

## Материалы заданий олимпиады 2022–2023 учебного года

Наименование олимпиады школьников: Многопредметная олимпиада Пермского государственного национального исследовательского университета «Юные таланты»

Предмет (комплекс предметов): Химия

Порядковый номер олимпиады в Перечне: 35

### СОДЕРЖАНИЕ

1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА .....	2
1.1 Задания Отборочного теоретического тура .....	2
1.1.1 Задания 9 класса .....	2
1.1.2. Задания 10 класса .....	4
1.1.3. Задания 11 класса .....	6
1.2 Задания Теоретического тура .....	9
1.2.1 Задания 9 класса .....	9
1.2.2. Задания 10 класса .....	12
1.2.3. Задания 11 класса .....	14
1.3. Задания Экспериментального тура .....	17
1.3.1. Задание 9 класса .....	17
1.3.2. Задание 10 класса .....	18
1.2.3. Задание 11 класса .....	18
2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА .....	20
2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура .....	20
2.1.1. Задания 9 класса .....	20
2.1.2. Задания 10 класса .....	26
2.1.3. Задания 11 класса .....	31
2.2. Критерии оценивания заданий Теоретического тура .....	36
2.2.1. Задания 9 класса .....	36
2.2.2. Задания 10 класса .....	42
2.2.3. Задания 11 класса .....	48
2.3. Критерии оценивания заданий Экспериментального тура .....	54
2.3.1. Задание 9 класса .....	54
2.3.2. Задание 10 класса .....	56
2.3.3. Задание 11 класса .....	57
3. ЗАДАНИЯ ПЕРВОГО (ОТБОРОЧНОГО) ЭТАПА .....	58
3.1 Задания Интернет-тура .....	58
3.1.1. Задания 9 класса .....	58
3.1.2 Задания 10 класса .....	60
3.1.3 Задания 11 класса .....	63
3.2 Критерии оценки заданий Интернет-тура .....	65
3.2.1 Задания 9 класса .....	65
3.2.2 Задания 10 класса .....	66
3.2.3 Задания 11 класса .....	68

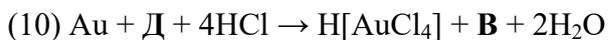
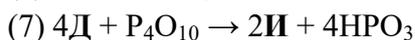
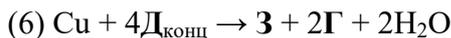
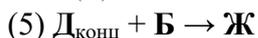
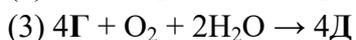
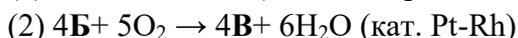
## 1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

### 1.1 Задания Отборочного теоретического тура

#### 1.1.1 Задания 9 класса

##### Задача № 9-1

Элемент **X** представляет собой неметалл, которому соответствует простое вещество **A**. В уравнениях (1)–(12) представлены химические превращения соединений, в состав которых входит элемент **X**. Часть соединений имеет окраску: **Г** окрашен в насыщенный бурый цвет, **Д** при длительном хранении приобретает желтый оттенок, **Ки З** характеризуются синей окраской. Соединения **В, Г, И, К** относятся к одному классу соединений. Вещества **Е** и **Ж** можно встретить в составе пиротехники. **Л** можно отнести к органическим соединениям.



1. Назовите и приведите формулы соединений **A–M** на основании уравнений реакции (1) – (12)
2. Какое тривиальное название имеет соединение **Е**? Почему его так называют?
3. Как называется смесь **Д** и **HCl**, в чем её особенность?
4. Напишите, как минимум, еще два названия соединения **Л**.

##### Задача №9-2

Вещество **A** является основой одного из природных минералов. По данным количественного анализа **A** содержит по массе 18,62% серы, 23,28% кальция, 55,75% кислорода и водород. При нагревании до 150–160°С **A** превращается в соединение **Б** (реакция 1), массовая доля кальция в котором в 1,186 раза больше, чем в **A**, а при нагревании до 250°С образуется вещество **В** (реакция 2). Вещество **Б** легко превратить в вещество **A**, тогда как **В** превратить в **A** намного труднее. Если перегреть **В** до 1200°С, то оно безвозвратно разлагается на соединение **Г**, газ **Д** и кислород (реакция 3). Содержание кальция в **Г** увеличивается на 47,74 % по сравнению с веществом **A**.

1. Установите молекулярную формулу вещества **A**, назовите его по систематической номенклатуре. Какое тривиальное название имеет это вещество?

2. Приведите молекулярные формулы веществ **Б**, **В**, **Г**, **Д**. Приведите уравнения реакций 1-3. Где и для чего используется вещество **Б**, и как оно называется?

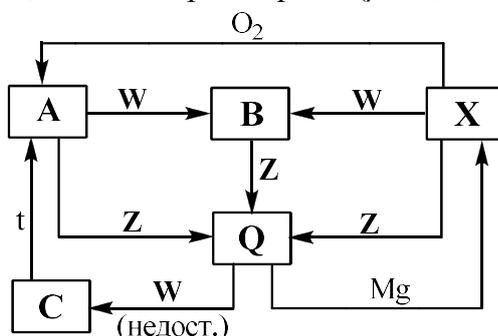
### Задача №9-3

Массовая доля элемента **X** в нефтепродуктах обычно составляет около 1,5 %. При сжигании таких нефтепродуктов в атмосферу может попадать газ **A** (реакция 1), с содержанием элемента **X** 50% по массе. Есть два пути переработки газа **A**. Во первом пути газ каталитически окисляют до вещества **Б** (реакция 2), из которого гидратацией получают важное для химической промышленности вещество **В** (реакция 3), в котором массовая доля **X** меньше в 1,531 раз, чем в **A**. Вещество **В** хорошо поглощает воду, поэтому живые организмы стараются держаться от него подальше. В природе озера с высоким содержанием **В** называют озерами смерти. Второй путь переработки газа **A** подразумевает его поглощение специальным адсорбентом **Г** (реакция 4). Известно, что **Г** получают термическим разложением минерала **Д** (реакция 5), который содержит 12 % углерода и 48 % кислорода.

1. Определите элемент **X** и формулы соединений **A–Д**. Напишите уравнения реакции (1-5).
2. Вычислите какую массу вещества **Г** нужно взять, чтобы поглотить весь газ **A**, образующийся при сгорании 2 т нефти. Эффективность данного метода составляет 25 %.
3. Рассчитайте, массу нефти, которая понадобится для получения 100 кг вещества **В**, учитывая, что выход продукта по реакции (3) составляет 99,0 %, а степень перехода **A** в **Б** достигает 91 %.

### Задача № 9-4

На приведенной схеме зашифрованы способы получения соли **Q** из доступных реагентов. Известно, что **X** – металл, входящий в состав соли **Q**, его массовая доля в соединении **A** равна 52,94%, в соединении **B** – 13,64%. Реагент **W** можно получить при растворении в воде щелочного металла **D**, причем при растворении 11,5 г **D** выделяется 5,6 л (н.у.) водорода. Реагент **Z** является двухосновной кислотой, на полную нейтрализацию 2,94 г которой требуется 10,71 мл 20% раствора **W** ( $\rho = 1,12$  г/мл).



1. Определите металл **X** и формулы реагентов **W** и **Z**, ответ подтвердите расчетами. Запишите электронную конфигурацию **X** в виде  $1s^2 \dots$
2. Установите формулы веществ **A–C** и соли **Q**.
3. Запишите уравнения всех реакций, отраженных на схеме (всего 9 реакций).

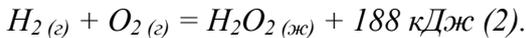
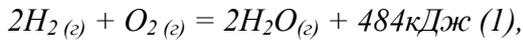
### Задача №9-5

С космодрома был украден пероксид водорода массой 10 кг. Через несколько дней на соседнем складе произошел взрыв, на месте происшествия следователи обнаружили две канистры, пластиковую и железную. Следователь сразу догадался, что хозяин склада причастен к краже.

1. Зачем на космодроме используют пероксид водорода?

2. В какой момент произошёл взрыв?

3. Напишите термохимическое уравнение разложения пероксида водорода, зная:



4. Определите до какой температуры нагрелась смесь и какой объем занимала взрывная волна в своем максимуме, если в день взрыва давление было 760 мм. рт. ст., а температура воздуха – 25°C.

Примечание. Для расчетов воспользуйтесь формулой:

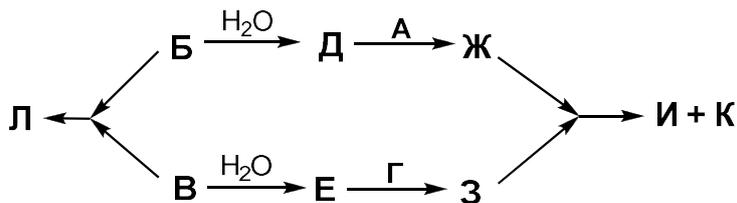
$$Q = c_{\text{уд}}m(t_2 - t_1)$$

Примите, что все удельные теплоемкости веществ равны удельной теплоемкости жидкой воды: 4,184 Дж/г·К

### 1.1.2. Задания 10 класса

#### Задача №10-1

Вещества А – Г являются оксидами элементов третьего периода ПСХЭ имени Д.И. Менделеева, их молярные массы относятся между собой как 6 : 6.2 : 8 : 10.2. Вещества Б и В активно реагируют с водой (реакции 1 и 2) и друг с другом (реакция 3). Продукт первой реакции – вещество Д – способно растворить А с образованием вещества Ж (реакция 4). Продукт второй реакции – вещество Е – способно растворить Г с образованием вещества З (реакция 5). Вещества Ж и З реагируют между собой в растворе, образуя смесь аморфных осадков гидроксидов И и К (реакция 6), причем К обладает слабыми кислотными свойствами. Указанные реакции отражены на схеме:



1. Установите формулы веществ А – Л.

2. Напишите уравнения реакций 1–6.

3. При сплавлении при определенном соотношении оксидов Б и Г образуется вещество М, в котором массовая доля самого тяжелого элемента равна 13,11%. Установите формулу М и напишите уравнения получения М.

4. Рассчитайте массовую долю (%) вещества Е в растворе, полученном при смешении 10 г В и 10 г воды.

**Задача №10-2**

Массовая доля элемента **X** в нефтепродуктах обычно составляет около 1,5 %. При сжигании таких нефтепродуктов в атмосферу может попадать газ **A** (реакция 1), с содержанием элемента **X** 50% по массе. Есть два пути переработки газа **A**. Во первом пути газ каталитически окисляют до вещества **B** (реакция 2), из которого гидратацией получают важное для химической промышленности вещество **B** (реакция 3), в котором массовая доля **X** меньше в 1,531 раз, чем в **A**. Вещество **B** хорошо поглощает воду, поэтому живые организмы стараются держаться от него подальше. В природе озера с высоким содержанием **B** называют озерами смерти. Второй путь переработки газа **A** подразумевает его поглощение специальным адсорбентом **Г** (реакция 4). Известно, что **Г** получают термическим разложением минерала **Д** (реакция 5), который содержит 12 % углерода и 48 % кислорода.

1. Определите элемент **X** и формулы соединений **A–Д**. Напишите уравнения реакции (1–5).
2. Вычислите какую массу вещества **Г** нужно взять, чтобы поглотить весь газ **A**, образующийся при сгорании 2 т нефти. Эффективность данного метода составляет 25 %.
3. Рассчитайте, массу нефти, которая понадобится для получения 100 кг вещества **B**, учитывая, что выход продукта по реакции (3) составляет 99,0 %, а степень перехода **A** в **B** достигает 91 %.

**Задача №10-3**

Кристаллогидрат хлорида кобальта  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  имеет розовые кристаллы устойчивые при стандартных условиях и хорошо растворимые в воде. При нагревании эти кристаллы приобретают синюю окраску, а при охлаждении обратно розовеют. Такой эффект может быть использован для создания индикаторов, чувствительных к температуре и влажности.

Для получения чистого кристаллогидрата хлорида кобальта необходимо провести перекристаллизацию реактива  $\text{CoCl}_2$  из раствора, подкисленного соляной кислотой. Растворимость хлорида кобальта при 20 °С составляет 52,9 г на 100 г воды. Оптимальная температура для перекристаллизации равна 60 °С, в таких условиях максимальная концентрация хлорида кобальта составляет 48,4 % по массе.

1. Рассчитайте, какую массу растворителя и хлорида кобальта, содержащего 5% примесей, нужно взять, чтобы получить 20 г чистого  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  путем охлаждения раствора с 60 до 20 °С.
2. Какой цвет кристаллогидрат  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  будет иметь в среде абсолютного этилового спирта? Ответ аргументируйте.
3. Почему перекристаллизацию проводят из подкисленного раствора?

**Задача № 10-4***Необычные кислоты*

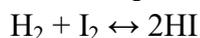
В химии кислотой можно назвать соединение, не содержащее кислотных групп или даже не содержащее атомов водорода в структуре. Такие кислоты без атомов водорода часто используются в органическом синтезе в качестве катализаторов. Соединение **X**

может быть получено как отдельно и добавлено в реакцию, так и синтезировано в процессе активации реакции. **X** получают в промышленности из металла **A** и жидкого (при н.у.) галогена **B**. Безводное соединение **X** представляет собой димер.

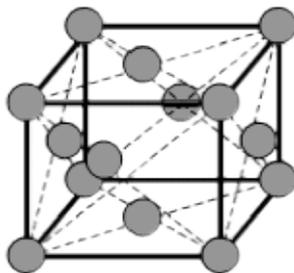
1. Запишите уравнение реакции получения **X** из металла **A** и галогена **B**. Известно, что металл **A** может проявлять зеленую, коричневую и розово-фиолетовую окраску в разных степенях окисления; в соединении **X** отношение  $\omega(A):\omega(B)=7:30$ .
2. Укажите о каких кислотах идет речь и почему их называют кислотами?
3. Запишите уравнение реакции между углеводородом, не способным обесцвечивать подкисленный раствор перманганата калия, и галогеном **B**, с участием кислоты **X**.

### Задача №10-5

Иодоводород является бесцветным газом, который нашел свое применение в качестве восстановителя в органическом и неорганическом синтезе. В лабораторной практике его получают из простых веществ согласно обратимой реакции:



Газовую смесь 3 моль водорода и 1 моль йода выдержали в закрытом сосуде объемом 5 л при 500 °С до установления равновесия. В результате реакции поглотилось 35,15 кДж тепла. Известно, что стандартная энтальпия образования иодоводорода равна 26,57 кДж/моль. В зависимости от условий выход реакции может меняться. Для ускорения реакции вводят катализаторы, состоящие из благородных металлов, один из которых имеет структуру гранецентрированной решетки (представленной на схеме) с ребром 3,803 Å и плотностью 12,41 г/см<sup>3</sup>.



1. Составьте термохимическое уравнение получения иодоводорода. Оцените выход продукта реакции. Рассчитайте константу равновесия реакции получения иодоводорода.
2. Какой металл является катализатором реакции получения иодоводорода? Ответ мотивируйте расчётами.
3. С помощью каких внешних параметров возможно увеличить выход продукта реакции?

### 1.1.3. Задания 11 класса

#### Задача №11-1

Недавно были предприняты попытки синтеза новых гетеролигандных комплексов уранила, содержащих в своем составе анионы янтарной и щавелевой кислот (*синтез 1*), а

также сукцинат-ионы и молекулы ацетамида (*синтез 2*). Синтезы проводили по следующим методикам.

### Синтез 1

К смеси оксида урана(VI), янтарной (бутандиовой) кислоты, щавелевой кислоты и хлорида гидроксиламмония приливали 8 мл дистиллированной воды и 2 мл ацетонитрила. Исходные вещества помещали в автоклав на 30 часов при температуре 140 °С. В результате образовывались желтые кристаллы состава **I**.

### Синтез 2

К нагретому до 60 °С раствору янтарной кислоты добавляли ацетамид и оксид урана(VI). Полученную суспензию продолжали нагревать при постоянном перемешивании на магнитной мешалке до полного растворения оксида. Через 3–4 дня из раствора выделялись желтые кристаллы состава **II**.

Кристаллы **I** и **II** были подвергнуты ИК спектроскопическому исследованию, при этом оказалось, что в спектрах отсутствуют полосы поглощения, отвечающие колебаниям двойной связи C=C, оксалат-ионов и каких-либо азотсодержащих ионов или молекул.

Рентгеноструктурное исследование полученных кристаллов показало, что **I** и **II** все же являются гетеролигандными комплексами уранила, содержащими в одной элементарной ячейке с объемом 781.77 и 872.67 Å<sup>3</sup> (для **I** и **II** соответственно) по 4 формульных единицы. Плотность **I** и **II** составила 3.434 и 3.213 г/см<sup>3</sup>.

Было исследовано термическое разложение **I** и **II** на воздухе. Оказалось, что разложение **I** протекает в две стадии, при этом на первой стадии, сопровождающейся эндотермическим эффектом (200–250 °С) потеря массы составляет 4.6%, а на второй стадии (экзо-эффект, 350–430 °С) – 30.3%. Разложение **II** протекает в три стадии: первые две (140–160 и 210–230 °С) сопровождаются эндотермическими эффектами и характеризуются потерей массы 6.2 и 8.7 % соответственно, а на третьей стадии (экзо-эффект, 350–430 °С) теряется 33.3%. Во всех случаях потеря массы указана в % от начальной навески.

Конечный продукт разложения **I** и **II** оказался идентичен. Он представляет собой бинарное вещество черно-зеленого цвета, кристаллизующееся в ромбической сингонии и содержащее 4 формульных единицы в элементарной ячейке объемом 671.4 Å<sup>3</sup>. Плотность этого вещества – 8.33 г/см<sup>3</sup>.

1. *Определите состав соединений **I** и **II**.*
2. *Предложите схемы термического разложения соединений **I** и **II**, указав составы промежуточных и конечного продуктов. Учтите, что расхождение экспериментальной и теоретической потери масс порядка 0.1–0.2% для соединений с тяжелым атомом *U* является приемлемым.*
3. *Укажите степень окисления атомов *U* в конечном продукте.*

### Задача №11-2

Элемент **X** является одним из самых распространенных элементов в земной коре. Нагревание одной из полиморфных модификаций элемента **X** со стружкой магния при температуре 800 °С (*реакция 1*) приводит к образованию вещества **A**, с массовой долей элемента **X** равной 36,62%. Вещество **A** растворяют в разбавленной соляной кислоте (*реакция 2*), получая газ **B** и вещество **E**, молярная масса **E** больше **B** в 2,96 раз.

**Б** разделили на 3 пробы. При нагревании первой пробы газ **Б** разложился с образованием простого вещества **Х** (реакция 3). **Б** из второй пробы пропустили через раствор едкого натра (реакция 4). Третья проба прореагировала с калием в диметилгликоле с образованием вещества **В** (реакция 5). Во всех трех пробах в результате реакции выделялся некий газ. Вещество **В** прореагировало с метилиодидом с образованием вещества **Г** (реакция 6). Соединение **Г** состоит из 3 типов атомов и содержит 60,86% элемента **Х** по массе.

1. Установите элемент **Х**, а также формулы веществ **А–Е**.
2. Приведите молекулярные уравнения реакций 1–6.
3. 1 г вещества **В** прореагировало с хлоридом триметилолова при этом масса получившегося вещества **Д** равна 2,776 г. Установите формулу **Д**, подтвердите расчетами, напишите уравнение протекающей реакции. Укажите геометрию двух центральных атомов в молекуле **Д**.

### Задача № 11-3

#### Необычные кислоты

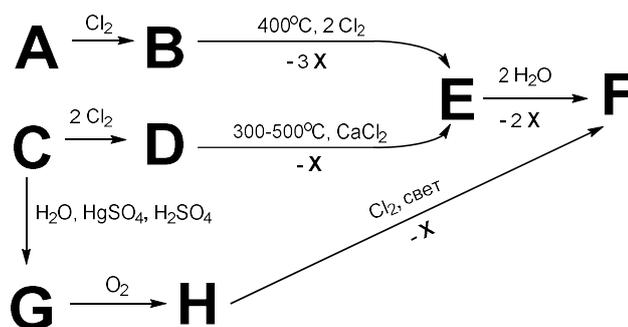
В химии кислотой можно назвать соединение, не содержащее кислотных групп или даже не содержащее атомов водорода в структуре. Такие кислоты без атомов водорода часто используются в органическом синтезе в качестве катализаторов. Соединение **Х** может быть получено как отдельно и добавлено в реакцию, так и синтезировано в процессе активации реакции. **Х** получают в промышленности из металла **А** и жидкого (при н.у.) галогена **В**. Безводное соединение **Х** представляет собой димер.

1. Запишите уравнение реакции получения **Х** из металла **А** и галогена **В**. Известно, что металл **А** может проявлять зеленую, коричневую и розово-фиолетовую окраску в разных степенях окисления; в соединении **Х** отношение  $\omega(A):\omega(B)=7:30$ .
2. Укажите о каких кислотах идет речь и почему их называют кислотами?
3. Запишите уравнение реакции между углеводородом, не способным обесцвечивать подкисленный раствор перманганата калия, и галогеном **В**, с участием кислоты **Х**.

