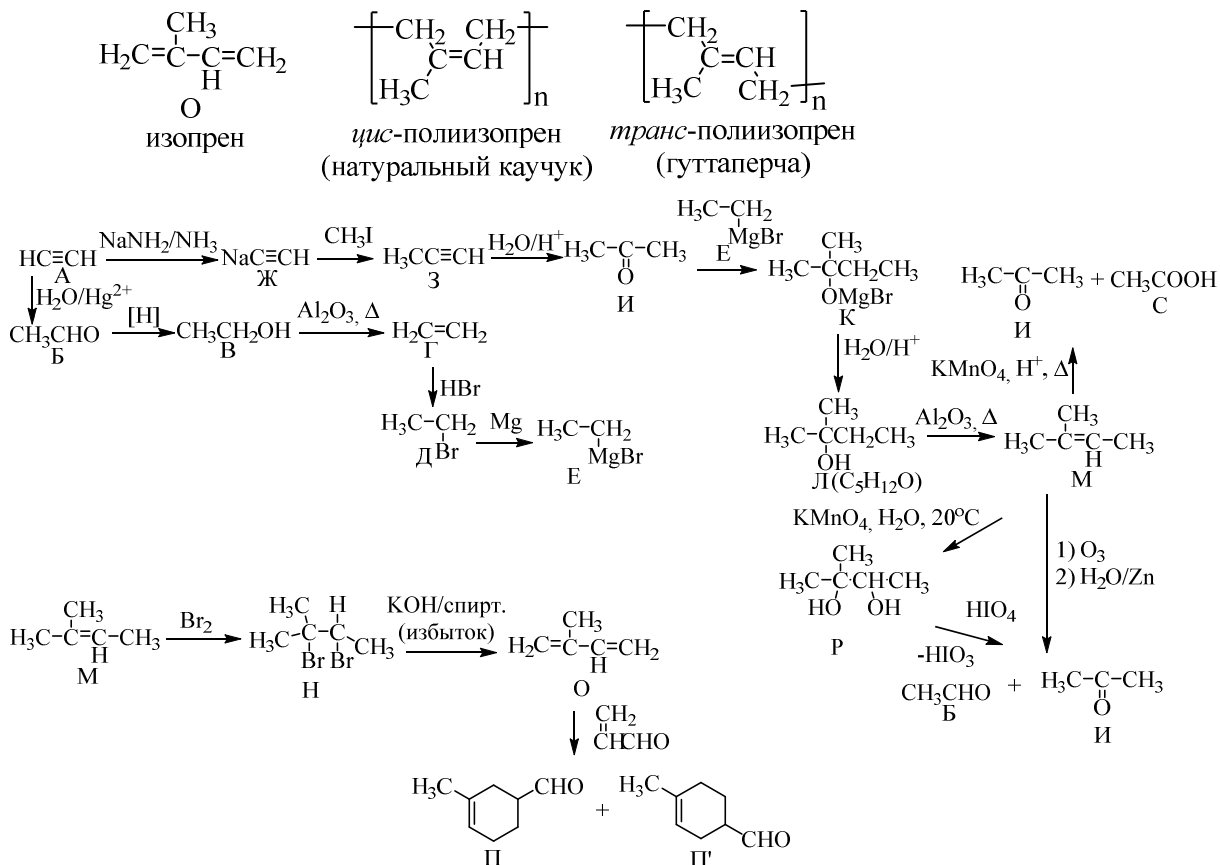
Определение веществ, выделяемых на электродах	3x1 б. = 3 б
Определение масс серебра, меди, кислорода	3x0,5 б. = 1,5 б
Массовые доли нитрата меди, серебра и азотной кислоты в растворе	3x1 б. = 3 б
Объем выделившегося кислорода	1 б
Ответ на вопрос 3	1,5 б
ИТОГО	10 б

Примечание. Задача может быть полностью решена без применения формулы закона Фарадея. Баллы в этом случае не снижаются.

### Задача №11-3

Исходя из реакций, в которые вступает вещество А, видно, что это алкин с концевой тройной связью. Дающее реакцию серебряного зеркала вещество Б – альдегид. Альдегид в результате гидратации образует единственный алкин – ацетилен.

Вещество О – изопрен, образует 2 1,4-полимера – *цис*-полиизопрен или натуральный каучук и *транс*-полиизопрен или гуттаперчу:



### Разбалловка

Структурные формулы веществ А-С	18*0,5 = 9 б
Структурные формулы полимеров	2*0,5 = 1 б
ИТОГО	10 б

### Задача №11-4

$$M(A) = (36,877 \cdot 10^{-23}) \cdot (6,02 \cdot 10^{23}) = 222 \text{ г/моль}$$

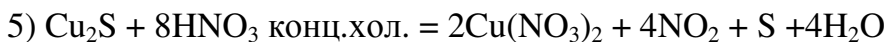
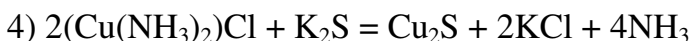
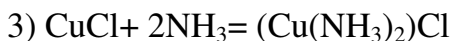
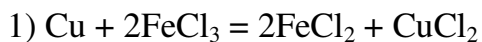
Найдем соотношение количества атомов элементов в данном соединении:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 5,4054/12 : 0,9/1 : 36,036/16 = 0,45045 : 0,9 : 2,25225 = 1:2:5$$

Определим неизвестный элемент. Пусть 1 моль соединения А содержит 1 моль атомов С. Тогда масса неизвестного элемента, содержащегося в 1 моль соединения А, составит:  $m = 57,6586 \cdot 12/5,4054 = 128 \text{ г}$ , что соответствует 2

моль меди (1 атом массой 127,1 г и 3 атома массой 42,7 г не подходят ни к одному элементу).

Таким образом, формула вещества  $-(CuOH)_2CO_3$ , Название- *дигидрокарбонат меди (II)*.



X-Cu

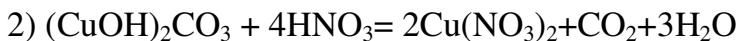
X3-(Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)Cl

X1-CuCl<sub>2</sub>

X4-Cu<sub>2</sub>S

X2-CuCl

X5-Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>



$m(NaOH)_{p-p} = 137 \text{ мл} * 1,05 \text{ г/мл} = 143,85 \text{ г}$

$m(NaOH) = 143,85 \text{ г} * 0,05 = 7,1925 \text{ г}$

$n(NaOH) = 7,1925 \text{ г} : 40 \text{ г/моль} = 0,18 \text{ моль}$

$n(NaOH) : n(CO_2) = 1:1 ; n(CO_2) = 0,18 \text{ моль}$

$n((CuOH)_2CO_3) : n(CO_2) = 1:1$

$n((CuOH)_2CO_3) = 0,18 \text{ моль} ; m((CuOH)_2CO_3) = 0,18 \text{ моль} * 222 \text{ г/мл} = 39,96 \text{ г}$

$n(NO) = 0,2688 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,012 \text{ моль}$

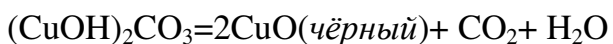
$n(NO) : n(Cu) = 2:3$

$n(Cu) = 0,018 \text{ моль} ; m(Cu) = 0,018 \text{ моль} * 64 \text{ г/моль} = 1,152 \text{ г}$

$w(Cu) = 1,152 \text{ г} : (1,152 \text{ г} + 39,96 \text{ г}) = 0,02802 \text{ (2,802 \%)}$

$w((CuOH)_2CO_3) = 100\% - 2,802\% = 97,198 \%$

При нагревании малахита протекает реакция разложения



Украшение чернеет из-за образующегося оксида меди(II).

### Разбалловка

Определение вещества А и его название	1 б.
Определение элемента X	1 б.
Уравнения реакций (1) – (5)	5 x 1 б. = 5 б.
Вычисление состава исходной смеси	2 б.
Объяснение почернения А (без уравнения реакции – 0,5 б.)	1 б.
ИТОГО	10 б.

### Задача №11-5

Из описания задачи понятно, что речь идет об инертных газах, однако правильнее все-таки их называть «благородными», т.к. в химические реакции

они вступают. В настоящее время благородные газы применяются в следующих областях: надувание шариков, метеозондов; сверхнизкие температуры (гелий); инертная атмосфера (аргон), газоразрядные лампы (ксенон и др. газы).