### Задача №11-4

Вещество **Г** является важным промежуточным продуктом в синтезе красителей, гербицидов, витамина  $B_6$ , а также применяется в процессе получения карбоксиметилцеллюлозы. Есть два пути получения вещества **Г**: гидролиз вещества **Е** при температуре 130–140°C в присутствии концентрированной серной кислоты дает один целевой продукт. В качестве побочного продукта выделяется бинарный бесцветный газ **Х**, водный раствор которого дает кислую реакцию среды. Хлорирование вещества **Н** на свету дает сложно разделимую перегонкой смесь трех основных продуктов, в качестве побочного продукта также образуется газ **Х**.

Ниже представлена цепочка превращений, начинающаяся с веществ **А** и **С**, которые содержат одинаковое количество атомов углерода. Известно, что вещество **С** можно получить гидролизом карбида кальция, массовая доля хлора в соединении **Е** составляет 80,99%, а вещества **Н** и **Г** относятся к одному классу соединений.



1. Приведите структурные формулы веществ А–Н.
2. Приведите структурные формулы двух оставшихся основных продуктов превращения вещества Н в F. Водный раствор какого из них будет более кислым при одинаковых концентрациях, почему?

### Задача №11-5

В закрытый бокс размером:  $1 \times 1 \times 2$  м поместили 150 г медного купороса и выдерживали его при температуре  $50^\circ\text{C}$ . Через некоторое время в системе установилось равновесие, при помощи манометра измерили давление и оказалось, что оно увеличилось на 1216 Па.

1. Считая, что увеличение давления произошло только за счет водяного пара, рассчитайте массу воды, перешедшей в газовую фазу. Рассчитайте потерю массы кристаллогидрата в %.
2. Считая, что в ходе реакции образуется единственный кристаллогидрат, установите его формулу. Напишите уравнение рассматриваемой равновесной реакции.
3. Рассчитайте константу равновесия для процесса дегидратации (давления газов подставлять в барах, 1 бар = 100 кПа).

## 1.2 Задания Теоретического тура

### 1.2.1 Задания 9 класса

#### Задача №9-1

В середине XVII века И.Р. Глаубер проводил реакцию соли А с концентрированной серной кислотой (реакция 1), при этом он получил соль В и кислоту Х. Известно, что соль А является термически нестабильной и при нагревании разлагается с выделением газа В (реакция 2), при этом потеря массы составляет 15,84%, а в остатке образуется твердое вещество Г. При помещении Г в раствор иодида калия, подкисленный серной кислотой, выделяется иод и бесцветный газ Д (реакция 3). Если же поместить Г в избыток раствора КОН и добавить цинк (реакция 4), то выделяется газ Е, который имеет резкий запах и вызывает посинение лакмусовой бумажки.

1. Определите формулы всех неизвестных веществ, ответ подтвердите расчетом. Приведите уравнения реакций 1-4.

2. Кислота Х имеет очень большое значение для современной химической промышленности, в настоящее время ее производят из газа Е в три стадии. Напишите уравнения этих реакций и укажите условия их проведения.

3. Если для реакции взять 250 г *A*, содержащего 5% примесей и обработать 650 мл раствора серной кислоты с плотностью 1,83 г/мл и массовой долей 93,6%, то сколько грамм кислоты *X* будет получено?

4. При перегонке водных растворов *X* можно получить раствор, в котором на 1 моль *X* содержится 1,655 моль воды, данный раствор перегоняется без изменения состава. Определите массовую долю (%) *X* в данном растворе. Как называются растворы, перегоняющиеся без изменения состава?

### Задача №9-2

Соли *A* и *B* окрашивают пламя спиртовки в фиолетовый цвет, а при добавлении к их водным растворам нитрата серебра (реакции 1 и 2) выпадают творожистые осадки желтого цвета, нерастворимые в аммиаке. При обработке сухих солей *A* и *B* концентрированной фосфорной кислотой (реакции 3 и 4) можно получить бесцветные газы *C* и *D* с резкими запахами, причем плотность газа *C* по газу *D* равна 1,58. В реакциях 3 и 4 также образуется соль *G*, которая при нагревании до 160°C разлагается с потерей массы 6,61% (реакция 5)

Если газовую смесь *C* и *D* (смесь 1) с плотностью 5,295 г/л (при н.у.) пропустить через избыток концентрированной серной кислоты (реакции 6 и 7, то получится новая газовая смесь (смесь 2), содержащая газы *E* и *F*. Дополнительно известно, что все описанные газы *C–F* окрашивают влажную индикаторную бумажку в красный цвет.

1. Установите состав солей *A*, *B*, *G* и газов *C–F*, ответ аргументируйте и подтвердите расчетами (где это возможно).

2. Запишите уравнения реакций 1–7.

3. Рассчитайте массовые доли газов (%) в смеси 1 и плотность по воздуху смеси 2.

### Задача №9-3

В лаборатории проводили исследования массы газов. Для этого брали несколько стаканов в них наливали одинаковое количество 5% раствора соляной кислоты. В каждый стаканчик добавляли по 1 г одного из пяти веществ: (1) мрамор, (2) нитрит натрия, (3) цинк, (4) медь, (5) сульфит натрия и дожидались, пока реакция полностью пройдет. После этого, стаканчик снова взвешивали и фиксировали убыль массы.

1. Напишите уравнения всех возможных реакций, протекающих в эксперименте. Считайте, что в случае нитрита натрия выделяется только один газ с плотностью 1,34 г/л (н.у.).

2. Учитывая, что во всех реакциях соляная кислота взята в избытке, рассчитайте массы выделяющихся газов в каждом случае (растворимость газов пренебрегите) и составьте вещества в порядке возрастания массы раствора после протекания реакции.

Далее в лаборатории были проведены аналогичные анализы двух натриевых солей неизвестного состава – *X* и *Y*. Были взяты навески 1,24 г соли *X* и 1,05 г соли *Y* и помещены в отдельные стаканы, содержащие избыток горячего 5% раствора соляной кислоты. В первом случае выделилось 136,1 мл газа *Z*, во втором случае – 204,15 мл газа *Z* (50°C, 740 мм.рт.ст.), также в обеих реакциях образовался желтый осадок. Дополнительно известно, что газ *Z* выделялся в одном из опытов с пятью исходными веществами, соли *X* и *Y* являются кристаллогидратами, для анализа взяты навески, содержащие одинаковое количество моль веществ.

3. Определите газ *Z*, молярные массы и формулы веществ *X* и *Y*, назовите их, ответ подтвердите расчетами. Напишите уравнения реакций *X* и *Y* с соляной кислотой.

### Задача № 9-4

Кислород является важнейшим простым веществом, необходимым для жизни человека. Для обеспечения кислородом людей, работающих в замкнутых пространствах, например, на космических летательных аппаратах или подводных лодках, часто используют химически связанный кислород, входящий в состав различных соединений. В качестве одного из аварийных средств, предназначенных для быстрого получения кислорода, применяют так называемые хлоратные свечи.

В состав простейшей хлоратной свечи входит порошок железа и бертолетова соль. Бертолетова соль содержит 31,84 масс.% калия и 28,98 масс.% хлора, остальное – кислород. При поджигании хлоратной свечи железо сгорает до железной окалины ( $\omega(\text{O}) = 27,59\%$ ), а выделяющееся при этом тепло расходуется на разложение бертолетовой соли с выделением кислорода.

1. Установите формулу бертолетовой соли. Запишите термохимическое уравнение реакции ее разложения, если для разложения 1 моль соли требуется 44,7 кДж тепла.

2. Известно, что при сгорании образца железа массой 16,8 г до оксида железа (II) выделяется 81,6 кДж теплоты, а при сгорании такого же образца до оксида железа (III) теплоты выделяется на 42 кДж больше. Запишите уравнения этих реакций и рассчитайте их тепловой на 1 моль образующего оксида. Используя эти данные, рассчитайте тепловой эффект реакции сгорания железа до железной окалины (на 1 моль окалины) и запишите соответствующее термохимическое уравнение.

3. Рассчитайте массы железного порошка и бертолетовой соли, необходимые для приготовления хлоратной свечи, способной генерировать 1 м<sup>3</sup> (н.у.) кислорода.

### Задача №9-5

Простое вещество элемента **X** имеет несколько аллотропных модификаций. Светло-желтое простое вещество **X<sub>4</sub>** растворяется в хлороформе, сероуглероде, легко переходит в газообразное состояние, хранится под водой. В природе **X** встречается чаще всего в виде соли **A**, содержащей 20% **X** по массе. Вещество **A** нерастворимо в воде, однако может использоваться в качестве удобрения на почвах с высокой кислотностью. При реакции простого вещества **X** с избытком хлора (реакция 1) образуются белые кристаллы вещества **B**, дымящие во влажном воздухе. При частичном гидролизе **B** (реакция 2) образуется вещество **C**, причем молярные массы **B** и **C** различаются в 1.358 раз. При растворении **C** в избытке воды образуется кислота **D** (реакция 3), которая при незначительном нагревании теряет 9.18% массы (реакция 4), а при дальнейшем нагревании – еще 9.18% от исходной массы **D** (реакция 5).

1. Определите элемент **X**. Назовите простое вещество **X<sub>4</sub>**. Опишите пространственное строение **X<sub>4</sub>** (рисунок, типа полиэдра).

2. Установите формулы веществ **A–D**. Объясните, почему **A** используется как удобрение только на кислых почвах (ионное уравнение).

3. Опишите пространственное строение **B** в разных агрегатных состояниях (рисунок, тип полиэдра).

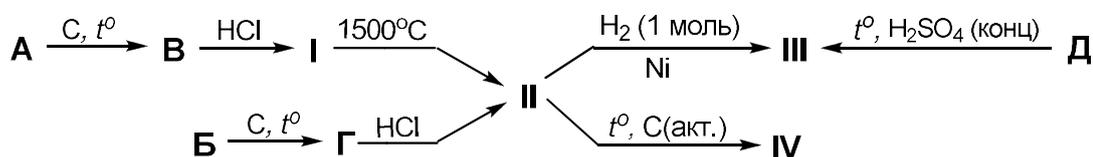
4. Напишите уравнения реакций 1–5.

## 1.2.2. Задания 10 класса

## Задача №10-1

Используя оксиды **A** и **B**, а также уголь в качестве единственного источника углерода, можно получить углеводороды **I** – **IV**, являющиеся простейшими представителями своих гомологических рядов. Оксид **A** широко встречается в природе, как в чистом виде, так и в виде сложных минералов, составляет основу глины и драгоценных камней: рубина и сапфира. Молярные массы оксидов **A** и **B** различаются в 1.82 раза.

Оксиды **A** и **B** сплавляли с избытком угля при высокой температуре (реакции 1 и 2), а затем полученные бинарные соединения **B** и **Г** обрабатывали соляной кислотой (реакции 3 и 4). Углеводород **I**, образующийся в реакции 3, при быстром нагревании до 1500°C превращается в углеводород **II** (реакция 5), который далее можно превратить в углеводород **III** действием одного эквивалента водорода (реакция 6). Углеводород **III** можно получить и действием концентрированной серной кислоты при нагревании на жидкость **Д** (реакция 7). Нагревание углеводорода **II** в присутствии активированного угля приводит к веществу **IV** (реакция 8). Все описанные превращения отражены на схеме:



1. Установите формулы веществ **A** – **Д**, если дополнительно известно, что массовая доля кислорода в **Д** равна 34,78%. Ответ подтвердите расчетом.
2. Приведите молекулярные брутто-формулы углеводородов **I** – **IV**. Изобразите структурные формулы углеводородов **II** и **IV**.
3. Напишите полные уравнения реакций 1–8.

## Задача №10-2

При реакции алкена **A** с избытком хлора и брома образуются соответственно продукты **Б** и **В**, молярные массы которых отличаются в 1,899 раз. При гидрировании **A** образуется алкан **Г**, данный процесс является обратимым. Теплоты образования **A** и **Г** составляют –52,5 и 85 кДж/моль соответственно.

1. Установите молекулярную брутто-формулу **A**, ответ подтвердите расчетом.
2. Изобразите структурные формулы веществ **A** – **Г**.
3. Рассчитайте тепловой эффект ( $Q$ ) реакции гидрирования **A**, запишите термохимическое уравнение. Как нужно изменить температуру и давление, чтобы увеличить выход вещества **Г** в данной реакции?

В замкнутый реактор при стандартных условиях ввели смесь **A** и водорода в мольном соотношении 1 : 2,5, при этом общее давление составило 559,25 мм.р.ст. Затем смесь нагрели до 100°C, добавили катализатор гидрирования и выдержали до установления равновесия, при этом давление составило 520 мм.р.ст. (100°C).

4. Рассчитайте парциальные давления (в барах) всех веществ в полученной равновесной смеси, равновесный выход реакции (%) и константу равновесия  $K_p$  при 100°C, выраженную через давления в барах (1 бар = 750 мм.р.ст.).

В замкнутый реактор при стандартных условиях ввели смесь **A** и водорода в мольном соотношении 1 : 2,5, при этом общее давление составило 512,66 мм рт.ст. Затем смесь нагрели

ли до 133,9°C, добавили катализатор гидрирования и выдержали до установления равновесия.

5. *Рассчитайте константу равновесия реакции гидрирования при 133,9°C и равновесный состав полученной газовой смеси при 133,9°C (мол.%).*

### Задача №10-3

Кислород является важнейшим простым веществом, необходимым для жизни человека. Для обеспечения кислородом людей, работающих в замкнутых пространствах, например, на космических летательных аппаратах или подводных лодках, часто используют химически связанный кислород, входящий в состав различных соединений. В качестве одного из аварийных средств, предназначенных для быстрого получения кислорода, применяют так называемые хлоратные свечи.

В состав простейшей хлоратной свечи входит порошок железа и бертолетова соль. Бертолетова соль содержит 31,84 масс.% калия и 28,98 масс.% хлора, остальное – кислород. При поджигании хлоратной свечи железо сгорает до железной окалины ( $\omega(\text{O}) = 27,59\%$ ), а выделяющееся при этом тепло расходуется на разложение бертолетовой соли с выделением кислорода.

1. *Установите формулу бертолетовой соли. Запишите термохимическое уравнение реакции ее разложения, если для разложения 1 моль соли требуется 44,7 кДж тепла.*

2. *Известно, что при сгорании образца железа массой 16,8 г до оксида железа (II) выделяется 81,6 кДж теплоты, а при сгорании такого же образца до оксида железа (III) теплоты выделяется на 42 кДж больше. Запишите уравнения этих реакций и рассчитайте их тепловой на 1 моль образующего оксида. Используя эти данные, рассчитайте тепловой эффект реакции сгорания железа до железной окалины (на 1 моль окалины) и запишите соответствующее термохимическое уравнение.*

3. *Рассчитайте массы железного порошка и бертолетовой соли, необходимые для приготовления хлоратной свечи, способной генерировать 1 м<sup>3</sup> (н.у.) кислорода.*

### Задача № 10-4

Металл X обычно считают достаточно инертным, однако даже при комнатной температуре он вступает в различные химические превращения. Например, X растворяется в концентрированных азотной (реакция 1) и иодоводородной кислотах (реакция 2), а также в растворе цианида натрия в присутствии кислорода (реакция 3). На воздухе X постепенно покрывается тонким слоем черного вещества A, содержащего 87,08 мас.% X (реакция 4).

Вещество A является одним из основных природных минералов, содержащих X. При комнатной температуре A не взаимодействует с растворами щелочей и кислотно-неокислителей, но реагирует с 50% азотной кислотой, при этом образуется белый осадок вещества B (реакция 5). Кроме того, A постепенно реагирует со смесью соляной кислоты и пероксида водорода с образованием белого осадка B (реакция 6). Нагревание смеси веществ A и B выше 300°C приводит к образованию X (реакция 7). Вещество B хорошо реагирует с раствором тиосульфата натрия, при недостатке последнего образуется вещество Г (26,91 мас.% X), а при избытке – вещество Д (19,30 мас. % X).

1. *Установите металл X и формулы веществ A–Д, ответ подтвердите расчетом.*

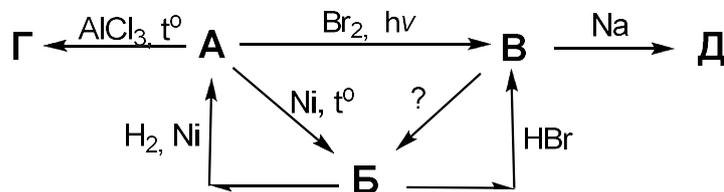
2. *Напишите уравнения реакций 1–7.*

3. Металл **X** образует кубическую гранецентрированную решетку с параметром  $a = 408,6$  нм. Рассчитайте радиус **X** (нм) и его плотность в  $\text{г/см}^3$ .

4. Произведение растворимости вещества **A** в водном растворе равно  $7,2 \cdot 10^{-50}$ . Рассчитайте молярные концентрации ионов в насыщенном растворе **A** в моль/л. Какой объем насыщенного водного раствора **A** нужно взять, чтобы в нем содержался 1 мкг ионов **X**?

### Задача №10-5

Органические вещества **A** и **Б** содержат одинаковое количество атомов углерода в молекулах. Оба вещества имеют линейное (неразветвленное) строение, а вещество **Б** имеет *цис*, *транс*-изомеры. При сжигании 11,6 г **A** в избытке кислорода образуется 22,4 л ( $68,25^\circ\text{C}$ , 1 атм) углекислого газа и 18 мл воды. При выдерживании **A** при высокой температуре в присутствии никеля образуется **Б**; данная реакция является обратимой: при добавлении водорода в реакционную смесь снова образуется **A**. Бромирование **A** при облучении протекает с преимущественным образованием соединения **B**, из которого в одну стадию можно получить **Б**. Эти и другие превращения отражены на схеме:

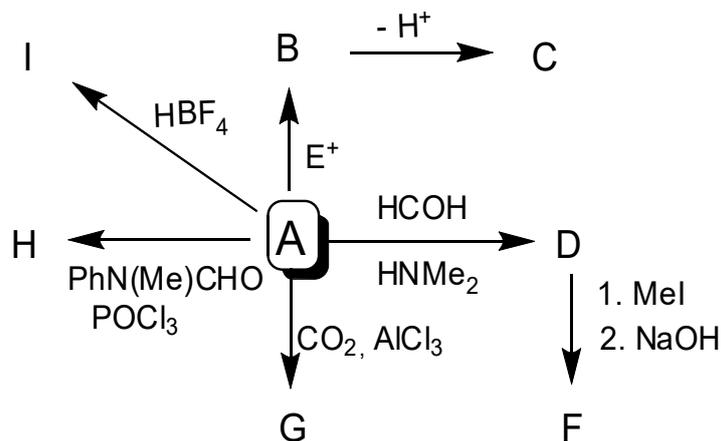


1. Установите брутто-формулу вещества **A**, проведя расчет по продуктам сгорания.
2. Изобразите структурные формулы веществ **A–D**.
3. Для вещества **Б** изобразите структурные формулы *цис*- и *транс*-изомеров.
4. Напишите полные уравнения реакций, обозначенных на схеме превращений (всего 7 уравнений), используя структурные формулы органических веществ. Укажите необходимый реагент вместо знака «?».
5. Напишите уравнение реакции **Б** с раствором  $\text{KMnO}_4$  при нагревании в присутствии серной кислоты. Рассчитайте, какой минимальный объем раствора  $\text{KMnO}_4$  с концентрацией 0,1 моль/л (в мл) потребуется для полного окисления 560 мл **Б**.

### 1.2.3.Задания 11 класса

#### Задача №11-1

Металл **X** является основным компонентом многих сплавов. При растворении 1 г металла **X** в соляной кислоте образуется 430 мл газа ( $293\text{ K}$ , 1 атм, реакция 1). При реакции цикlopentadiена с хлоридом элемента **X** в присутствии диэтиламина образуется соединение **A** (реакция 2). При реакции **A** с электрофильными частицами ( $\text{E}^+$ ) образуется неустойчивый сигма-комплекс **B**, который после отщепления протона превращается в соединение **C**. Также вещество **A** реагирует с формальдегидом и диметиламином (реакция Манниха) с образованием соединения **D**, которое при действии метилиодида и гидроксида натрия превращается в **F**. При реакции **A** с углекислым газом в присутствии кислоты Льюиса образуется вещество **G**, а при формилировании по Вильсмайеру – вещество **H**. При действии тетрафторобората водорода **A** переходит в соль **I**.



1. Установите металл  $X$ , подтвердите свои результаты расчетом.
2. Напишите уравнения реакций 1 и 2, назовите вещество  $A$ .

Приведите структурные формулы соединений  $A-I$ .

### Задача №11-2

Металл  $X$  обычно считают достаточно инертным, однако даже при комнатной температуре он вступает в различные химические превращения. Например,  $X$  растворяется в концентрированных азотной (реакция 1) и иодоводородной кислотах (реакция 2), а также в растворе цианида натрия в присутствии кислорода (реакция 3). На воздухе  $X$  постепенно покрывается тонким слоем черного вещества  $A$ , содержащего 87,08 мас.%  $X$  (реакция 4).

Вещество  $A$  является одним из основных природных минералов, содержащих  $X$ . При комнатной температуре  $A$  не взаимодействует с растворами щелочей и кислотно-неокислителей, но реагирует с 50% азотной кислотой, при этом образуется белый осадок вещества  $B$  (реакция 5). Кроме того,  $A$  постепенно реагирует со смесью соляной кислоты и пероксида водорода с образованием белого осадка  $B$  (реакция 6). Нагревание смеси веществ  $A$  и  $B$  выше  $300^\circ\text{C}$  приводит к образованию  $X$  (реакция 7). Вещество  $B$  хорошо реагирует с раствором тиосульфата натрия, при недостатке последнего образуется вещество  $G$  (26,91 мас.%  $X$ ), а при избытке – вещество  $D$  (19,30 мас. %  $X$ ).

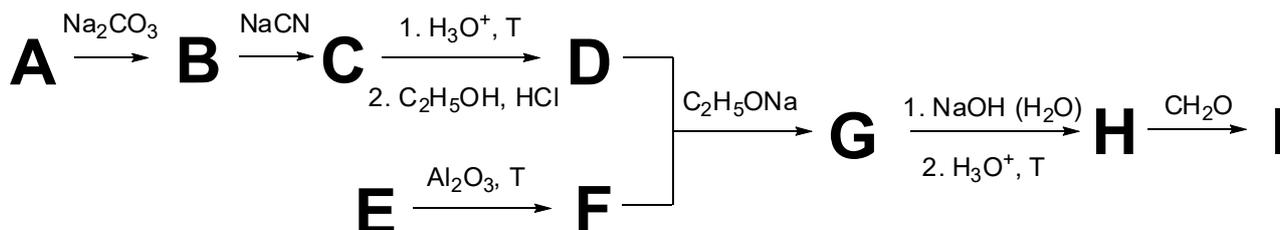
1. Установите металл  $X$  и формулы веществ  $A-D$ , ответ подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения реакций 1–7.
3. Металл  $X$  образует кубическую гранецентрированную решетку с параметром  $a = 408,6$  нм. Рассчитайте радиус  $X$  (нм) и его плотность в  $\text{г/см}^3$ .
4. Произведение растворимости вещества  $A$  в водном растворе равно  $7,2 \cdot 10^{-50}$ . Рассчитайте молярные концентрации ионов в насыщенном растворе  $A$  в моль/л. Какой объем насыщенного водного раствора  $A$  нужно взять, чтобы в нем содержался 1 мкг ионов  $X$ ?

### Задача № 11-3

Вещество  $H$  применяется для обнаружения и идентификации карбонильных соединений (по температурам плавления производных). Конденсацию с альдегидами проводят в водно-спиртовом растворе (в роли катализатора выступает этилат натрия или иное сильное основание). Кетоны реагируют, как правило, только в особых условиях, например, в ледяной уксусной кислоте при температуре выше  $100^\circ\text{C}$ . Продукты конденсации, представляют собой енолы, хорошо кристаллизуются. Также  $H$  применяется также для гравиметрии, и титримет-

рического определения альдегидов. Известно, что массовая доля углерода в веществе **H** составляет 68,57%.

Ниже представлена цепочка превращений, начинающаяся с веществ **A** и **E**, которые являются промышленно значимыми продуктами органического синтеза. Вещество **A** получают гидролизом трихлорэтилена при температуре 130-140°C в присутствии концентрированной серной кислоты, массовая доля углерода в этом соединении составляет 25,4%. Вещество **E** получают кумольным способом, также его можно получить разложением ацетатов щелочно-земельных металлов при высоких температурах. Известно, что в молекуле **F** находится 1 атом кислорода, а массовая доля углерода в веществе **I** составляет 69,86%.



1. Приведите структурные формулы веществ **A–I**.

2. Приведите структурную формулу второго соединения получаемого кумольным способом (за исключением вещества **E**).

3. Вещество **H** вступает в реакцию Михаэля с веществом **F**. Приведите структурную формулу продукта этой реакции.

4. В лаборатории проводили гравиметрическое определение альдегида **X**. Для этого навеску 580,0 мг **X** ввели в реакцию с веществом **H** в присутствии основания, в результате было получено 3,20 г осадка соединения **Y**, строение которого аналогично веществу **I**. Приведите структурные формулы **X** и **Y**, ответ подтвердите расчетом.

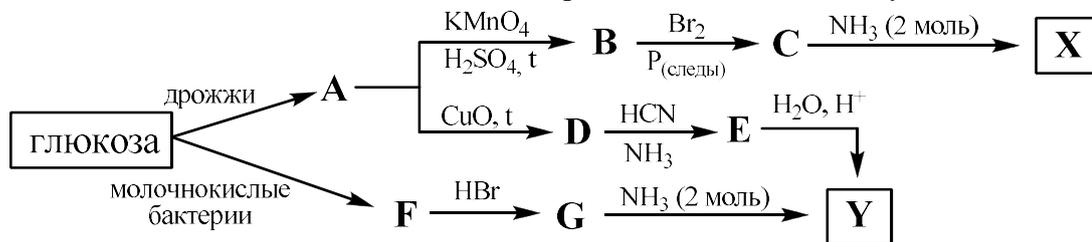
#### Задача №11-4

Природный минерал **A** разлагается при 1000°C (реакция 1) с выделением газообразного продукта **B** с плотностью при н.у. 1,96 г/л, при этом потеря массы составляет 44%. В остатке после разложения содержится вещество **D**, которое при нагревании с избытком углерода (реакция 2) превращается в твердое вещество **E**. Продукт **E** легко реагирует с водой (реакция 3) с образованием легковоспламеняющегося газа **G**. При длительном нагревании **E** в атмосфере азота при 1000–1100°C оно превращается в реакционноспособное соединение **L**, содержащее 15 мас.% углерода (реакция 4). Гидролиз вещества **L** протекает ступенчато, на первой стадии (реакция 5) образуется неустойчивый интермедиат **M** (28,57 мас.% углерода). Для **M** возможны два изомера, один из которых симметричный. Но реально существует только несимметричный, он имеет в ИК спектре характерные полосы поглощения при 2220 и 2260 см<sup>-1</sup>. Вещество **M** далее гидролизруется (реакция 6) в устойчивое соединение **N**, которое широко используется в качестве удобрения. **N** является хорошо известным продуктом метаболизма животных, однако в лаборатории оно впервые было получено только в 1828 году изомеризацией вещества **O** (реакция 7). При нагревании **N** с парами воды выше 200°C (реакция 8) выделяется газ **P**, ранее цепочка превращения **E** → **N** → **P** была основным промышленным способом получения **P**. При реакции **N** с метиламином (1 экв.) образуется вещество **Q**, которое при действии нитрита натрия в серной кислоте образует соединение **R**, выделяющее при действии щелочи очень реакционноспособный газ **S** с плотностью при н.у. 1,875 г/л.

1. Установите формулы всех зашифрованных веществ, ответ подтвердите расчетом. Изобразите структурные формулы двух изомеров *M*.
2. Напишите уравнения реакций 1–8.
3. Назовите фамилию ученого, осуществившего в 1828 году получение *N* в лаборатории.
4. Соединение *E* имеет структуру типа  $NaCl$ , где катионы занимают позиции хлорид-ионов в кристаллической решетке, а анионы, входящие в состав *E*, занимают октаэдрические пустоты. Плотность *E* составляет  $2.22 \text{ г/см}^3$ . Рассчитайте расстояние между двумя катионами в *E*.

### Задача №11-5

Живые клетки – постоянно действующие «химические реакторы», в которых в результате ферментативных реакций одни биомолекулы могут превращаться в другие в соответствии с потребностями организма. Подобные превращения можно осуществлять и в лабораторных условиях. Так, ниже представлена схема, показывающая возможность превращения глюкозы в вещества *X* и *Y*, необходимые для построения белковых молекул:



1. Запишите структурные формулы открытой и циклической форм глюкозы в проекциях Фишера и Хеуорса соответственно, укажите число хиральных центров в каждой из форм.
2. Расшифруйте схему превращений – запишите структурные формулы веществ *A–G*, *X* и *Y*. Приведите тривиальные названия веществ *X* и *Y*.
3. С помощью какого реагента можно отличить исходную глюкозу от веществ *X* и *Y*? Приведите формулу данного реагента и укажите признаки реакций с ним для этих веществ.

## 1.3. Задания Экспериментального тура

### 1.3.1. Задание 9 класса

Желтый свинцовый крон используется в качестве пигмента в лакокрасочной промышленности, производстве полимерных пленок и волокон. Основным его компонентом является вещество *X*, которое может быть получено следующим образом:  $5 \text{ г}$  дихромата калия и  $4 \text{ г}$  ацетата свинца помещают отдельно в два химических стаканчика. В каждый стакан добавляют по  $20 \text{ мл}$  теплой дистиллированной воды и перемешивают до растворения солей. Затем жидкости смешивают, охлаждают до комнатной температуры, образующийся осадок отфильтровывают, промывают дистиллированной водой и отжимают между листами фильтровальной бумаги. Полученный продукт взвешивают.

**Реактивы:** дихромат калия, ацетата свинца; растворы азотной кислоты, хлороводородной кислоты, гидроксида натрия, сульфида натрия.

**Оборудование:** термостойкие стаканчики, стеклянная палочка, штатив с пробирками, чашка Петри или бюкс для готового продукта, установка для фильтрования под вакуумом, фильтровальная бумага, весы теххимические.

1. Установите формулу вещества **X**, если известно, что оно содержит 16,10 мас.% хрома, а также напишите реакцию его получения описанным способом.
2. Осуществите синтез и рассчитайте практический выход **X** (при расчете выхода не учитывайте влажность полученного продукта).
3. Исследуйте действие на вещество **X** избыточного количества растворов азотной и хлороводородной кислот, гидроксида и сульфида натрия. Напишите уравнения протекающих реакций и наблюдаемые визуальные эффекты.

### 1.3.2. Задание 10 класса

Метод комплексонометрического титрования является универсальным для определения ионов металлов в водных растворах, определения состава металлов и сплавов. Достичь селективности определения целевого иона металла в присутствии мешающих элементов можно используя различные методы маскирования и разделения. Например, для определения качества цинка может использоваться следующая методика: навеску измельченного цинка массой около 0,25 г переносят в химический стакан и растворяют в 5 мл хлороводородной кислоты (1:1). Для ускорения растворения можно подогреть стакан на электроплитке. Раствор нейтрализуют гидроксидом натрия или аммиака до нейтральной реакции среды контролируя pH по индикаторной бумаге. Полученный раствор переносят в мерную колбу на 100 мл, промывают стенки стакана дистиллированной водой, промывные воды также собирают в мерную колбу. Содержимое мерной колбы после охлаждения доводят до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают.

Аликвоту полученного раствора объемом 10,0 мл переносят в колбу для титрования, разбавляют дистиллированной водой до объема около 50 мл, добавляют 5 мл аммиачного буферного раствора, микрошпательэриохрома черного Т и титруют 0,025 моль/л раствором ЭДТА до перехода окраски индикатора в синюю.

**Реактивы:** 0,025 моль/л раствор ЭДТА, аммиачный буферный раствор, 6 моль/л раствор хлороводородной кислоты, 2 моль/л раствор гидроксида натрия, эриохром черный Т, универсальная индикаторная бумага.

**Оборудование:** мерная колба на 100 мл, бюретка на 25 мл, пипетка Мора на 10 мл, колба для титрования; термостойкий химический стакан; часовое стекло, электроплитка.

1. Какие методы маскирования (устранения мешающего влияния элементов) могут использоваться в комплексонометрическом титровании?
2. Определите массу навески цинка, которая была выдана. Массовую долю цинка в выданном образце уточните у дежурных в лаборатории.

### 1.2.3. Задание 11 класса

В лаборатории была найдена банка, содержащая смесь, содержащая смесь карбоната и гидрокарбоната одновалентного металла. Для анализа смеси предложена следующая методика: навеску смеси поместили в мерную колбу вместимостью 100,0 мл, растворили в неболь-

шом объеме дистиллированной воды, после чего содержимое колбы довели до метки и тщательно перемешали раствор. Аликвоту полученного раствора объемом 10,0 мл внесли в колбу для титрования, разбавили дистиллированной водой до объема около 50 мл, добавили 2–3 капли раствора фенолфталеина и оттитровали 0,1 моль/л раствором хлороводородной кислоты до обесцвечивания окраски индикатора. После этого в колбу добавили 2–3 капли раствора метилового оранжевого и продолжили титрование до перехода желтой окраски в оранжевую.

**Реактивы:** 0,1 моль/л раствор хлороводородной кислоты, 0,1% раствор метилового оранжевого, 0,1% раствор фенолфталеина.

**Оборудование:** мерная колба на 100 мл, бюретка на 25 мл, пипетка Мора на 10 мл, колба для титрования.

1. Повторите анализ с выданным раствором. Не забудьте перед началом работы довести раствор в мерной колбе до метки и перемешать.

2. Определите карбонат и гидрокарбонат каких металлов находились в исходной смеси? Массу навески, взятую для приготовления раствора, уточните у дежурных в лаборатории.

3. Рассчитайте массовую долю карбоната металла в смеси.

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

### 2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура

#### 2.1.1. Задания 9 класса

##### Задача №9-1

- (1)  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$  ( $t = 500^\circ\text{C}$ ,  $p = 350$  атм, кат. –  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )
- (2)  $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$  (кат. Pt-Rh)
- (3)  $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$
- (4)  $\text{NaNO}_3(\text{тв}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) = \text{HNO}_3 + \text{NaHSO}_4$
- (5)  $\text{HNO}_3(\text{конц}) + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$
- (6)  $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{конц}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- (7)  $4\text{HNO}_3 + \text{P}_4\text{O}_{10} = 2\text{N}_2\text{O}_5 + 4\text{HPO}_3$
- (8)  $\text{NO}_2 + \text{NO} = \text{N}_2\text{O}_3$
- (9)  $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow 2\text{N}_2 + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$  ( $t = 350^\circ\text{C}$ , взрыв)
- (10)  $\text{Au} + \text{HNO}_3 + 4\text{HCl} = \text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$
- (11)  $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{CONH}_2 + \text{H}_2\text{O}$  ( $t = 200^\circ\text{C}$ ,  $p = 20$  Мпа)
- (12)  $2\text{NaNO}_3 \rightarrow 2\text{NaNO}_2 + \text{O}_2$

Соединение	Вещество	Название
<b>А</b>	$\text{N}_2$	Азот
<b>Б</b>	$\text{NH}_3$	Аммиак
<b>В</b>	$\text{NO}$	Оксид азота (II)
<b>Г</b>	$\text{NO}_2$	Оксид азота (IV)
<b>Д</b>	$\text{HNO}_3$	Азотная кислота
<b>Е</b>	$\text{NaNO}_3$	Нитрат натрия
<b>Ж</b>	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	Нитрат аммония
<b>З</b>	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	Нитрат меди
<b>И</b>	$\text{N}_2\text{O}_5$	Оксид азота (V)
<b>К</b>	$\text{N}_2\text{O}_3$	Оксид азота (III)
<b>Л</b>	$\text{NH}_2\text{CONH}_2$	Мочевина
<b>М</b>	$\text{NaNO}_2$	Нитрит натрия

2. Нитрат натрия ( $\text{NaNO}_3$ ) имеет тривиальное название *чилийская селитра*. Название образовалось, в честь места, где добывают нитрат натрия.

3. Смесь азотной ( $\text{HNO}_3$ ) и соляной кислоты ( $\text{HCl}$ ) в определенном соотношении называется «царской водкой». Ее особенность заключается в способности растворять золото, «царя» металлов, а также некоторые другие благородные металлы, за счет генерации сильнейшего окислителя – атомарного хлора.

4. Мочевина ( $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ ) в других номенклатурах имеет названия: карбамид, диамид угольной кислоты.

**Разбалловка**

1. Вещества А-М с названиями (без названия соединений максимум за задание – 3 б из расчета <b>0,25x12 = 3</b> )	<b>0,5x12 б. = 6 б</b>
2. Тривиальное название нитрата натрия. Происхождение названия.	<b>0,5 б</b> <b>0,5 б</b>
3. Название смеси азотной и соляной кислоты. Ее Особенность.	<b>0,5 б</b> <b>0,5 б</b>
4. Дополнительные названия мочевины	<b>1 б.х 2 = 2 б.</b>
<b>ИТОГО</b>	<b>10б.</b>

**Задача №9-2**

1. Необходимо установить состав элементов в соединении А

$$Ca: S: H: O = \frac{23,28}{40} : \frac{18,62}{32} : \frac{55,75}{16} : \frac{2,35}{1} = 1: 1: 6: 4$$

Брутто-формула будет выглядеть следующим образом:



Один из вариантов соединения:  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  (соединение А)

По систематической номенклатуре носит название: дигидрат сульфата кальция

Тривиальное название – гипс.

2. После нагревания массовая доля кальция увеличивается до 27,61%. Небольшое нагревание гипса будет приводить к процессу дегидратации:



$$\omega(Ca) = \frac{A(Ca)}{M(CaSO_4 \cdot (2-x)H_2O)} \rightarrow M(CaSO_4 \cdot (2-x)H_2O) = \frac{40}{0,2761} = 144,9 \text{ г/моль}$$

$$M(CaSO_4) = 136 \text{ г/моль}$$

$$M((2-x)H_2O) = 144,9 - 136 = 8,9 \text{ г/моль} \rightarrow 2-x = 0,5 \rightarrow x = 1,5$$



$CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$  – полуводный сульфат кальция, гипсовый алебастр. Используют в строительстве, изготовлении поделок, декоративных украшений, статуэток. При смешивании с водой образует гипс и затвердевает.

$\mathbf{В}$  – ангидрит, безводный сульфат кальция  $CaSO_4$ . Нерастворим в воде, поэтому не может затвердевать.



Чтобы сульфат кальция снова стал захватывать воду его прокаливают при  $1000^\circ\text{C}$ , но при  $1200^\circ\text{C}$  он разлагается.

$$\omega(Ca) = \frac{A(Ca)}{M(\Gamma)} \rightarrow M(\Gamma) = \frac{40}{0,4815 + 0,2328} = 56 \text{ г/моль}$$

$$M(\Gamma - Ca) = 56 - 40 = 16 \text{ г/моль} - \text{кислород} \rightarrow \Gamma - CaO$$



$\mathbf{Д}$  – сернистый газ  $SO_2$

<b>А</b>	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
<b>Б</b>	$CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$
<b>В</b>	$CaSO_4$

Г	CaO
Д	SO <sub>2</sub>

### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формула А	1 б
	Систематическое название А	0,5 б
	Тривиальное название А	0,5 б
2	Формулы соединений Б-Д	1x4 = 4 б
3.	Уравнения реакций (1)-(3)	1x3 = 3 б
4.	Применение вещества Б	0,5 б
	Название вещества Б	0,5 б
	<b>Итого</b>	<b>10 б.</b>

### Задача №9-3

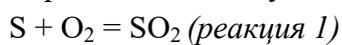
Вещество **В** является серной кислотой H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. В промышленности серную кислоту получают по реакции:



Серный газ (**Б**) получают каталитическим окислением сернистого газа (**А**):



Сернистый газ получается при сгорании серы (элемент **Х**):



Можно себя проверить по массовой доле серы в диоксиде серы.