В настоящей задаче идет описание реакционной способности Ксенона. Это нетрудно выяснить следующим образом:

Соединение  $E_3$  имеет следующий состав:  $Na_xA_yO_z$

При этом  $Z$  можно легко определить:

$$z = \frac{M(\text{соли})}{M(O)} \omega(O) = 319 / 16 \cdot 0.3009 = 6$$

Теперь можно составить два уравнения:

$$\text{Сохранение массы} \quad 3x + Ay + 16 \cdot 6 = 319$$

$$\text{Электронейтральность} \quad (+1)x + c \cdot y + (-2) \cdot 6 = 0$$

Выразив массу  $A$  через степень окисления ( $c$ ) и индекс элемента  $A$  ( $y$ ), получим следующее:

$$A = 23c - \frac{53}{y}$$

т.к. соединение  $E_3$  является кислородсодержащей солью, то ст. ок-я элемента  $A$  будет положительна (+2, +4, +6, +8). Методом подбора находим единственный вариант, где ( $y=1, c=8$ )  $A = 131$  г/моль, что соответствует газу Ксенону.

Тогда  $E$  – степень окисления +8;  $D$  – +6,  $C$  – +4,  $B$  – +2,  $A$  – элемент Ксенон – +0.

Уравнения реакций:

1.  $Xe + F_2 \rightarrow XeF_2$ ;
2.  $XeF_2 + F_2 \rightarrow XeF_4$ ;
3.  $XeF_4 + F_2 \rightarrow XeF_6$ ;
4.  $XeF_6 + 3H_2O \rightarrow XeO_3 + 6HF$ ;
5.  $XeO_3 + O_3 + 4NaOH \rightarrow Na_4XeO_6 + O_2 + 2H_2O$ ;
6.  $Na_4XeO_6 + H_2SO_4 \rightarrow XeO_4 + NaHSO_4 + H_2O$ ;
7.  $XeO_4 \rightarrow XeO_3 + O_2$ ;
8.  $XeO_3 + 2MnO_2 + H_2O \rightarrow 2HMnO_4 + Xe$ .

### Разбалловка

Написание реакций 1 – 8	8*1=8б.
Определение $E_3$	1б.
Применение газов (хотя бы 2 применения)	1б.
ИТОГО	10б.

## Критерии оценивания заданий Экспериментального тура

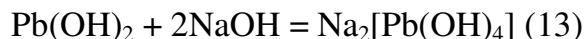
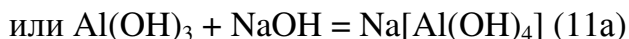
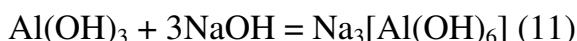
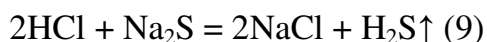
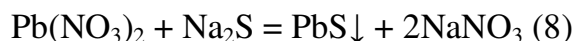
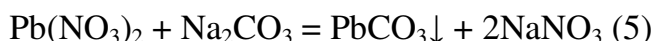
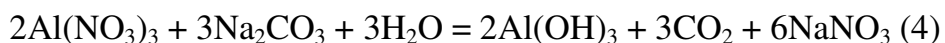
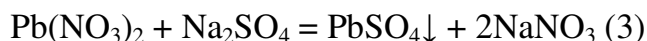
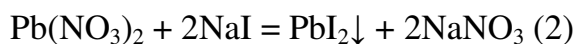
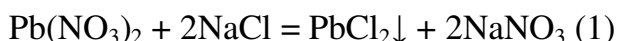
### Задание 9 класса

	NaCl	NaI	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> S	NaOH
<b>Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub></b>	-	-	-	↓	↓	↓**
<b>Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	↓ белый*	↓ желтый	↓ белый	↓	↓ черный	↓***
<b>HCl</b>	-	-	-	↑	↑	-

\* осадок PbCl<sub>2</sub> растворим в горячей воде

\*\* осадок растворяется в избытке раствора NaOH

\*\*\* осадок растворяется в избытке раствора NaOH при нагревании



### Разбалловка

Установление соответствия между обозначениями пробирок и веществами в них (для двух комплектов)	9x1,5б. = 13,5 б.
Написание уравнений реакций (1) – (13)	13x0,5б. = 6,5 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>20 б.</b>