Минерал **Д** представляет собой карбонат кальция. По массовым долям находим соотношение элементов в соединении.

$$x: C: O = \frac{40}{M} : \frac{12}{12} : \frac{48}{16} = \frac{40}{M} : 1 : 3$$

По таблице Менделеева металл определяется как кальций. Абсорбент **Г** (CaO) получают по следующей реакции:



2) В 2 т нефти содержится 1,5 % серы.

$$m_S = 2000 \cdot 0,015 = 30 \text{ кг} = 30000 \text{ г}$$

$$n_S = \frac{30000}{32} = 937,5 \text{ моль}$$

По реакциям (1) и (4) количество вещества оксида кальция будет равно 937,5 моль. Только 25% оксида кальция может улавливать диоксид серы, поэтому

$$n_{\text{CaO}} = \frac{937,5}{0,25} = 3750 \text{ моль}$$

$$m_{\text{CaO}} = 3750 \cdot 56 = 210000 \text{ г} = 210 \text{ кг}$$

3. Для получения 100 кг серной кислоты по реакции (3) понадобится серный газ **Б**:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{100}{98} = 1,02 \text{ кмоль}$$

$$n_{\text{SO}_3} = 1,02 \text{ кмоль, так как реакция идет с выходом 99\%} \rightarrow n_{\text{SO}_3} = \frac{1,02}{0,99} = 1,03 \text{ кмоль}$$

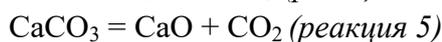
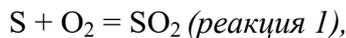
По реакции (2) выход продукта составляет 91%

$$n_{\text{SO}_2} = \frac{1,03}{0,91} = 1,13 \text{ кмоль}$$

По реакции (1)  $n_{\text{SO}_2} = 1,13 \text{ кмоль} = n_{\text{S}}$

$$m_{\text{S}} = 1,13 \cdot 32 = 36,16 \text{ кг}$$

$$m_{\text{нефти}} = \frac{36,16}{0,015} = 2410,7 \text{ кг}$$



<b>Х</b>	S
<b>А</b>	SO <sub>2</sub>
<b>Б</b>	SO <sub>3</sub>
<b>В</b>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<b>Г</b>	CaO
<b>Д</b>	CaCO <sub>3</sub>

#### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Элемент <b>Х</b> Соединения <b>А-Д</b>	<b>1 б</b> <b>0,5x5 = 2,5 б</b>
2	Реакции (1) – (5)	<b>0,5x5 = 2,5 б</b>
3.	Расчет массы оксида кальция	<b>2 б</b>
4.	Расчет массы нефти для получения 100 кг серной кислоты	<b>2 б</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 б.</b>

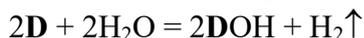
#### Задача №9-4

1. Металл **Х** можно установить, исходя из его массовой доли в соединении **А**. Реакция **Х**→**А** является реакцией горения и приводит к образованию оксида, в котором  $\omega(\text{O}) = 100 - 52,94 = 47,09\%$ . Запишем оксид **А** в общем виде как **X<sub>2</sub>O<sub>n</sub>**, тогда

$$M_r(\text{X}_2\text{O}_n) = 16n/0.4706 = 34nA_r(\text{X}) = (34n - 16n)/2 = 9n$$

При  $n=3$   $A_r(\text{X}) = 27$ , что соответствует алюминию **Al**

Для установления реагента **W** запишем уравнение реакции его получения:



$$n(\text{H}_2) = V/V_m = 5,6/22,4 = 0,25 \text{ моль}$$

По уравнению реакции  $n(\mathbf{D}) = 2n(\text{H}_2) = 0,5 \text{ моль}$

$$M(\mathbf{D}) = m/n = 11,5/0,5 = 23 \text{ г/моль, что соответствует натрию}$$

Тогда **W**–**NaOH**

Чтобы установить реагент **Z**, запишем уравнение реакции его нейтрализации гидроксидом натрия:



$$n(\text{NaOH}) = V \times \rho \times \omega / M = 10.71 \times 1.12 \times 0.2 / 40 = 0.06 \text{ моль}$$

По уравнению реакции  $n(\text{H}_2\text{Y}) = \frac{1}{2} n(\text{NaOH}) = 0.03 \text{ моль}$

$$M(\text{H}_2\text{A}) = m/n = 2.94/0.03 = 98 \text{ г/моль, что соответствует серной кислоте}$$

Таким образом, **Z**– $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Электронная конфигурация **Al**:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

2. При сгорании алюминия образуется оксид алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (вещество **A**). Как сам алюминий, так и его оксид и гидроксид проявляют амфотерные свойства, поэтому способны растворяться в избытке гидроксида натрия с образованием гидроксокомплексов состава  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,  $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$  или  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]$ . Для установления точного состава комплекса можно воспользоваться данными о массовой доле алюминия в нем, что позволяет однозначно установить вещество **B**– $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ . Растворение алюминия, его оксида или гидроксокомплекса в серной кислоте приводит к образованию соли **Q**– сульфата алюминия  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , при обработке которого недостатком гидроксида натрия можно получить осадок гидроксида алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (соединения **C**).

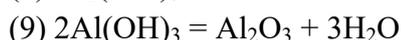
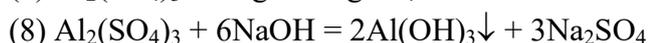
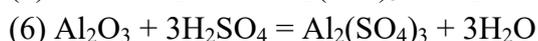
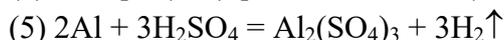
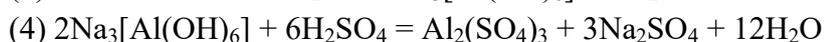
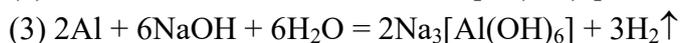
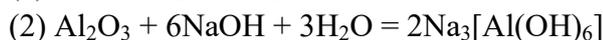
Таким образом, **A**– $\text{Al}_2\text{O}_3$

**B**– $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$

**C**– $\text{Al}(\text{OH})_3$

**Q**– $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

3. Уравнения реакций:



### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы металла <b>X</b> и веществ <b>W</b> и <b>Z</b> Электронная конфигурация <b>X</b>	$3 \times 1 = 3 \text{ б}$ <b>0,5 б</b>
2	Формулы веществ <b>A–C</b> и соли <b>Q</b>	$4 \times 0,5 = 2 \text{ б}$
3.	Уравнения реакций 1–9	$9 \times 0,5 = 4,5 \text{ б}$
	<b>Итого</b>	<b>10 б.</b>

### Задача № 9-5

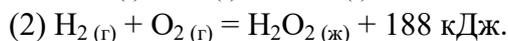
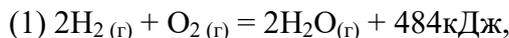
1. Пероксид водорода используется в качестве окислителя для ракетного топлива.

2. На месте взрыва нашли железную канистру, пероксид водорода является неустойчивым соединением. При воздействии катализаторов она разлагается с образованием воды и кислорода, который может вспыхнуть.



Железо является переходным металлом, поэтому является хорошим катализатором разложения пероксида водорода. Взрыв произошел в момент, когда переливали жидкость из пластиковой канистры в железную.

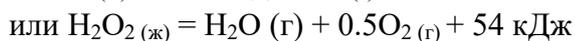
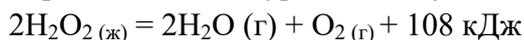
3. Для составления термохимического уравнения реакции воспользуемся уравнениями (1) и (2)



Составим уравнение (3):  $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{ж}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$

Для того, чтобы получить уравнение (3), уравнение (2) умножить на коэффициент (-2), и сложить с уравнением (1). Тепловой эффект будет следующим:  $Q = 484 - 2 \cdot 188 = 108 \text{ кДж}$ .

Термохимическое уравнение будет иметь следующий вид:



4. Для расчета температуры взрыва и взрывной волны нужно определить, сколько энергии выделилось в результате реакции.

В результате разложения 2 моль  $\text{H}_2\text{O}_2$  выделяется 108 кДж энергии.

В данном случае, при массе 10 кг перекиси:  $n_{\text{H}_2\text{O}_2} = \frac{10000}{34} = 294,12 \text{ моль}$

Тепловой эффект реакции составил:  $Q_p = \frac{294,12 \cdot 108}{2} = 15882 \text{ кДж}$

Для расчета температуры воспользуемся формулой:

$$Q = c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot m \cdot (t_2 - t_1) \rightarrow \Delta t = \frac{Q_p}{c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot m}$$

$$\rightarrow \Delta t = \frac{15887 \cdot 1000}{4,184 \cdot 10000} = 379,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

Учитывая, что начальная температура была  $25^\circ\text{C}$ , тогда во время взрыва температура достигала:  $T = 25 + 379,6 = 404,6^\circ\text{C}$ .

Для расчета взрывной волны воспользуемся уравнением состояния идеального газа.

$$pV = \nu RT \rightarrow V = \frac{\nu RT}{p},$$

где  $p = 760 \text{ мм.рт.ст} = 101325 \text{ Па}$

$R = 8,314 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$

$T = 404,6 + 273 = 677,6 \text{ К}$

$\nu = 294,12 \cdot 3/2 = 441,18 \text{ моль}$  (по уравнению реакции образуется 3 моль газов из 2 моль пероксида водорода).

$$V = \frac{441,18 \cdot 8,314 \cdot 677,6}{101325} = 24,53 \text{ м}^3$$

#### **Разбалловка**

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Применение пероксида водорода	<b>1 б</b>
2	Причина взрыва пероксида водорода	<b>2 б</b>
3.	Термохимическое уравнение разложения пероксида водорода	<b>2 б</b>
4.	Расчет температуры взрыва	<b>3 б</b>
5.	Расчет объема взрывной волны	<b>2 б</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

## 2.1.2. Задания 10 класса

## Задача №10-1

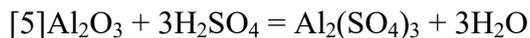
1. Из оксидов третьего периода с водой могут реагировать оксиды натрия, фосфора, серы и хлора. Учитывая, что только оксид натрия является основным, а остальные – кислотными, и принимая во внимание, что оксиды **Б** и **В** реагируют друг с другом, можно заключить, что один из этих оксидов –  $\text{Na}_2\text{O}$ . Предположим, что это оксид **Б**, то есть  $M(\text{Б}) = 62$  г/моль. Оксид **Г** реагирует как с кислотой **Е**, так и с оксидом натрия, то есть проявляет амфотерные свойства. Единственным амфотерным гидроксидом, подходящим под условие задачи, может быть оксид алюминия:  $M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 102$  г/моль.

$M(\text{Al}_2\text{O}_3) : M(\text{Na}_2\text{O}) = 102 : 62 = 10,2 : 6,2$ , что соответствует условию.

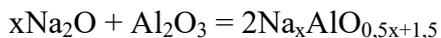
Оксиды **А** и **В** можно подобрать из соотношения молярных масс:  $M(\text{А}) = 60$  г/моль, что соответствует оксиду  $\text{SiO}_2$ .  $M(\text{В}) = 80$  г/моль, что соответствует оксиду  $\text{SO}_3$ . Взаимодействие  $\text{Na}_2\text{O}$  с водой приводит к образованию основания  $\text{NaOH}$  (вещество **Д**), которое в реакции с кислотным оксидом  $\text{SiO}_2$  образует соль **Ж** –  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ . Взаимодействие  $\text{SO}_3$  с водой приводит к образованию кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (вещество **Е**), которая может взаимодействовать с  $\text{Al}_2\text{O}_3$  с образованием соли **З** –  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . При взаимодействии двух солей должна протекать реакция ионного обмена, однако силикат алюминия в водном растворе не существует, что обусловлено протеканием совместного необратимого гидролиза с образованием слабого основания **И** –  $\text{Al}(\text{OH})_3$  и слабой кислоты **К** –  $\text{H}_2\text{SiO}_3(\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$ , представляющих собой аморфные осадки. Таким образом,

**А** –  $\text{SiO}_2$    **Б** –  $\text{Na}_2\text{O}$                       **В** –  $\text{SO}_3$                       **Г** –  $\text{Al}_2\text{O}_3$   
**Д** –  $\text{NaOH}$               **Е** –  $\text{H}_2\text{SO}_4$               **Ж** –  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$               **З** –  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$   
**И** –  $\text{Al}(\text{OH})_3$    **К** –  $\text{H}_2\text{SiO}_3(\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$               **Л** –  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

2. Уравнения реакций:



3. При сплавлении оксидов натрия и алюминия протекает реакция по общей схеме:



Массовая доля алюминия в продукте **М**:

$$\omega(\text{Al}) = 27 / (23x + 27 + 16(1,5 + 0,5x)) = 0,1311, \text{ откуда } x = 5$$



$$4. n(\text{SO}_3) = 10 / 80 = 0.125 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 10 / 18 = 0.556 \text{ моль}$$

Из уравнения *реакции 2* видно, что вода взята в избытке, тогда

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{SO}_3) = 0.125 \text{ моль.}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.125 \times 98 = 12.25 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{SO}_3) + m(\text{H}_2\text{O}) = 10 + 10 = 20 \text{ г}$$

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 12.25 / 20 = \mathbf{0.6125 (61.25\%)}$$

## Разбалловка

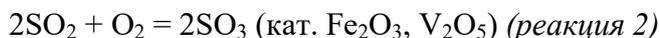
№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ А – Л	11×0,5 = <b>5,5 б</b>
2	Уравнения реакций 1–6	6×0,5 = <b>3 б</b>
3.	Формула М	<b>0,5 б</b>
	Уравнение реакции получения М	<b>0,5 б</b>
4.	Массовая доля серной кислоты	<b>0,5 б</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

## Задача №10-2

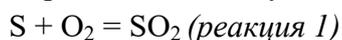
Вещество **В** является серной кислотой  $H_2SO_4$ . В промышленности серную кислоту получают по реакции:



Серный газ (**Б**) получают каталитическим окислением сернистого газа (**А**):



Сернистый газ получается при сгорании серы (элемент **Х**):



Можно себя проверить по массовой доле серы в диоксиде серы.

Минерал **Д** представляет собой карбонат кальция. По массовым долям находим соотношение элементов в соединении.

$$x: C: O = \frac{40}{M} : \frac{12}{12} : \frac{48}{16} = \frac{40}{M} : 1 : 3$$

По таблице Менделеева металл определяется как кальций. Абсорбент **Г** ( $CaO$ ) получают по следующей реакции:



2) В 2 т нефти содержится 1,5 % серы.

$$m_S = 2000 \cdot 0,015 = 30 \text{ кг} = 30000 \text{ г}$$

$$n_S = \frac{30000}{32} = 937,5 \text{ моль}$$

По реакциям (1) и (4) количество вещества оксида кальция будет равно 937,5 моль. Только 25% оксида кальция может улавливать диоксид серы, поэтому

$$n_{CaO} = \frac{937,5}{0,25} = 3750 \text{ моль}$$

$$m_{CaO} = 3750 \cdot 56 = 210000 \text{ г} = 210 \text{ кг}$$

3. Для получения 100 кг серной кислоты по реакции (3) понадобится серный газ **Б**:

$$n_{H_2SO_4} = \frac{100}{98} = 1,02 \text{ кмоль}$$

$$n_{SO_3} = 1,02 \text{ кмоль, так как реакция идет с выходом } 99\% \rightarrow n_{SO_3} = \frac{1,02}{0,99} = 1,03 \text{ кмоль}$$

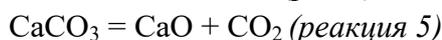
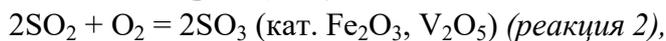
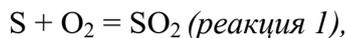
По реакции (2) выход продукта составляет 91%

$$n_{SO_2} = \frac{1,03}{0,91} = 1,13 \text{ кмоль}$$

По реакции (1)  $n_{SO_2} = 1,13 \text{ кмоль} = n_S$

$$m_S = 1,13 \cdot 32 = 36,16 \text{ кг}$$

$$m_{\text{нефти}} = \frac{36,16}{0,015} = 2410,7 \text{ кг}$$



<b>Х</b>	S
<b>А</b>	SO <sub>2</sub>
<b>Б</b>	SO <sub>3</sub>
<b>В</b>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<b>Г</b>	CaO
<b>Д</b>	CaCO <sub>3</sub>

### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Элемент <b>Х</b> Соединения <b>А-Д</b>	<b>1 б</b> <b>0,5x5 = 2,5 б</b>
2	Реакции (1) – (5)	<b>0,5x5 = 2,5 б</b>
3.	Расчет массы оксида кальция	<b>2 б</b>
4.	Расчет массы нефти для получения 100 кг серной кислоты	<b>2 б</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

### Задача № 10-3

В основе задачи лежит превращение  $\text{CoCl}_2$  в  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Необходимо рассчитать какая масса будет получена при охлаждении 100 г насыщенного раствора с 60 до 20 °С.

$M(\text{CoCl}_2) = 130$  г/моль,  $M(\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 238$  г/моль.

При 60°С для приготовления 100 г насыщенного раствора необходимо взять:

$$m_{\text{CoCl}_2} = 100 \cdot 0,484 = 48,4 \text{ г}$$

Потенциально в нем содержится следующая масса кристаллогидрата:

$$m_{\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = 48,4 \cdot \frac{238}{130} = 88,61 \text{ г и } m_{\text{H}_2\text{O}} = 100 - 88,61 = 11,39 \text{ г}$$

При 20°С растворимость составляет 52,9 г на 100 г воды или

$$m_{\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = 52,9 \cdot \frac{238}{130} = 96,85 \text{ г в } (152,9 - 96,85) = 56,05 \text{ г воды}$$

В 11,39 г воды при 20°С может раствориться:

$$m_{\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = \frac{96,85 \cdot 11,39}{56,05} = 19,68 \text{ г}$$

При охлаждении раствора с 60 до 20°С часть соли будет растворять в воде (20,09 г), а другая часть выпадет в виде кристаллов:

$$m(\text{кр})_{\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = 88,61 - 19,68 = 68,93 \text{ г}$$

Таким образом для получения 20 г  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  нужно  $x$  г  $\text{CoCl}_2$

Когда 68,93 г получают из 48,4 г  $\text{CoCl}_2$

$$m(\text{кр})_{\text{CoCl}_2} = \frac{20 \cdot 48,4}{68,93} = 14,04 \text{ г}$$

$$m_{H_2O} = \frac{20 \cdot 11,39}{68,93} = 3,31 \text{ г}$$

Необходимо учесть воду, которая входит в состав кристаллогидрата:

$$m_{CoCl_2 \cdot 6H_2O} = 14,04 \cdot \frac{238}{130} = 25,70 \rightarrow m_{H_2O} = 25,70 - 14,04 = 11,66$$

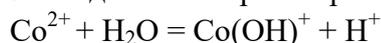
Масс всей воды составит:  $m_{H_2O} = 11,66 + 3,31 = 14,97 \text{ г}$

Необходимо помнить, что хлорид кобальта имеет 5% примесей. Тогда масса составит:

$$m(\text{кр})_{CoCl_2} = \frac{14,04}{0,95} = 14,78 \text{ г}$$

2. Абсолютный этиловый спирт практически не содержит воду, поэтому при высоких концентрациях растворителя хлорид кобальта будет окрашиваться в синий цвет, так как будет разрушаться гидратированная оболочка.

3. Подкисление раствора производят с целью предотвращения гидролиза:



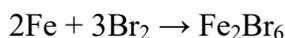
### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Понимание сути процесса	<b>1 б</b>
2	Расчет растворимости хлорида кобальта при температуре 60°C	<b>2 б</b>
3.	Расчёт растворимости хлорида кобальта при 20°C	<b>2 б</b>
4.	Масса хлорида кобальта необходимая по условию (если не учтена чистота реактива – <b>1 б</b> )	<b>2 б</b>
5.	Расчет массы воды (если не учтена кристаллизационная вода – <b>0,5 б</b> )	<b>1 б</b>
6.	Цвет соли в абсолютном этиловом спирте	<b>1 б</b>
7.	Ответ на вопрос о подкислении раствора	<b>1 б</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

### Задача № 10-4

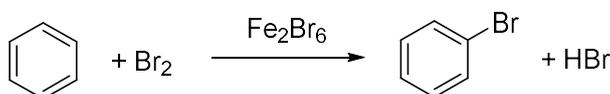
- Из текста задачи очевидно, что металлом **A** может являться железо и марганец, однако кислот Льюиса с марганцем в органическом синтезе не замечено.

Жидкий галоген **B** – бром  $Br_2$ .



- Такие соединения называют кислотами Льюиса. Кислоты они потому, что способны принимать пару электронов частицы-донора на незаполненную орбиталь атома металла. Аналогично тому, как протон способен принимать неподеленную электронную пару, например, аммиака.
- Реакции, катализируемые кислотами Льюиса, притекают с участием аренов. Ареном, который не обесцвечивает перманганат калия, является бензол.

Реакция бензола с бромом:

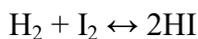


**Разбалловка**

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Название «кислоты Льюиса»	<b>1 б</b>
	Объяснение их кислотности	<b>2 б</b>
2	Вещества <b>A, B, X</b>	$3 \times 1,5 = 4,5$ б
3.	Реакция бензола с бромом	<b>2,5 б</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

**Задача №10-5**

1. Для составления термохимического уравнения необходимо указать агрегатные состояния исходных веществ и продуктов реакции, а также тепловой эффект. Известно, что стандартная энтальпия образования иодоводорода равна 26,57 кДж/моль.



Энтальпия реакции будет равна:

$$\Delta H_p = 2\Delta H_{\text{HI}} - \Delta H_{\text{H}_2} - \Delta H_{\text{I}_2} = 2 \cdot 26,57 = 53,14 \text{ кДж} = -Q$$

Термохимическое уравнение процесса:



В результате протекания реакции было поглощено 35,15 кДж энергии.

2 моль HI требует 53,14 кДж

x моль требует 35,15 кДж

$$x = \frac{2 \cdot 35,15}{53,14} = 1,323 \text{ моль}$$

Учитывая, что для реакции брали 1 моль иода, то максимальный выход бы составил 2 моль иодоводорода. Выход реакции образования HI составил:

$$\eta = \frac{n_{\text{теор}}}{n_{\text{практ}}} = \frac{1,323}{2} = 0,662 = 66,2\%$$

Определим состав газовой фазы в начальный момент времени и в состоянии равновесия:

	n(H <sub>2</sub> ), моль	n(I <sub>2</sub> ), моль	n(HI), моль
Начало реакции	3	1	0
Равновесие	3-0,662 = 2,338	1-0,662=0,338	1,323

Выражение для константы равновесия составит:

$$K_p = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{p_{\text{HI}}^2}{p_{\text{H}_2} \cdot p_{\text{I}_2}}$$

Так как в реакции участвуют газообразные продукты реакции, то необходимо использовать парциальные давления. Согласно уравнению состояния идеального газа давление связывается с количеством вещества следующим образом:

$$p = \nu \cdot \left( \frac{RT}{V} \right) = \nu \cdot \text{const}$$

$$K_p = \frac{n_{\text{HI}}^2}{n_{\text{H}_2} \cdot n_{\text{I}_2}}$$

Объем сосуда и температура будут неизменны, таким образом можно спокойно использовать количество вещества вместо объемов.

$$K_p = \frac{n_{HI}^2}{n_{H_2} \cdot n_{I_2}} = \frac{1,323^2}{0,338 \cdot 2,338} = 2,21$$

2. Для нахождения природы катализатора воспользуемся формулой для определения плотности:

$$\rho = \frac{m_{яч}}{V_{яч}} = \frac{n \cdot A_{Me}}{a^3} = \frac{N \cdot A_{Me}}{N_a \cdot a^3},$$

где  $N$  – число атомов, которые содержатся в одной ячейке,  $A_{Me}$  – атомная масса металла,  $N_a$  – число Авогадро  $6,022 \cdot 10^{23}$ ,  $a$  – параметр ячейки (сторона квадрата), Å.

Определим металл:

$$A_{Me} = \frac{N_a \cdot a^3 \cdot \rho}{N} = \frac{6,022 \cdot 10^{23} \cdot (3,803 \cdot 10^{-8})^3 \cdot 12,41}{\frac{1}{8} \cdot 8 + 1/2 \cdot 6} = 102,76 \text{ г/моль}$$

По таблице Менделеева определяем, что катализатор состоит из металла **родия (Rh)**.

3.  $H_{2(r)} + I_{2(r)} \leftrightarrow 2HI_{(r)} - 53,14 \text{ кДж}$

Согласно принципам Ле-Шателье на увеличение выхода может повлиять:

- (1) Увеличение температуры, т.к. реакция эндотермическая;
- (2) Увеличение концентрации водорода или иода;
- (3) Удаление продукта реакции иодоводорода из реакционной смеси.

#### *Разбалловка*

1.	Термохимическое уравнение с указанием теплоты и агрегатных состояний веществ	<b>2 б</b>
2.	Расчет равновесных концентраций	<b>2 б</b>
3.	Расчет константы равновесия	<b>2 б</b>
4.	Расчет числа атомов металла в одной ячейке	<b>0,5 б</b>
5.	Расчет атомной массы катализатора	<b>2 б</b>
6.	Условия смещения равновесия	<b>3x0,5 б=1,5 б</b>
	<b>Итого:</b>	<b>10б</b>

### 2.1.3. Задания 11 класса

#### Задача №11-1

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{n \cdot M}{V} = \frac{z \cdot M}{N_a \cdot V},$$

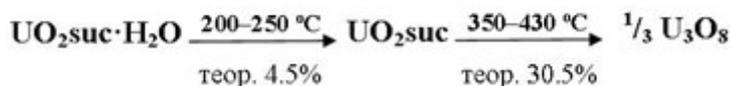
где  $\rho$  – плотность кристаллического вещества, г/см<sup>3</sup>;  $M$  – молярная масса вещества, г/моль;  $Z$  – число формульных единиц, содержащихся в одной элементарной ячейке;  $V$  – объем элементарной ячейки, Å<sup>3</sup>.

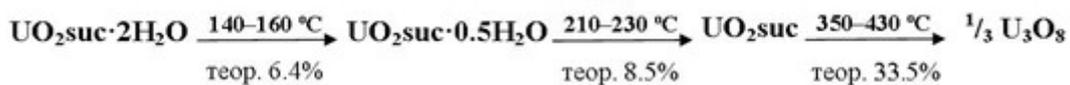
$$\rho = \frac{z \cdot M}{N_a \cdot V} \rightarrow M_I = \frac{N_a \cdot V \cdot \rho}{z} = \frac{6,022 \cdot 10^{23} \cdot 781,77 \cdot 10^{-24} \cdot 3,434}{4} = 404 \text{ г/моль}$$

$$M_{II} = \frac{N_a \cdot V \cdot \rho}{z} = \frac{6,022 \cdot 10^{23} \cdot 872,67 \cdot 10^{-24} \cdot 3,213}{4} = 422 \text{ г/моль}$$

По описанию ИК спектров и указанию на то, что комплексы – гетеролигандные, понятно, что в качестве лигандов могут выступать только сукцинат-ионы и вода, тогда  $I = [UO_2(C_4H_4O_4)(H_2O)]$ ,  $II = [UO_2(C_4H_4O_4)(H_2O)_2]$ .

Приведенные потери масс соответствуют следующим схемам





Получили оксид урана(+6)-диурана(+5)  $\text{U}_3\text{O}_8$

### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы соединений I и II	2x2 = 4 б
2	Продукт разложения I: $\text{UO}_2(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4)$	1 б
3.	Продукт разложения II: $\text{UO}_2(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4)0.5(\text{H}_2\text{O})$ $\text{UO}_2(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4)$	1 б 1 б
4.	Конечный продукт разложения $\text{U}_3\text{O}_8$	2 б.
5.	Степени окисления урана: +5, +6	1 б
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

### Задача №11-2

1. По характеристикам и реакциям понятно, что элемент X – это кремний (Si). Подтвердим это расчетами. Если обозначить формулу как  $\text{Mg}_y\text{X}_z$ , то при массовой доли X в соединении 63,38% получим:

	y=1	y=2 (Si)	y=3	y=4
$A_r$ , г/моль	14,043	<b>28,086</b>	42,129	56,17

( $A_{Mg} = 24,312/\text{моль}$ )

#### Соединения

X – Si

A –  $\text{Mg}_2\text{Si}$

B –  $\text{SiH}_4$

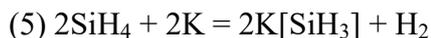
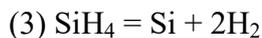
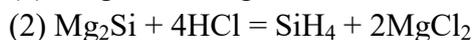
B –  $\text{K}[\text{SiH}_3]$

Г –  $\text{MeSiH}_3$

Д –  $\text{Me}_3\text{SnSiH}_3$

E –  $\text{MgCl}_2$

2. Происходящие реакции:



Найдем молярную массу соединения Г:

$$\frac{28,086 \text{ г/моль}}{60,86} \times 100 = 46,15 \text{ г/моль}$$

Молекулярная масса оставшихся элементов: 18 г/моль ( $\text{CH}_6$ ) -  $\text{MeSiH}_3$ .

Найдем молярную массу вещества E:

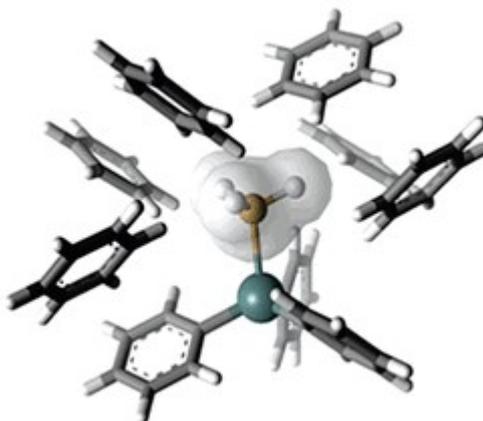
$$\frac{1 \text{ г}}{70,212 \text{ г/моль}} = 0,0142 \text{ моль}$$

$$\frac{2,776 \text{ г}}{0,0142 \text{ моль}} \approx 195 \text{ г/моль}$$

Этой формуле соответствует формула:  $\text{Me}_3\text{SnSiH}_3$ .

Центральные атомы: Sn, Si. Геометрия обоих: тетраэдр.

В качестве примера представлен комплекс  $\text{Ph}_3\text{SnSiH}_3$ .



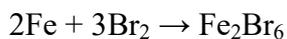
*Разбалловка*

1.	Расчет вещества X	0,5 б.
2.	Элемент X, вещества А-Е	7·0,5 б.=3,5 б.
3.	Написание уравнения реакции	7·0,5 б.=3,5 б.
4.	Подтверждение формулы Г	0,5 б.
5.	Расчет молярной массы вещества Д	1 б.
6.	Геометрия молекулы $\text{Me}_3\text{SnSiH}_3$	0,5 б.
7.	Геометрия центральных атомов	0,5 б.
	<b>ИТОГО</b>	<b>10б.</b>

### Задача №11-3

1. Из текста задачи очевидно, что металлом А может являться железо и марганец, однако кислот Льюиса с марганцем в органическом синтезе не замечено.

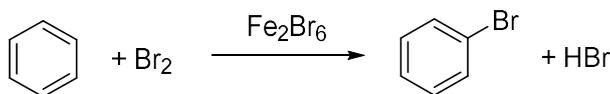
Жидкий галоген В – бром  $\text{Br}_2$ .



2. Такие соединения называют кислотами Льюиса. Кислоты они потому, что способны принимать пару электронов частицы-донора на незаполненную орбиталь атома металла. Аналогично тому, как протон способен принимать неподеленную электронную пару, например, аммиака.

3. Реакции, катализируемые кислотами Льюиса, притекают с участием аренов. Ареном, который не обесцвечивает перманганат калия, является бензол.

Реакция бензола с бромом:



*Разбалловка*

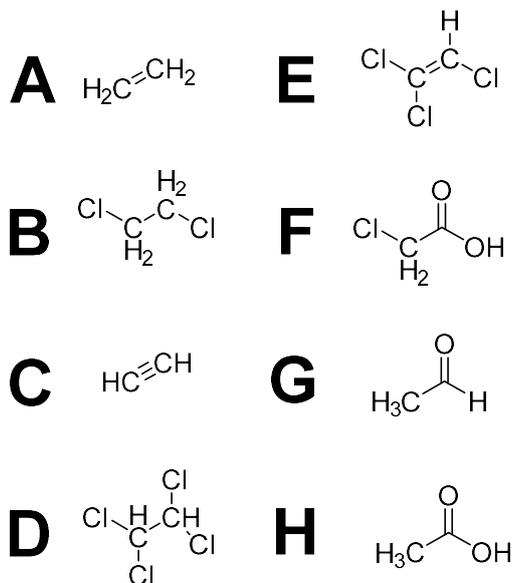
№	Элемент ответа	Баллы
1.	Название «кислоты Льюиса»	1 б

	Объяснение их кислотности	<b>2 б</b>
2	Вещества А, В, Х	3×1,5 = <b>4,5 б</b>
3.	Реакция бензола с бромом	<b>2,5 б</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

**Задача №11-4**

1. Вещество С – ацетилен, значит вещество А – этилен, т.к. этан не взаимодействует с газообразным хлором при отсутствии каких-либо дополнительных факторов.

В таком случае вещества А–Н имеют следующие формулы:



2. Два оставшихся продукта хлорирования уксусной кислоты – дихлоруксусная кислота  $\text{CCl}_2\text{H}-\text{COOH}$  и трихлоруксусная кислота  $\text{CCl}_3-\text{COOH}$ . Поскольку хлор обладает большей ЭО, чем углерод, то он стягивает электронную плотность на себя, что приводит к повышению полярности связи О–Н и облегчению её разрыва. Таким образом, наиболее кислой реакцией среды будет обладать водный раствор трихлоруксусной кислоты.

**Разбалловка**

1.	Изображение структур веществ А, С Изображение структур веществ В, D–H	<b>2×0,5 б = 1 б</b> <b>6×1 б = 6 б</b>
2.	Изображение оставшихся структур дихлоруксусной и трихлоруксусной кислот.	<b>2×1 б = 2 б</b>
3.	Объяснение самой кислой среды для раствора трихлоруксусной кислоты	<b>1 б</b>
	<b>ИТОГО</b>	<b>10 б</b>

**Задача № 11-5**

Медный купорос имеет формулу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

При его нагреве будет происходить дегидратация. Из-за небольшой температуры только часть молекул отделаться. Запишем уравнение реакции:



Чтобы установить точный состав кристаллогидрата после испарения, необходимо узнать количество воды, которое выделилось в ходе процесса. Разница в давлении связана с газооб-

разной водой, которая появилась в системе. Будем считать, что вода является идеальным газом, воспользуемся соответствующим уравнением:

$$pV = \nu RT \rightarrow \nu = \frac{pV}{RT},$$

где  $T = 50 + 273 = 323 \text{ К}$ ;

$R = 8,314 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ ;

$V = 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2 \text{ м}^3$ ;

$P = 1216 \text{ Па}$ .

$$\nu = \frac{1216 \cdot 2}{8,314 \cdot 323} = 0,9 \text{ моль}$$

Масса воды:  $m_{\text{H}_2\text{O}} = 0,9 \cdot 18 = 16,2 \text{ г}$ .

Потеря массы в ходе реакции:

$$\text{потеря массы} = \frac{16,2}{150} \cdot 100\% = 10,8 \%$$

Кристаллогидрат после дегидратации имеет массу  $m(\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = 150 - 16,2 = 133,8 \text{ г}$ .

$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ г/моль} - 150 \text{ г}$

$M(\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = x \text{ г/моль} - 133,8 \text{ г}$ .

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = \frac{133,8 \cdot 250}{150} = 223 \text{ г/моль}$$

Учитывая, что молекулярная масса  $\text{CuSO}_4$  равна  $160 \text{ г/моль}$ , получаем молекулярную массу воды в кристаллогидрате  $63 \text{ г/моль}$ . Число молекул воды будет равно:

$$n = \frac{63}{18} = 3,5 \text{ молекул}$$

Формула образующегося кристаллогидрата:  $\text{CuSO}_4 \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$

Итоговое уравнение реакции:



Для рассматриваемого равновесия константа будет зависеть только от давления газообразного вещества – воды (активности твердых веществ принимаются равными единице). Давление водяного пара =  $1216 \text{ Па} = 0.01216 \text{ бар}$ .

$$K_p = (p_{\text{H}_2\text{O}})^{1,5} = (0.01216)^{1,5} = 0.00134$$

#### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Уравнение реакции дегидратации с указанием коэффициентов. (Без указания коэффициентов – 0,5 б)	<b>2 б</b>
2	Расчет массы испарившейся воды.	<b>2 б</b>
3.	Расчет формулы кристаллогидрата после испарения	<b>2 б</b>
4.	Расчет массовой доли испарившейся воды	<b>1 б</b>
5.	Расчет константы равновесия при температуре 323 К	<b>3 б</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

## 2.2. Критерии оценивания заданий Теоретического тура

### 2.2.1. Задания 9 класса

#### Задача №9-1

1. Газ Е с резким запахом, вызывающий посинение лакмусовой бумажки – скорее всего аммиак  $\text{NH}_3$ . Следовательно, кислота Х – азотная. Эту кислоту можно получить при действии серной кислоты на нитраты, то есть Б – нитрат. Б разлагается с выделением одного газа, наиболее вероятно, что это нитрат щелочного металла, а газ В – кислород.

Из схемы разложения  $\text{MNO}_3 = \text{MNO}_2 + 0,5\text{O}_2$  очевидно, что

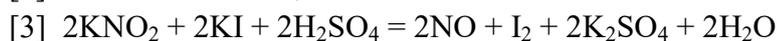
$M(\text{MNO}_3) = 16/0,1584 = 101$  г/моль – это нитрат калия.

Тогда вещество Г – это нитрит калия, который действительно в реакции с иодидом в кислой среде выделяет оксид азота (II) NO.

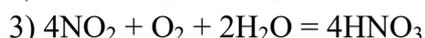
Формулы веществ:

Х	А	Б	В	Г	Д	Е
$\text{HNO}_3$	$\text{KNO}_3$	$\text{KHSO}_4$	$\text{O}_2$	$\text{KNO}_2$	NO	$\text{NH}_3$

Уравнения реакций:



2. Современный способ получения азотной кислоты основан на каталитическом окислении аммиака. Он протекает в три стадии:



3. По уравнению реакции:  $\text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} = \text{KHSO}_4 + \text{HNO}_3$

Количество вещества нитрата калия, с учетом примесей.

$$n_{\text{KNO}_3} = \frac{250 \cdot 0,95}{101} = 2,35 \text{ моль}$$

Количество вещества серной кислоты.

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \rho \cdot V \cdot \omega = 1,83 \cdot 0,936 \cdot 650 = 1113,37 \text{ г}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{111,337}{98} = 11,36 \text{ моль}$$

Серная кислота находится в избытке, поэтому расчет необходимо вести по нитрату:

$$n_{\text{HNO}_3} = n_{\text{KNO}_3} = 2,35 \text{ моль}$$

$$m_{\text{HNO}_3} = n \cdot M = 2,35 \cdot 63 = 148,05 \text{ г}$$

4. В полученном растворе на 2.35 моль кислоты (148,05 г) содержится  $1,655 \cdot 2.35 = 3,89$  моль воды (70 г).

Массовая доля азотной кислоты:

$$\omega = \frac{148,05}{148,05 + 70} \cdot 100\% = 67,9\%$$

Растворы, перегоняющиеся без изменения состава, называются **азеотропами** (азеотропными смесями)

### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ X, A–E Уравнения реакций 1–4	$7 \times 0,5 = 3,5$ б $4 \times 0,5 = 2$ б
2	Современный способ получения азотной кислоты: 3 стадии	$3 \times 0,5 = 1,5$ б
3.	Масса азотной кислоты HNO <sub>3</sub>	<b>1,5 б</b>
4	Массовая доля азотной кислоты Азеотроп	<b>1 б</b> <b>0,5 б</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

### Задача №9-2

1. Так как соли **A** и **B** окрашивают пламя спиртовки в фиолетовый цвет, то речь идет о солях калия. Выпадение творожистых осадков при действии на соли нитратом серебра указывает на наличие в их составе галогенид-ионов. Данные об окраске осадков и их растворимости в аммиаке указывают на то, что это бромид и иодид.

Обработка сухих солей **A** и **B** концентрированной серной кислотой – лабораторный способ получения галогеноводородов HBr и HI.

$M(\text{HI}) / M(\text{HBr}) = 128 / 81 = 1.58$  – соответствует условию.

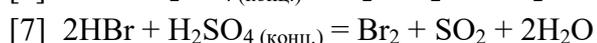
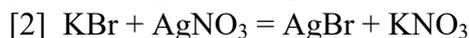
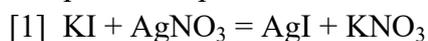
В концентрированной фосфорной кислоте наиболее вероятно образование дигидрофосфата калия KН<sub>2</sub>Р<sub>0</sub><sub>4</sub> (M = 136 г/моль), который при нагревании до 160°С отщепляет 0,5 моль воды (9 г, 6,61% от массы соли), с образованием гидропирофосфата (K<sub>2</sub>H<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), что соответствует условию.

При пропускании бромоводорода и иодоводорода через концентрированную серную кислоту протекают ОВР с выделением сернистого газа и сероводорода, соответственно.

Таким образом, **A – KIB – KBrC – HID – HBr**

**E – H<sub>2</sub>S    F – SO<sub>2</sub>    G – KН<sub>2</sub>Р<sub>0</sub><sub>4</sub>**

2. Уравнения реакций:



3.  $M_{\text{cp}}(\text{смеси } 1) = 5.295 \times 22.4 = 118.6$  г/моль

Обозначим  $\varphi(\text{HI}) = x$ , тогда  $\varphi(\text{HBr}) = 1-x$

$$128x + 81(1-x) = 118.6, \text{ откуда } x = 0.8$$

Пусть  $n(\text{смеси } 1) = 1$  моль, тогда  $n(\text{HI}) = 0.8$  моль,  $n(\text{HBr}) = 0.2$  моль

$$m(\text{HI}) = 0.8 \times 128 = 102.4 \text{ г} \quad w(\text{HI}) = 102.4 / 118.6 = 0.8634 \text{ или } \mathbf{86.34\%}$$

$$m(\text{HBr}) = 0.2 \times 81 = 16.2 \text{ г} \quad w(\text{HBr}) = 16.2 / 118.6 = 0.1366 \text{ или } \mathbf{13.66\%}$$

В соответствии с уравнениями *реакций 5 и 6*

$$n(\text{H}_2\text{S}) = 1/8 n(\text{HI}) = 0.1 \text{ моль} \quad n(\text{SO}_2) = 1/2 n(\text{HBr}) = 0.1 \text{ моль}$$

Следовательно, в смеси 2  $\varphi(\text{H}_2\text{S}) = \varphi(\text{SO}_2) = 50\%$

$$M_{\text{ср}}(\text{смеси 2}) = 0.5 \times 34 + 0.5 \times 64 = 49 \text{ г/моль}$$

$$D_{\text{возд}}(\text{смеси 2}) = 49 / 29 = \mathbf{1.69}$$

### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ <b>A – G</b>	$7 \times 0,5 = \mathbf{3,5 \text{ б}}$
2	Уравнения реакций 1–7	$7 \times 0,5 = \mathbf{3,5 \text{ б}}$
3.	Массовые доли газов Плотность по воздуху <i>смеси 2</i> .	$2 \times 1 = \mathbf{2 \text{ б}}$ $\mathbf{1 \text{ б}}$
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

### Задача №9-3

1. В реакциях будут принимать участие вещества:

1) мрамор – карбонат кальция –  $\text{CaCO}_3$ ;

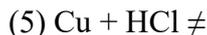
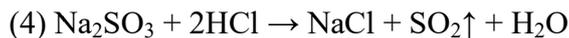
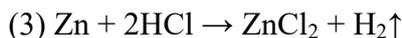
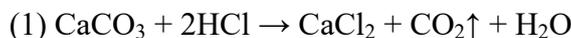
2) нитрит натрия –  $\text{NaNO}_2$ ;

3) цинк –  $\text{Zn}$ ;

4) медь –  $\text{Cu}$ ;

5) сульфит натрия –  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ .

Уравнения реакции:



В результате реакций образуются газообразные вещества, убыль массы раствора будет связана с удалением их в атмосферу

2. Рассчитаем массы выделяющихся газов в реакциях с 1 г вещества. Так как кислота в избытке, реакция будет идти пока весь образец не вступит в реакцию.