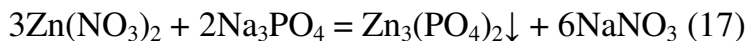
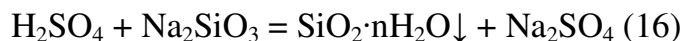
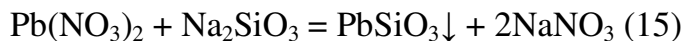
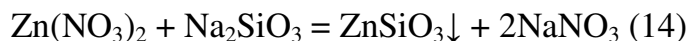
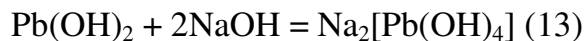
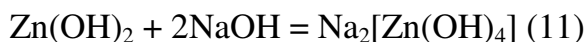
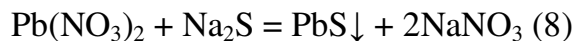
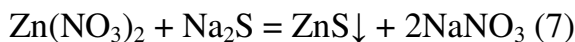
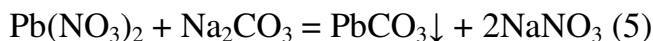
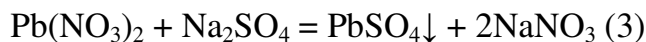
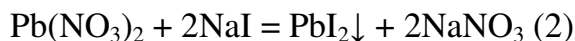
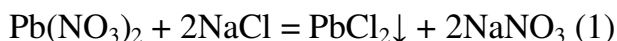
### Задание 10 класса

	NaCl	NaI	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> S	NaOH	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
<b>Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	-	-	-	↓	↓	↓**	↓	↓
<b>Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	↓*	↓	↓	↓	↓	↓***	↓	↓
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	-	-	-	↑	↑	-	↓	-

\* осадок PbCl<sub>2</sub> растворим в горячей воде

\*\* осадок растворяется в избытке раствора NaOH

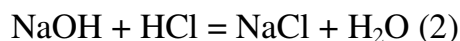
\*\*\* осадок растворяется в избытке раствора NaOH при нагревании



### Разбалловка

Установление соответствия между обозначениями пробирок и веществами в них (для двух комплектов)	11x1б. = 11 б.
Написание уравнений реакций (1) – (18)	18x0,5б. = 9 б.
ИТОГО	20 б.

### Задание 11 класса



Содержание гидроксида натрия вычисляют по результатам второго титрования, предварительно осадив карбонат-ионы с помощью хлорида бария. По уравнению реакции (2):

$$n(\text{NaOH}) = n(\text{HCl}) = C(\text{HCl}) \cdot V_2(\text{HCl}) \cdot 10^{-3} \text{ (моль)},$$

где  $C(\text{HCl})$  – концентрация используемой для титрования кислоты (моль/л);

$V_2(\text{HCl})$  – объем кислоты, затраченной на титрование после добавления хлорида бария (мл).

$$C(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) \cdot 10 / 0,1 \text{ (г/л)},$$

где 10 – разбавление, равное отношению аликвоты к объему мерной колбы  
 0,1 – объем мерной колбы (л).

Содержание карбоната натрия вычисляют по разности объемов между первым и вторым титрованием:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,5n'(\text{HCl}) \text{ или } 2n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n'(\text{HCl})$$

$$n(\text{NaOH}) = n''(\text{HCl}), \text{ причем } n'(\text{HCl}) + n''(\text{HCl}) = n(\text{HCl}).$$

Тогда

$$2n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n'(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) - n''(\text{HCl}) = C(\text{HCl})[V_1(\text{HCl}) - V_2(\text{HCl})] \cdot 10^{-3}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = C(\text{HCl})[V_1(\text{HCl}) - V_2(\text{HCl})] \cdot 10^{-3}/2 \text{ (моль),}$$

где  $V_1(\text{HCl})$  – объем кислоты, затраченной на первое титрование (мл)

$$C(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot 10/0,1 \text{ (г/л)}$$

#### Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) – (3)	3x1б. = 3 б.
Вывод формулы для расчета содержания NaOH	2 б.
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3 б.
Оценка результата титрования (по объему затраченному на титрование) для V <sub>1</sub> и V <sub>2</sub> (по 6 б. максимум)	Ошибка менее 5% – 6 б. Далее балл уменьшается на 0,5 за каждые 5% ошибки
ИТОГО	20 б.