Согласно уравнению (1), в реакции выделяется углекислый газ. Масса его будет равна:

$$n_{\text{CaCO}_3} = \frac{1}{100} = 0,01 \rightarrow n_{\text{CO}_2} = 0,01 \rightarrow m_{\text{CO}_2} = 0,01 \cdot 44 = 0,44 \text{ г}$$

Масса раствора уменьшится на 0,44 г.

В реакции (2) тоже выделяется оксид азота (II):

$$n_{\text{NaNO}_2} = \frac{1}{69} = 0,014 \rightarrow n_{\text{NO}} = 0,010 \rightarrow m_{\text{NO}} = 0,010 \cdot 30 = 0,290 \text{ г}$$

В реакции (3) выделяется водород:

$$n_{\text{Zn}} = \frac{1}{65} = 0,015 \rightarrow n_{\text{H}_2} = 0,015 \rightarrow m_{\text{H}_2} = 0,015 \cdot 2 = 0,031 \text{ г}$$

В реакции (4) не выделяется никакого газа. Медь не вступает в реакцию с разбавленной соляной кислотой. Изменение массы будет равно 0.

В реакции (5) выделяется оксид серы (IV):

$$n_{\text{Na}_2\text{SO}_3} = \frac{1}{126} = 0,008 \rightarrow n_{\text{SO}_2} = 0,008 \rightarrow m_{\text{SO}_2} = 0,008 \cdot 64 = 0,508 \text{ г}$$

Исходя из полученных данных составим ряд по возрастанию массы раствора после эксперимента:

$$m_{(5)} < m_{(1)} < m_{(2)} < m_{(3)} < m_{(4)}$$

3. Наиболее вероятно, что желтый осадок, образующийся в реакциях – это сера, тогда выделяющийся газ **Z** – **диоксид серы SO<sub>2</sub>**. Такие реакции характерны для серосодержащих солей типа Na<sub>2</sub>S<sub>n</sub>O<sub>m</sub>. Рассчитаем количество газа, выделившегося в реакциях, используя уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$T = 273 + 50 = 323\text{K}, p = 101,325 \times 740 / 760 = 98,659 \text{ кПа}$$

$$\text{В реакции с X: } n(\text{SO}_2)_X = pV/RT = 98,659 \times 0,1361 / 323 \times 8,31 = 0,005 \text{ моль}$$

$$\text{В реакции с Y: } n(\text{SO}_2)_Y = pV/RT = 98,659 \times 0,20415 / 323 \times 8,31 = 0,0075 \text{ моль}$$

Логично предположить, что  $n(X) = n(Y) = n(\text{SO}_2)_X = 0,005$  моль, тогда

$$M(X) = 1,24 / 0,005 = \mathbf{248 \text{ г/моль}}$$

$$M(Y) = 1,05 / 0,005 = \mathbf{210 \text{ г/моль}}$$

Формулы и названия веществ:

**X = Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5H<sub>2</sub>O – пентагидрат тиосульфата натрия**

**Y = Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O – дигидрат дитионита натрия**

Уравнения реакций:



*Разбалловка*

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Уравнения реакция (1) – (4)	<b>4×0,5 = 2б</b>
2	Расчет масс образовавшихся газов Ряд по возрастанию массы раствора после эксперимента	<b>4x0,5 = 2 б</b> <b>0,5 б</b>
3.	Газ Z Молярные массы веществ X и Y Формулы веществ X и Y Названия веществ X и Y Уравнения реакций	<b>0,5 б</b> <b>2x0,5 = 1 б</b> <b>2x1 = 2 б</b> <b>2x0,5 = 1 б</b> <b>2x0,5 = 1 б</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

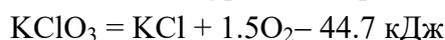
#### Задача № 9-4

1. Состав бертолетовой соли K<sub>x</sub>Cl<sub>y</sub>O<sub>z</sub>

$$x : y : z = 31.84/39 : 28.98/35.5 : 39.18/16 = 0.816 : 0.816 : 2.448 = 1 : 1 : 3$$

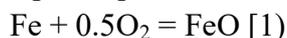
**Бертолетова соль –KClO<sub>3</sub>**

Термохимическое уравнение реакции разложения:



$$2. n(\text{Fe}) = 16.8 / 56 = 0.3 \text{ моль}$$

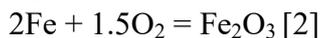
При сгорании железа до оксида железа (II) протекает реакция:



По уравнению реакции  $n(\text{FeO}) = n(\text{Fe}) = 0.3$  моль

В расчете на 1 моль  $\text{FeO} Q_{(1)} = 81.6 / 0.3 = 272 \text{ кДж}$

При сгорании железа до оксида железа (III) протекает реакция:

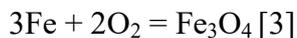


По уравнению реакции  $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0.5n(\text{Fe}) = 0.15 \text{ моль}$

В расчете на 1 моль  $\text{Fe}_2\text{O}_3 Q_{(2)} = (81.6 + 42) / 0.15 = 824 \text{ кДж}$

Железная окалина – смешанный оксид железа  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ( $\omega(\text{O}) = 27.59\%$ )

При сгорании железа до железной окалины протекает реакция:



Нетрудно заметить, что реакция [3] представляет собой сумму реакций [1] и [2], следовательно, ее тепловой эффект

$$Q_{(3)} = Q_{(1)} + Q_{(2)} = 272 + 824 = 1096 \text{ кДж}$$

Термохимическое уравнение:



3.  $n(\text{O}_2) = 1000 / 22.4 = 44.64 \text{ моль}$

По уравнению разложения  $n(\text{KClO}_3) = n(\text{O}_2) / 1.5 = 29.76 \text{ моль}$

Для разложения этого количества бертолетовой соли требуется

$$Q = 44.7 \times 29.76 = 1330.3 \text{ кДж}$$

Тогда количество вещества железной окалины, при образовании которой выделяется столько же тепла, составляет

$$n = 1330.3 / 1096 = 1.214 \text{ моль}$$

По уравнению [3]  $n(\text{Fe}) = 3n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 3.642 \text{ моль}$

Таким образом, для приготовления хлоратной свечи требуется:

$$m(\text{KClO}_3) = 29.76 \times 122.5 = 3645.6 \text{ г} = 3.646 \text{ кг}$$

$$m(\text{Fe}) = 3.642 \times 56 = 203.95 \text{ г}$$

#### Разбалловка

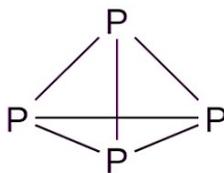
№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формула бертолетовой соли	<b>1 б</b>
	Термохимическое уравнение реакции разложения бертолетовой соли	<b>1 б</b>
2	Уравнения реакций сгорания железа до оксидов железа (II) и (III)	$2 \times 0,5 = 1 \text{ б}$
	Тепловые эффекты реакций сгорания железа до оксидов железа (II) и (III)	$2 \times 1 = 2 \text{ б}$
	Тепловой эффект реакции сгорания железа до железной окалины	<b>1 б</b>
	Термохимическое уравнение реакции сгорания железа до железной окалины	<b>1 б</b>
3.	Массы железного порошка и бертолетовой соли	$2 \times 1,5 = 3 \text{ б}$
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

#### Задача №9-5

1) Элемент X – фосфор P.

Простое вещество  $\text{P}_4$  – белый фосфор

$\text{P}_4$  – тетраэдр (тригональная пирамида)



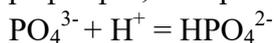
2) **A** –  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

**B** –  $\text{PCl}_5$

**C** –  $\text{POCl}_3$

**D** –  $\text{H}_3\text{PO}_4$

В присутствии кислоты анион  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  протонируется, переходя в гидрофосфат или дигидрофосфат, которые обладают большей растворимостью и лучше усваиваются растениями:



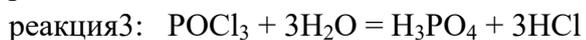
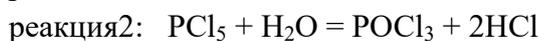
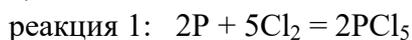
3) газ – молекулы  $\text{PCl}_5$

жидкость – молекулы  $\text{PCl}_5$

твердое тело – ионное строение  $[\text{PCl}_4]^+[\text{PCl}_6]^-$

молекула $\text{PCl}_5$ – тригональная бипирамида	
$[\text{PCl}_4]^+$ - тетраэдр (тригональная пирамида)	
$[\text{PCl}_6]^-$ - октаэдр (тетрагональная бипирамида)	

4)



#### Разбалловка

1	Элемент <b>X</b> Простое вещество <b>P<sub>4</sub></b> (название) Пространственное строение <b>P<sub>4</sub></b>	0.5 б 0.5 б 0.5 б
2	Формулы веществ <b>A–D</b> Использование <b>A</b> на кислых почвах (+ионное уравнение)	4x0.5 = 2 б 0.5+0.5 б
3	Пространственное строение <b>B</b> в разных агрегатных состояниях (три типа полиэдра + три рисунка)	6x0.5 = 3 б

4	Уравнения реакций 1–5	5x0.5 = 2.5 б
	Итого:	10 б

## 2.2.2. Задания 10 класса

**Задача №10-1**

1. При сплавлении некоторых оксидов с углем образуются бинарные соединения – карбиды, которые способны разлагаться водой и кислотами с выделением газообразных углеводородов. Среди карбидов можно выделить метаниды, которые содержат углерод в степени окисления –4 и разлагаются с выделением метана  $\text{CH}_4$ , а также ацетилениды, которые фактически являются солями очень слабой кислоты – ацетилена  $\text{C}_2\text{H}_2$  и выделяют его при действии более сильных кислот. Превращение **I**→**II**– известный промышленный процесс пиролиза метана с образованием ацетилена. Самым распространенным карбидом-метанидом является карбид алюминия  $\text{Al}_4\text{C}_3$  (вещество **B**), а карбидом-ацетиленидом – карбид кальция  $\text{CaC}_2$  (вещество **Г**). Тогда **A**– оксид алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , который действительно входит в состав глины и драгоценных камней, а **B**– оксид кальция  $\text{CaO}$ .

$M(\text{Al}_2\text{O}_3) / M(\text{CaO}) = 102 / 56 = 1.82$ , что соответствует условию.

При неполном гидрировании ацетилена можно получить этилен  $\text{C}_2\text{H}_4$ , который также получается при дегидратации этилового спирта  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , в котором  $\omega(\text{O}) = 16 / 46 = 0.3478$  (34.78%), что также соответствует условию.

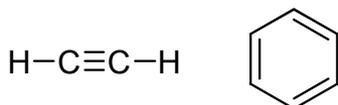
При нагревании ацетилена с активированным углем происходит его тримеризация с образованием бензола  $\text{C}_6\text{H}_6$ .

Таким образом,

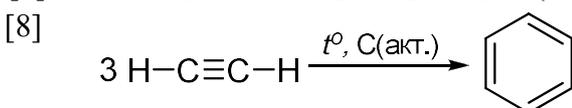
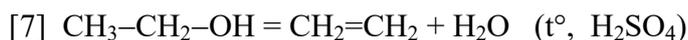
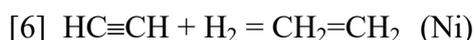
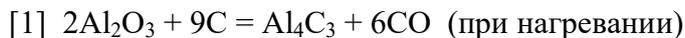
**A**– $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,    **B**– $\text{CaO}$ ,    **B**– $\text{Al}_4\text{C}_3$ ,    **Г**– $\text{CaC}_2$ , **Д**– $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

2. Углеводороды **I**– $\text{CH}_4$  **II**– $\text{C}_2\text{H}_2$ , **III**– $\text{C}_2\text{H}_4$ , **IV**– $\text{C}_6\text{H}_6$ ,

Структурные формулы ацетилена и бензола:



3. Уравнения реакций:

**Разбалловка**

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ <b>A</b> – <b>Д</b> Подтверждение расчетом	4×0,5 = <b>2 б</b> <b>1 б</b>
2	Брутто-формулы углеводородов <b>I</b> – <b>IV</b>	4×0,5 = <b>2 б</b>

	Структурные формулы углеводородов II и IV	2×0,5 = 1 б
3.	Уравнения реакций 1–8.	8×0,5 = 4 б
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

### Задача №10-2

1. Общую формулу алкенов можно обозначить как  $C_nH_{2n}$ . Тогда, общие формулы продуктов хлорирования и бромирования будут соответственно  $C_nH_{2n}Cl_2$  и  $C_nH_{2n}Br_2$ . Молярные массы данных веществ будут равны  $(14n+71)$  и  $(14n+160)$  г/моль. По условию, молярные массы отличаются в 1,899 раз, то получим уравнение:

$$(14n+160) / (14n+71) = 1,899, \text{ откуда } n = 2, \text{ то есть формула А – } C_2H_4.$$

2. Структурные формулы веществ:

А	Б	В	Г
$CH_2=CH_2$	$\begin{array}{c} CH_2-CH_2 \\   \quad   \\ Cl \quad Cl \end{array}$	$\begin{array}{c} CH_2-CH_2 \\   \quad   \\ Br \quad Br \end{array}$	$CH_3-CH_3$

3. Согласно следствию закона Гесса, теплота реакции равна разности теплот образования продуктов и исходных веществ. Для реакции гидрирования этилена

$$Q = Q_{обр}(C_2H_6) - Q_{обр}(C_2H_4) = 85 - (-52,5) = 137,5 \text{ кДж/моль.}$$

Термохимическое уравнение:



В соответствии с принципом Ле Шателье, для увеличения выхода пропана (смещение равновесия вправо) нужно **уменьшить температуру и увеличить давление.**

4. Исходное давление в реакторе при 25°C (298K) составляет 559,25 мм рт.ст., тогда при 100°C (373K) давление будет равно:

$$p(\text{исх}) = 559,25 \cdot 373/298 = 700 \text{ мм рт.ст. или } 700/750 = 0,933 \text{ бар.}$$

Если исходное давление этилена равно  $a$ , то давление водорода будет  $2,5a$ , получим уравнение  $a + 2,5a = 0,933$ , откуда  $a = p^0(C_2H_4) = 0,267 \text{ бар}$ ,  $p^0(H_2) = 0,667 \text{ бар}$ .

Составим материальный баланс реакции гидрирования этилена через давления в барах:

	$C_2H_4$	+	$H_2$	=	$C_2H_6$
исх. давление, бар	0,267		0,667		0
прореагировало, бар	x		x		
образовалось, бар	$(0,267 - x)$		$(0,667 - x)$		x

Конечное давление при 100°C равно  $520/750 = 0,693 \text{ бар}$ , тогда

$$(0,267 - x) + (0,667 - x) + x = 0,693, \text{ откуда } x = 0,24$$

Равновесные давления веществ:

$$p(C_2H_4) = 0,0267 \text{ бар}, p(H_2) = 0,427 \text{ бар}, p(C_2H_6) = 0,24 \text{ бар.}$$

$$\text{Равновесный выход реакции } \eta = 0,24/0,267 = 0,9 \text{ или } 90\%$$

$$\text{Константа равновесия: } K_p = 0,24 / (0,0267 \cdot 0,427) = 21$$

5. Константу равновесия при 133,9°C (406,9K) рассчитаем, используя уравнение изобары Вант-Гоффа:

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta H (T_2 - T_1)}{RT_1 T_2}, \text{ где } \Delta H = -137000 \text{ Дж/моль – изменение энтальпии реакции гидрирования.}$$

$$\ln \frac{K_{406,9}}{21} = \frac{-137000 (406,9 - 373)}{8,31 \cdot 373 \cdot 406,9}, \text{ откуда } K_{406,9} = 0,53$$

Исходное давление в реакторе при 25°C (298K) составляет 512,66 мм рт.ст., тогда при 133,9°C (406,9K) давление будет равно:

$p(\text{исх}) = 512,66 \cdot 406,9 / 298 = 700$  мм рт.ст. или  $700/750 = 0,933$  бар (как в предыдущем пункте), тогда

$$p^0(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,267 \text{ бар}, p^0(\text{H}_2) = 0,667 \text{ бар}.$$

Составим выражение для константы равновесия:

$$K_p = \frac{x}{(0,267-x)(0,667-x)} = 0,53, \quad \text{откуда} \quad x = 0,0644$$

Равновесные давления веществ:

$$p(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,202 \text{ бар}, p(\text{H}_2) = 0,602 \text{ бар}, p(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,0644 \text{ бар (общее давление} = 0,868 \text{ бар)}.$$

Мольные доли веществ в смеси:

$$\chi(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,202 / 0,868 = \mathbf{23,26\%}$$

$$\chi(\text{H}_2) = 0,602 / 0,868 = \mathbf{69,32\%}$$

$$\chi(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,0644 / 0,868 = \mathbf{7,42\%}$$

### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Молекулярная брутто-формула А	<b>1 б</b>
2	Структурные формулы веществ А – Г	$4 \times 0,5 = \mathbf{2 б}$
3.	Тепловой эффект Q реакции гидрирования	<b>0,5 б</b>
	Термохимическое уравнение	<b>0,5 б</b>
	Характер изменения температуры и давления	$2 \times 0,5 = \mathbf{1 б}$
4.	Парциальные давления веществ при 100°C	$3 \times 0,5 = \mathbf{1,5 б}$
	Равновесный выход реакции при 100°C	<b>0,5 б</b>
	Константа равновесия при 100°C	<b>0,5 б</b>
5.	Константа равновесия при 133,9°C	<b>1 б</b>
	Равновесный состав смеси при 133,9°C	$3 \times 0,5 = \mathbf{1,5 б}$
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

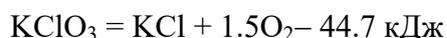
### Задача №10-3

1. Состав бертолетовой соли  $\text{K}_x\text{Cl}_y\text{O}_z$

$$x : y : z = 31,84/39 : 28,98/35,5 : 39,18/16 = 0,816 : 0,816 : 2,448 = 1 : 1 : 3$$

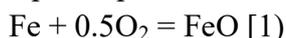
**Бертолетова соль –  $\text{KClO}_3$**

Термохимическое уравнение реакции разложения:



2.  $n(\text{Fe}) = 16,8 / 56 = 0,3$  моль

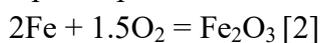
При сгорании железа до оксида железа (II) протекает реакция:



По уравнению реакции  $n(\text{FeO}) = n(\text{Fe}) = 0,3$  моль

В расчете на 1 моль  $\text{FeO} Q_{(1)} = 81,6 / 0,3 = \mathbf{272 \text{ кДж}}$

При сгорании железа до оксида железа (III) протекает реакция:

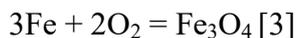


По уравнению реакции  $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,5n(\text{Fe}) = 0,15$  моль

В расчете на 1 моль  $\text{Fe}_2\text{O}_3 Q_{(2)} = (81,6 + 42) / 0,15 = \mathbf{824 \text{ кДж}}$

Железная окалина – смешанный оксид железа  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ( $\omega(\text{O}) = 27,59\%$ )

При сгорании железа до железной окалины протекает реакция:



Нетрудно заметить, что реакция [3] представляет собой сумму реакций [1] и [2], следовательно, ее тепловой эффект

$$Q_{(3)} = Q_{(1)} + Q_{(2)} = 272 + 824 = 1096 \text{ кДж}$$

Термохимическое уравнение:



$$3. n(\text{O}_2) = 1000 / 22.4 = 44.64 \text{ моль}$$

По уравнению разложения  $n(\text{KClO}_3) = n(\text{O}_2) / 1.5 = 29.76 \text{ моль}$

Для разложения этого количества бертолетовой соли требуется

$$Q = 44.7 \times 29.76 = 1330.3 \text{ кДж}$$

Тогда количество вещества железной окалины, при образовании которой выделяется столько же тепла, составляет

$$n = 1330.3 / 1096 = 1.214 \text{ моль}$$

По уравнению [3]  $n(\text{Fe}) = 3n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 3.642 \text{ моль}$

Таким образом, для приготовления хлоратной свечи требуется:

$$m(\text{KClO}_3) = 29.76 \times 122.5 = 3645.6 \text{ г} = 3.646 \text{ кг}$$

$$m(\text{Fe}) = 3.642 \times 56 = 203.95 \text{ г}$$

#### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формула бертолетовой соли	<b>1 б</b>
	Термохимическое уравнение реакции разложения бертолетовой соли	<b>1 б</b>
2	Уравнения реакций сгорания железа до оксидов железа (II) и (III)	$2 \times 0,5 = 1 \text{ б}$
	Тепловые эффекты реакций сгорания железа до оксидов железа (II) и (III)	$2 \times 1 = 2 \text{ б}$
	Тепловой эффект реакции сгорания железа до железной окалины	<b>1 б</b>
	Термохимическое уравнение реакции сгорания железа до железной окалины	<b>1 б</b>
3.	Массы железного порошка и бертолетовой соли	$2 \times 1,5 = 3 \text{ б}$
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

#### Задача № 10-4

1. Судя по описанию, в задаче описаны химические свойства серебра Ag, так как именно для него свойственно на воздухе покрываться черной пленкой сульфида  $\text{Ag}_2\text{S}$ . Проверим это:

$$\omega(\text{Ag}) = 107,87 \times 2 / (107,87 \times 2 + 32) = 0,8708 = 87,08\% \text{ - соответствует условию.}$$

При действии на черный  $\text{Ag}_2\text{S}$  азотной кислоты он превращается в белый сульфат  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ , а при реакции со смесью соляной кислоты и пероксида водорода – в белый хлорид  $\text{AgCl}$ . Растворение хлорида серебра в растворе тиосульфата натрия может приводить к веществам состава  $\text{Na}_x[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_y]$ . Рассчитаем молярные массы, исходя из известных массовых долей:

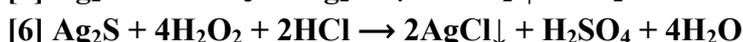
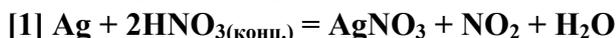
$$M(\Gamma) = 107,87 / 0,2691 = 400,9 \text{ г/моль} - \text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$$

$$M(\Delta) = 107,87 / 0,193 = 558,9 \text{ г/моль} - \text{Na}_5[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]$$

Таким образом,

X	A	Б	В	Г	Д
Ag	Ag <sub>2</sub> S	Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	AgCl	Na <sub>3</sub> [Ag(S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]	Na <sub>5</sub> [Ag(S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ]

2. Уравнения реакций:



3. В кубической гранецентрированной ячейке атомы соприкасаются на диагонали грани (обозначим  $d_{\text{гр}}$ ), то есть  $d_{\text{гр}} = 4r$ . Диагональ грани по теореме Пифагора  $d_{\text{гр}}^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$ , откуда

$$d_{\text{гр}} = a \cdot \sqrt{2} = 4r, \quad r_{\text{ат}} = a \cdot \sqrt{2} / 4 = 408,6 \cdot \sqrt{2} / 4 = 144,5 \text{ пм}$$

Плотность можно найти по формуле:

$$\rho(\text{X}) = \frac{M_{\text{X}} \cdot N_{\text{X}}}{a^3 \cdot N_{\text{A}}}, \text{ где } N - \text{число атомов в одной элементарной ячейке (для гранецентрированной ячейки } N = 4), \text{ то}$$

$$\rho(\text{Ag}) = 107,87 \times 4 / ((4,086 \cdot 10^{-8})^3 \times 6,02 \cdot 10^{23}) = 10,5 \text{ г/см}^3.$$

4. Диссоциация сульфида серебра может быть представлена схемой



исходя из которой  $IP(\text{Ag}_2\text{S}) = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]$

Из уравнения электролитической диссоциации следует  $[\text{Ag}^+] = 2[\text{S}^{2-}]$ ,

тогда  $IP(\text{Ag}_2\text{S}) = (2[\text{S}^{2-}])^2 \cdot [\text{S}^{2-}] = 4[\text{S}^{2-}]^3$ .

Также, из уравнения диссоциации видно, что  $C_{\text{M}}(\text{Ag}_2\text{S}) = [\text{S}^{2-}]$ , то

$$C_{\text{M}}(\text{Ag}_2\text{S}) =$$

Тогда,  $C(\text{S}^{2-}) = [\text{S}^{2-}] = 2,62 \cdot 10^{-17} \text{ моль/л,}$

$$C(\text{Ag}^+) = [\text{Ag}^+] = 2 \times 2,62 \cdot 10^{-17} = 5,24 \cdot 10^{-17} \text{ моль/л,}$$

1 мкг ( $10^{-6}$  г) ионов серебра будет содержаться в объеме раствора:

$$V(\text{р-ра}) = m / (C \times M) = 10^{-6} / (5,24 \cdot 10^{-17} \times 107,87) = 1,77 \cdot 10^8 \text{ л}$$

#### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы X и веществ А–Д	6×0,5 = 3 б
2	Уравнения реакций 1–7	7×0,5 = 3,5 б
3.	Радиус и плотность X	2×1 = 2 б
4	Молярные концентрации ионов	2×0,5 = 1 б
	Объем насыщенного водного раствора	0,5 б
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

1. Обозначим формулу **A** как  $C_xH_y$  (отсутствие в формуле кислорода можно потом доказать расчетом). Тогда схема сгорания будет иметь вид:  $C_xH_y \rightarrow xCO_2 + y/2H_2O$

При температуре  $68.25^\circ C$  ( $341.25K$ ) молярный объем газа будет равен

$$V_m = 22.4 \times 341.25 / 273 = 28 \text{ л/моль}$$

$$n(CO_2) = V / V_m = 22.4 / 28 = 0.8 \text{ моль}, \quad n(C) = n(CO_2) = 0.8 \text{ моль}$$

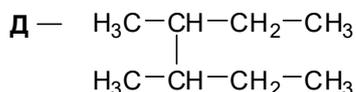
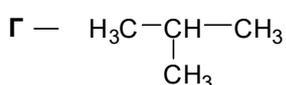
$$n(H_2O) = m / M = 18 / 18 = 1 \text{ моль}, \quad n(H) = 2n(H_2O) = 2 \text{ моль}$$

$$x : y = n(C) : n(H) = 0.8 : 2 = 2 : 5 = 4 : 10$$

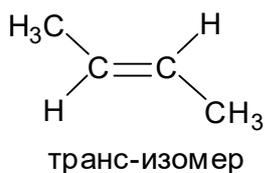
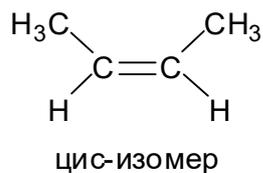
Получаем, что единственным разумным вариантом углеводорода **A** является  $C_4H_{10}$

2. Поскольку **B** имеет *цис*, *транс*-изомеры, то это вещество – бутен-2. Присоединение к нему  $HBr$  приведет к образованию 2-бромбутана (вещество **B**). Реакция 2-бромбутана с натрием (реакция Вюрца) приведет к 3,4-диметилгексану (вещество **D**). Изомеризация бутана при нагревании в присутствии  $AlCl_3$  даст изобутан (2-метилпропан, вещество **Г**).

Таким образом,

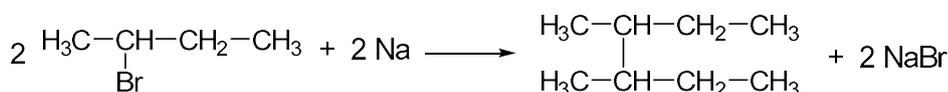
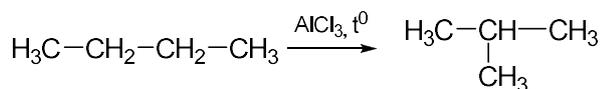
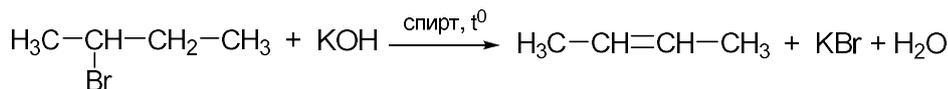
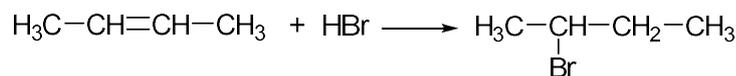
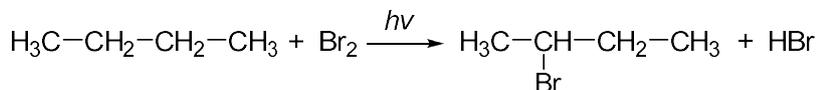
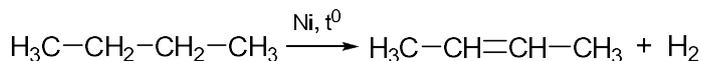
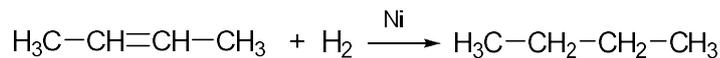


3. Изомеры вещества **B**:



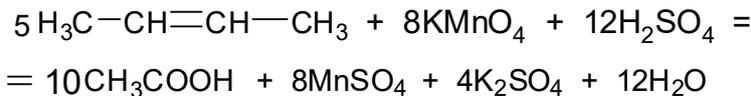
$H_2C=CH-CH_2-CH_3$  изомер положения кратной связи (бутен-1)

4. Уравнения реакций:



\* в реакции 2-бромбутана со спиртовым раствором щелочи может быть указана любая щелочь (NaOH, KOH и др.)

5.



$$n(\text{B}) = V / V_m = 0.56 / 22.4 = 0.025 \text{ моль}$$

$$n(\text{KMnO}_4) = n(\text{B}) \times 8/5 = 0.04 \text{ моль}$$

$$V(\text{KMnO}_4) = n / C = 0.04 / 0.1 = 0.4 \text{ л} = \mathbf{400 \text{ мл}}$$

### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Брутто-формула А	<b>1 б</b>
2	Структурные формулы веществ А–Д	$5 \times 0.5 = \mathbf{2.5 \text{ б}}$
3.	<i>Цис-</i> и <i>транс-</i> изомеры вещества Б	$2 \times 0.5 = \mathbf{1 \text{ б}}$
4.	Уравнения реакций	$7 \times 0.5 = \mathbf{3.5 \text{ б}}$
5.	Уравнение реакции Б с раствором KMnO <sub>4</sub>	<b>1 б</b>
	Объем раствора KMnO <sub>4</sub>	<b>1 б</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

### 2.2.3. Задания 11 класса

#### Задача №11-1

1. Определение металла X:

Предположим, что X – железо Fe.

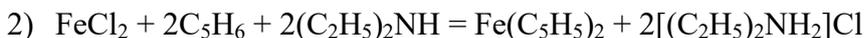
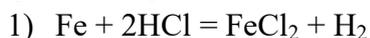
Сделаем проверку:

$$\frac{1 \text{ г}}{55,847 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,0179 \text{ моль}$$

$$V = \frac{0,0179 \times 8,314 \times 293 \times 10^6}{101325} = 430 \text{ мл}$$

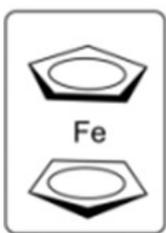
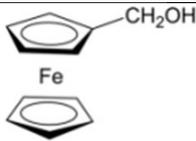
Полученный объем водорода согласуется с условием.

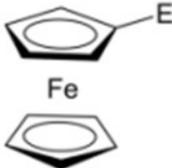
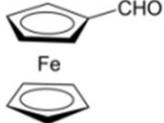
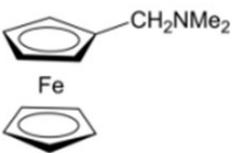
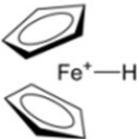
2. Уравнения реакций:



А – ферроцен.

1. Структурные формулы веществ:

<b>A</b>		<b>F</b>	
----------	---	----------	--

<b>B</b>		<b>G</b>	
<b>C</b>		<b>H</b>	
<b>D</b>		<b>I</b>	

**Источник:** Astruc, D. (2017), Why is Ferrocene so Exceptional?. Eur. J. Inorg. Chem., 2017: 6-29. <https://doi.org/10.1002/ejic.201600983>

#### Разбалловка

Вещество X	0,56.
Уравнения реакций 1 и 2	2*0,56. = 16.
Название А	0,56.
Структурные формулы веществ А-І	8*16.= 86.
ИТОГО	106.

#### Задача №11-2

1. Судя по описанию, в задаче описаны химические свойства серебра Ag, так как именно для него свойственно на воздухе покрываться черной пленкой сульфида Ag<sub>2</sub>S. Проверим это:

$$\omega(\text{Ag}) = 107,87 \times 2 / (107,87 \times 2 + 32) = 0,8708 = 87,08\% \text{ - соответствует условию.}$$

При действии на черный Ag<sub>2</sub>S азотной кислоты он превращается в белый сульфат Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, а при реакции со смесью соляной кислоты и пероксида водорода – в белый хлорид AgCl. Растворение хлорида серебра в растворе тиосульфата натрия может приводить к веществам состава Na<sub>x</sub>[Ag(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>y</sub>]. Рассчитаем молярные массы, исходя из известных массовых долей:

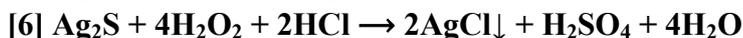
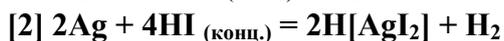
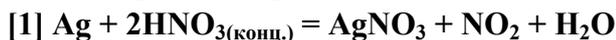
$$M(\Gamma) = 107,87 / 0,2691 = 400,9 \text{ г/моль} - \text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$$

$$M(\text{Д}) = 107,87 / 0,193 = 558,9 \text{ г/моль} - \text{Na}_5[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]$$

Таким образом,

X	A	Б	В	Г	Д
Ag	Ag <sub>2</sub> S	Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	AgCl	Na <sub>3</sub> [Ag(S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]	Na <sub>5</sub> [Ag(S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ]

2. Уравнения реакций:



3. В кубической гранецентрированной ячейке атомы соприкасаются на диагонали грани (обозначим  $d_{\text{гр}}$ ), то есть  $d_{\text{гр}} = 4r$ . Диагональ грани по теореме Пифагора  $d_{\text{гр}}^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$ , откуда

$$d_{\text{гр}} = a \cdot \sqrt{2} = 4r, \quad r_{\text{ат}} = a \cdot \sqrt{2} / 4 = 408,6 \cdot \sqrt{2} / 4 = 144,5 \text{ пм}$$

Плотность можно найти по формуле:

$$\rho(\text{X}) = \frac{M_{\text{X}} \cdot N_{\text{X}}}{a^3 \cdot N_{\text{A}}}, \text{ где } N - \text{число атомов в одной элементарной ячейке (для гранецентрированной ячейки } N = 4), \text{ то}$$

ванной ячейки  $N = 4$ ), то

$$\rho(\text{Ag}) = 107,87 \times 4 / ((4,086 \cdot 10^{-8})^3 \times 6,02 \cdot 10^{23}) = 10,5 \text{ г/см}^3.$$

4. Диссоциация сульфида серебра может быть представлена схемой



исходя из которой  $IP(\text{Ag}_2\text{S}) = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]$

Из уравнения электролитической диссоциации следует  $[\text{Ag}^+] = 2[\text{S}^{2-}]$ ,

тогда  $IP(\text{Ag}_2\text{S}) = (2[\text{S}^{2-}])^2 \cdot [\text{S}^{2-}] = 4[\text{S}^{2-}]^3$ .

Также, из уравнения диссоциации видно, что  $C_{\text{M}}(\text{Ag}_2\text{S}) = [\text{S}^{2-}]$ , то

$$C_{\text{M}}(\text{Ag}_2\text{S}) =$$

$$\text{Тогда, } C(\text{S}^{2-}) = [\text{S}^{2-}] = 2,62 \cdot 10^{-17} \text{ моль/л,}$$

$$C(\text{Ag}^+) = [\text{Ag}^+] = 2 \times 2,62 \cdot 10^{-17} = 5,24 \cdot 10^{-17} \text{ моль/л,}$$

1 мкг ( $10^{-6}$  г) ионов серебра будет содержаться в объеме раствора:

$$V(\text{р-ра}) = m / (C \times M) = 10^{-6} / (5,24 \cdot 10^{-17} \times 107,87) = 1,77 \cdot 10^8 \text{ л}$$

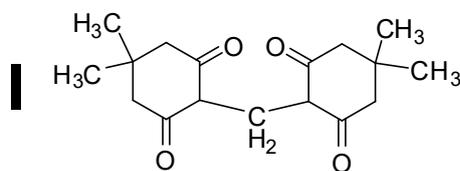
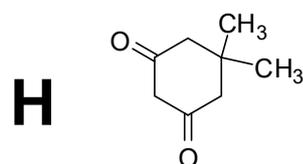
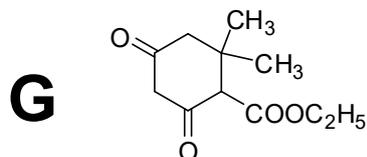
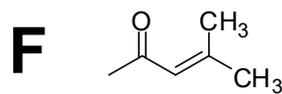
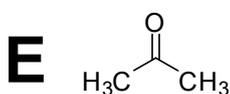
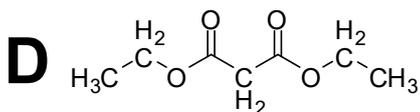
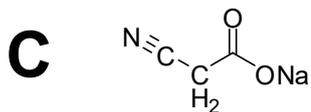
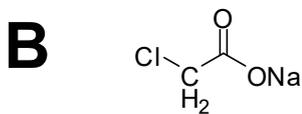
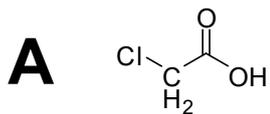
#### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы X и веществ А–Д	<b>6×0,5 = 3 б</b>
2	Уравнения реакций 1–7	<b>7×0,5 = 3,5 б</b>
3.	Радиус и плотность X	<b>2×1 = 2 б</b>
4	Молярные концентрации ионов	<b>2×0,5 = 1 б</b>
	Объем насыщенного водного раствора	<b>0,5 б</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

#### Задача № 11-3

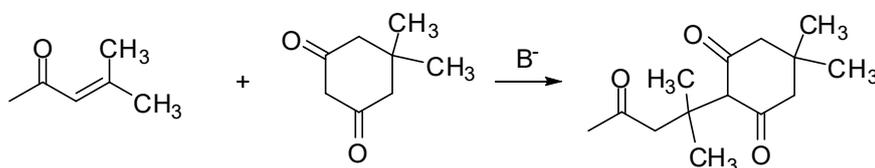
1. Вещество А – монохлоруксусная кислота, вещество Е – ацетон, т.к. фенол нельзя получить пиролизом ацетатов щелочноземельных металлов.

В таком случае вещества **A–H** имеют следующие формулы:

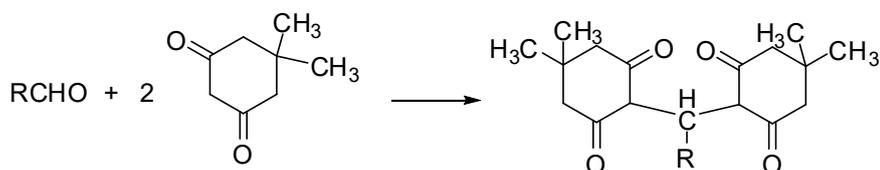


2. Второе соединение, получаемое кумольным способом – фенол

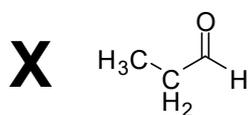
3. Реакция Михаэля между веществами **H** и **F**:



4. Исходя из структуры **I**, взаимодействие **X** и **Y** будет протекать по схеме:



Молярную массу неизвестного альдегида можно выразить как  $(R+29)$  г/моль, а молярную массу продукта реакции –  $(R+291)$  г/моль. Тогда получим уравнение:  $0,58/(R+29) = 3,2/(R+291)$ , откуда  $R = 29$  г/моль, что соответствует группе  $C_2H_5$ . Следовательно, формулы неизвестных веществ:



## Разбалловка

1	Структурные формулы А-Е, Структурные формулы Ни I	5×0,5 б = 2,5 б 4×1 б = 4 б
2	Структурная формула фенола	0,5 б
3	Структурная формула продукта	1 б
4	Структурные формулы X и Y (без расчета баллы снижаются вдвое)	2×1 б = 2 б
	ИТОГО	10 б

## Задача №11-4

1. Рассчитаем молярную массу газа В:

$$M(B) = 1,96 \times 22,4 = 44 \text{ г/моль.}$$

Такую молярную массу имеют  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ . Последние два газа не могут выделяться при разложении природных минералов в качестве единственного газообразного продукта, поэтому В – углекислый газ.

Если предположить, что при разложении на 1 моль А выделяется 1 моль В, то

$$M(A) = 44/0,44 = 100 \text{ г/моль} - \text{это карбонат кальция.}$$

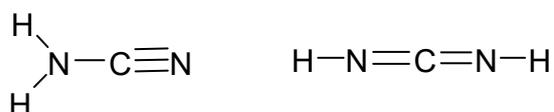
Твердый продукт при разложении карбоната кальция – это оксид кальция. При нагревании оксида кальция с углем образуется карбид  $\text{CaC}_2$ , который при гидролизе дает ацетилен  $\text{C}_2\text{H}_2$  - легковоспламеняющийся газ G. При длительном нагревании  $\text{CaC}_2$  в атмосфере азота при 1000–1100°C он превращается в цианамид кальция  $\text{CaCN}_2$ . При гидролизе цианамида кальция сначала образуется свободный цианамид  $\text{NH}_2\text{CN}$  (M), который далее гидролизуется в мочевины или карбамид  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  (L). Впервые в лаборатории мочевины была получена при изомеризации цианата (изоцианата) аммония  $\text{NH}_4\text{OCN}$ . При действии на мочевины метиламином образуется N-метилмочевина (Q), которая при обработке нитритом натрия в кислой среде превращается в N-нитрозометилмочевину (R). При разложении в щелочной среде N-нитрозометилмочевину выделяет диазометан  $\text{CH}_2\text{N}_2$  (S)

Формулы веществ:

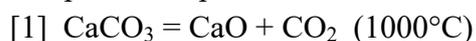
A	B	D	E	G	L	M
$\text{CaCO}_3$	$\text{CO}_2$	$\text{CaO}$	$\text{CaC}_2$	$\text{C}_2\text{H}_2$	$\text{CaCN}_2$	$\text{NH}_2\text{CN}$

N	O	P	Q	R	S
$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	$\text{NH}_4\text{OCN}$ $(\text{NH}_4\text{NCO})$	$\text{NH}_3$	$\text{H}_3\text{C}-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{NO}}{\underset{\text{O}}{\parallel}}{\text{N}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$	$\text{CH}_2\text{N}_2$

Структурные формулы изомеров M:



2. Уравнения реакций:



- [3]  $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$   
 [4]  $\text{CaC}_2 + \text{N}_2 = \text{CaCN}_2 + \text{C}$   
 [5]  $\text{CaCN}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{NH}_2\text{CN} + \text{Ca}(\text{OH})_2$   
 [6]  $\text{NH}_2\text{CN} + \text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_2)_2\text{CO}$   
 [7]  $\text{NH}_4\text{OCN} = (\text{NH}_2)_2\text{CO}$   
 [8]  $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2\text{NH}_3$

3. Ученый, осуществивший синтез мочевины из цианата (изоцианата) аммония – Велер.

4. Анализ кристаллической решетки  $\text{CaC}_2$ :

Рассмотрим кристаллическую решетку типа NaCl с параметром  $a$  (см. рисунок справа). Пусть, зеленые шарики – это ионы кальция. Кратчайшее расстояние между катионами кальция обозначим за  $L$ . Из рисунка видно, что  $L = \sqrt{2} \times a/2$ .

Определим параметр  $a$ :

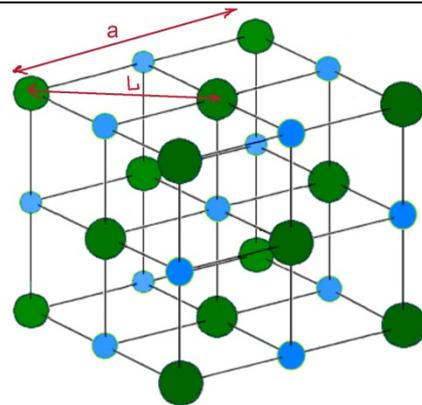
$$a = \sqrt[3]{\frac{M \cdot Z}{\rho \cdot N_A}}, \text{ где } M \text{ – молярная масса } \text{CaC}_2 \text{ (64 г/моль), } Z \text{ – количество формульных единиц в ячейке (в нашем случае } Z = 4)$$

$$a = \sqrt[3]{\frac{64 \cdot 4}{2,22 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}} = 5,76 \cdot 10^{-8} \text{ см} = 5,76 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 5,76 \text{ \AA} = 576 \text{ пм}$$

пм

Расстояние между катионами кальция:

$$L = \sqrt{2} \times 576/2 = 407 \text{ пм} = 4,07 \text{ \AA} = 4,07 \cdot 10^{-8} \text{ см} = 4,07 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

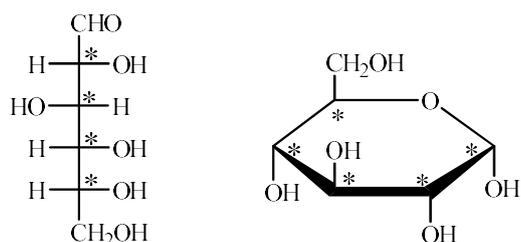


### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ <b>A–P</b> Формулы веществ <b>Q, R, S</b> Структурные формулы <b>M</b>	$10 \times 0,25 = 2,5 \text{ б}$ $3 \times 0,5 = 1,5 \text{ б}$ $2 \times 0,25 = 0,5 \text{ б}$
2	Уравнения реакций 1–8	$8 \times 0,5 = 4 \text{ б}$
3.	Фамилия ученого	<b>0,5 б</b>
4	Расстояние между двумя катионами в <b>E</b>	<b>1 б</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

### Задача №11-5

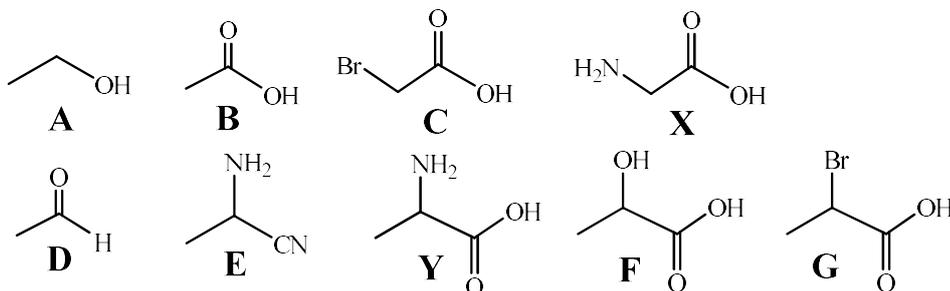
1. Структурные формулы открытой и циклической форм глюкозы:



В открытой форме глюкоза содержит 4 хиральных центра, но при образовании циклической формы возникает дополнительный центр хиральности, поэтому суммарно в циклической

ской форме глюкозы 5 хиральных центров (указаны звездочками на проекционных формулах).

## 2. Структурные формулы веществ:



Тривиальные названия:

**X**– глицин      **Y**– аланин

3. Реагенты, с помощью которых можно различить глюкозу и аминокислоты глицин и аланин (засчитывается любой из вариантов):

1) Гидроксид меди  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  или реактивы Фелинга/Бенедикта-Фелинга (тарtratные или цитратные комплексы меди II)

Голубой осадок  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  растворяется в них с образованием **растворов василькового цвета**, но при последующем **нагревании** только в растворе глюкозы образуется **кирпично-красный осадок  $\text{Cu}_2\text{O}$** .

2) Гидроксид диамминсеребра – реактив Толленса  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$  (старое название – аммиачный раствор оксида серебра).

При нагревании глюкозы с данным реактивом протекает реакция «серебряного зеркала» - на стенках пробирки / колбы образуется блестящий налет металлического серебра. Глицин и аланин данную реакцию не дают.

### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Структурные формулы открытой и циклической форм глюкозы	$2 \times 1 = 2 \text{ б}$
	Число хиральных центров	$2 \times 0,5 = 1 \text{ б}$
2	Структурные формулы веществ <b>A–G</b> , <b>X</b> и <b>Y</b>	$9 \times 0,5 = 4,5 \text{ б}$
	Тривиальные названия веществ <b>X</b> и <b>Y</b>	$2 \times 0,5 = 1 \text{ б}$
3.	Формула реагента	<b>0,5 б</b>
	Признаки реакций	<b>1 б</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

## 2.3. Критерии оценивания заданий Экспериментального тура

### 2.3.1. Задание 9 класса

1. Вещество **X** – это хромат свинца, что можно подтвердить, вычислив массовую долю хрома:

$$w(\text{Cr}) = \frac{A_r(\text{Cr})}{M(\text{PbCrO}_4)} = \frac{52}{207 + 52 + 4 \cdot 16} \cdot 100 = 16,10\%.$$

Таким образом, реакция получения X



2. Практический выход хромата свинца можно вычислить как отношение массы практически полученного хромата свинца ( $m_{\text{практ}}$ ) к максимально возможной массе хромата свинца, которая может быть получена из данного количества исходных компонентов ( $m_{\text{теор}}$ ):

$$\eta = \frac{m_{\text{практ}}}{m_{\text{теор}}} \cdot 100\% .$$

Максимально возможную массу хромата свинца рассчитаем по уравнению (1) по исходному компоненту, который взят в недостатке:

$$n_{(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}} = \frac{4,0}{325} = 0,0123 \text{ моль},$$

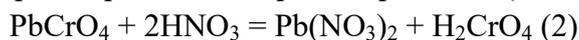
$$n_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{5,0}{294} = 0,0170 \text{ моль}.$$

То есть ацетат свинца взят в недостатке, поэтому

$$n_{\text{PbCrO}_4} = n_{(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}} = 0,0123 \text{ моль},$$

$$m_{\text{PbCrO}_4} = 0,0123 \cdot 323 = 3,97 \text{ г}.$$

3. При действии на хромат свинца раствора азотной кислоты происходит его растворение с образованием оранжевого раствора за счет окраски хромовой (или дихромовой кислоты)\*:



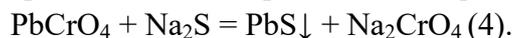
\* допускается в качестве продукта указывать дихромовую кислоту или гидрохромат свинца.

Аналогичная реакция протекает и при взаимодействии хромата свинца с хлороводородной кислотой. Однако, так как хлорид свинца, как и хромат является малорастворимым, то происходит реакция переосаждения и образуется белый осадок хлорида свинца:

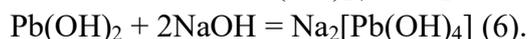
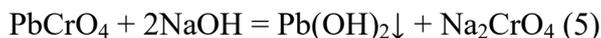


В силу того, что растворимость хлорида свинца больше, чем хромата свинца, переосаждение протекает только при достаточном избытке хлороводородной кислоты.

В силу меньшей растворимости сульфида свинца при действии раствора сульфида натрия на хромат свинца происходит переосаждение с образованием черного осадка:



Действие гидроксида натрия на хромат свинца приводит к образованию белого осадка гидроксида свинца, который может растворяться при добавлении значительного избытка раствора гидроксида натрия:



### Разбалловка

Определение вещества X (без подтверждения расчетом – 1 б)	2 б.
Написание уравнения (1)	2 б.
Расчет практического выхода хромата свинца (вывод формулы для расчета и расчет максимально возможной массы $\text{PbCrO}_4$ )	3 б.
Написание уравнений (2)–(6) и указание визуальных эффектов	5 x 2 б. = 10 б.
Оценка элементарных навыков экспериментальной работы	3 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>20 б.</b>

## 2.3.2. Задание 10 класса

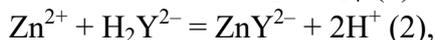
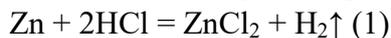
1. Для устранения мешающего влияния присутствующих в растворе посторонних ионов можно использовать различные методы, основанные на осаждении, изменении степени окисления или перевода мешающего иона в устойчивое комплексное соединение. Приведем примеры:

- мешающие ионы можно связать в устойчивые анионные комплексные соединения, например при добавлении фторид-ионов железо (III) образует устойчивый комплекс состава  $\text{FeF}_6^{3-}$ , что позволяет исключить влияние железа на определение ионов металлов образующих малоустойчивые фторидные комплексы.

- мешающий ион можно окислить или восстановить до соединения, которое не будет реагировать с титрантом. Например, для устранения влияния хрома (III) его окисляют до хромат-иона.

- мешающие ионы можно перевести в малорастворимые соединения. Так при комплексонометрическом определении кальция магний осаждают в виде гидроксида за счет создания сильнощелочной среды добавлением гидроксида натрия.

2. В основе метода определения цинка лежат следующие реакции, где  $\text{H}_2\text{Y}^{2-}$  – анион ЭДТА:



Так как цинк и ЭДТА реагируют между собой в мольном соотношении 1 : 1 можем записать:

$$n(\text{Zn}) = n(\text{ЭДТА}) = C(\text{ЭДТА}) \cdot V(\text{ЭДТА}),$$

где  $C(\text{ЭДТА})$  – молярная концентрация раствора ЭДТА, моль/л;

$V(\text{ЭДТА})$  – средний объем раствора ЭДТА, затраченный на титрование, л.

Тогда массу навески цинка можем вычислить по следующей формуле:

$$m(\text{Zn}) = C(\text{ЭДТА}) \cdot V(\text{ЭДТА}) \cdot M(\text{Zn}) \cdot P,$$

где  $C(\text{ЭДТА})$  – молярная концентрация раствора ЭДТА, моль/л;

$V(\text{ЭДТА})$  – средний объем раствора ЭДТА, затраченный на титрование, л;

$M(\text{Zn})$  – молярная масса цинка, г/моль;

$P$  – разбавление, равное отношению объема мерной колбы (100 мл) к объему пипетки (10 мл).

С учетом того, что исследуемый металл может содержать примеси, массу навески можем вычислить следующим образом:

$$m(\text{навески}) = \frac{m(\text{Zn}) \cdot 100}{w(\text{Zn})},$$

где  $w(\text{Zn})$  – массовая доля цинка в анализируемом металле, %.

## Разбалловка

Указание методов маскирования, которые могут использоваться при комплексонометрическом титровании (2 метода по 2 балла, без конкретных примеров – по 1 баллу)	2 x 2 б = 4 б.
Вывод формулы и проведение расчетов массы выданной навески (безотносительно точно расчетов)	4 б.
Оценка результата проведенного анализа (по абсолютной ошибке определения массы навески, $\Delta m$ ): при $\Delta m < 0,005$ г – 12 б; если $\Delta m > 0,005$ г, то за каждые 0,005 г ошибки оценка снижается на 1 б. при $\Delta m > 0,06$ г – 0 б.	12 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>20 б.</b>

### 2.3.3. Задание 11 класса

При титровании раствора смеси карбоната и гидрокарбоната в присутствии фенолфталеина в реакцию с хлороводородной кислотой вступает только карбонат, при этом происходит образование гидрокарбоната:



При последующем титровании в присутствии метилового оранжевого гидрокарбонаты реагируют с хлороводородной кислотой с образованием хлоридов (M и N – катионы одновалентных металлов):



Таким образом, объем хлороводородной кислоты, затраченный на титрование с фенолфталеином (обозначим его  $V_1$ ) пропорционален половине количества молей карбоната металла, то есть:

$$n(M_2CO_3) = 0,5 \cdot C(HCl) \cdot V_1.$$

Если обозначить общий объем титранта, затраченный на титрование с фенолфталеином и метиловым оранжевым как  $V_2$ , то количество молей карбоната будет равно:

$$n(NHCO_3) = C(HCl) \cdot (V_2 - 2V_1).$$

Зная массу навески, взятую для приготовления раствора, можем составить уравнение:

$$n(M_2CO_3) \cdot M(M_2CO_3) \cdot 10 + n(NHCO_3) \cdot M(NHCO_3) \cdot 10 = m_{\text{навески}},$$

где 10 – разбавление, равное отношению объема мерной колбы (100 мл) к объему пипетки (10 мл).

Подставив результаты титрования и выразив атомные массы металлов, получим уравнение с двумя неизвестными:

$$5 \cdot C(HCl) \cdot V_1 \cdot [2A_r(M) + 60] + 10 \cdot C(HCl) \cdot [V_2 - 2V_1] \cdot [A_r(N) + 61] = m_{\text{навески}}.$$

Так как растворимыми являются только карбонаты щелочных металлов методом перебора можно установить металлы M и N (это может быть литий, натрий или калий).

Определив катионы металлов, которыми образован карбонат и гидрокарбонат можем рассчитать их массы в навеске и массовую долю карбоната:

$$m(M_2CO_3) = 0,5 \cdot C(HCl) \cdot V_1 \cdot M(M_2CO_3) \cdot 10;$$

$$m(NHCO_3) = C(HCl) \cdot (V_2 - 2V_1) \cdot M(NHCO_3) \cdot 10;$$

$$w(M_2CO_3) = \frac{m(M_2CO_3)}{m_{\text{навески}}} \cdot 100\%.$$

#### Разбалловка

Вывод формул и определение способа расчета относительных атомных масс катионов (безотносительно точности расчета)	3 б.
Вывод формул и расчет массы карбоната металла и его массовой доли в смеси (безотносительно точности расчета)	3 б.
Верное определение катионов в карбонате и гидрокарбонате	2 x 2 б. = 4 б.
Оценка результата проведенного анализа (по относительной ошибке определения массы карбоната металла, x): при $x < 5\%$ – 10 б. если $x > 5\%$ , то за каждые 5% ошибки оценка снижается на 1 б. при $x > 50\%$ – 0 б.	10 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>20 б.</b>

### 3. ЗАДАНИЯ ПЕРВОГО (ОТБОРОЧНОГО) ЭТАПА

Для проведения тренировочного тура олимпиады использовали задания прошлых лет

#### 3.1 Задания Интернет-тура

Интернет-тур проходил в режиме on-line с использованием электронной площадки <http://ege.psu.ru> Пермского государственного национального исследовательского университета. Время выполнения заданий – 3 часа.

##### 3.1.1. Задания 9 класса

1. Из приведенных ответов выберите эмульсии:
  1. Чай
  2. Молоко
  3. Майонез
  4. Раствор хлорида натрия
  5. Дым
  6. Сливочное масло
2. Выберите НЕрадиоактивные изотопы:
  1. Протий
  2. Тритий
  3. Хлор-36
  4. Дейтерий
3. В зубную пасту в качестве источника фтора добавляют:
  1. Фтор
  2. Фторид натрия
  3. Фторapatит
  4. Фторид серебра
4. Определите соль серебра, содержание азота в которой 8,24%. Ответ напишите формулой, например  $\text{BaSO}_4$ .
5. Отметьте те вещества, растворы которых окрасятся в розовый цвет при прибавлении метилового оранжевого:
  1. Гидрокарбонат натрия
  2. Соляная кислота
  3. Хлорид натрия
  4. Хлорид титана
  5. Нитрат ртути (+2)
  6. Йодид натрия
6. Выберите ионы, которые можно определить прибавлением раствора сульфида натрия:
  1.  $\text{Li}^+$
  2.  $\text{Cu}^{2+}$
  3.  $\text{SO}_4^{2-}$
  4.  $\text{Cl}^-$
  5.  $\text{Co}^{2+}$
  6.  $\text{H}^+$

7. Какую степень окисления имеет кислород в продукте сгорания натрия на воздухе? (Например, +2)
8. Укажите какие частицы имеют одинаковое число электронов на внешнем уровне:
1.  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$
  2.  $\text{Ge}^{4+}$ ,  $\text{K}^+$
  3.  $\text{N}^{+3}$ ,  $\text{O}^{-2}$
  4.  $\text{He}^0$ ,  $\text{Xe}^{+6}$
9. Известно, что гидроксид бария тоже является щелочью, расставьте коэффициенты в уравнении реакции:  $\text{NaMnO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow$ . (В ответе запишите сумму коэффициентов, например 18)
10. В раствор нитрата серебра ( $V=150$  мл,  $\rho=1.024$  г/мл,  $\omega=5\%$ ) поместили медную пластинку массой 5 г. Через некоторое время ее достали, в оставшемся растворе ( $V=150$  мл,  $\rho=1.03$  г/мл), содержание соли меди оказалось 2,75%. Рассчитайте массу медной пластинки после нахождения в растворе. Ответ укажите в граммах и округлите до сотых, например, 10,25.
11. При электролизе водного раствора смеси нитратов металлов А и Б (с.о. +2) массой 3 г на катоде получена смесь металлов. После отделения смеси металлов от катода и нагревания при  $70^\circ\text{C}$  масса смеси уменьшилась на 59,3%, при этом остался порошок светло-серого цвета. После растворения его в азотной кислоте и прибавлении избытка раствора хлорида натрия был получен творожистый осадок массой 1,013 г.
1. Укажите название металла, который остался после нагревания. (Например, Cu)
  2. Напишите уравнение электролиза нитрата металла, который улетучился при нагревании. В ответе укажите сумму коэффициентов, например 15.
  3. Рассчитайте массовую долю нитрата металла А в смеси. Ответ укажите в процентах и округлите до целых, например, 95.
  4. Рассчитайте массовую долю металла Б в его нитрате. Ответ укажите в процентах и округлите до десятых, например, 59,5%.
- 12.
- $$\text{A} \xrightarrow{+\text{HCl}} \text{B} \xrightarrow{+\text{O}_2 \text{ нед.}} \text{C} \xrightarrow{+\text{Na}_2\text{SO}_3} \text{D} \xrightarrow{+\text{X}} \text{E}$$
1. Известно, что все вещества содержат серу, при этом вещество А содержит еще 63,6% железа. Напишите формулу вещества А, например,  $\text{BaSO}_3$ .
  2. Укажите массовую долю серы в веществе С с точностью до целых. Например, 60.
  3. Укажите степени окисления серы в соединении D, например -3+3.
  4. При добавлении вещества X образуется вещество E с массовой долей серы на 6,9% больше, чем в D. Укажите формулу вещества E, например  $\text{BaSO}_4$ .
13. Через раствор 10 г медного купороса в 200 мл воды пропускали электрический ток до обесцвечивания раствора.
1. Установите массу металла, выделившегося на катоде. Ответ укажите в граммах и округлите до сотых, например, 10,25.
  2. Напишите название выделившегося газа, например, хлор.
  3. Какие вещества остались в растворе после электролиза за исключением воды, например гидроксид натрия, углекислый газ.
  4. Раствор после электролиза разбавили до 500 мл, установите концентрацию (моль/л) катионов водорода в полученном растворе. Ответ укажите в моль/л и

округлите до сотых, например, 10,25.

14. В современном мире даже еду можно разогреть с помощью химической реакции. Представим ситуацию, что вам необходимо заварить чай, однако в вашем распоряжении только вода и негашеная известь.
1. Напишите уравнение реакции, которую необходимо провести. В ответе укажите сумму коэффициентов, например, 22.
  2. Известно, что стандартные энтальпии образования  $\Delta H^0(\text{CaO}) = -635,09$  кДж/моль,  $\Delta H^0(\text{H}_2\text{O}) = -285,83$  кДж/моль,  $\Delta H^0(\text{Ca}(\text{OH})_2) = -985,12$  кДж/моль. Укажите теплоту, которая выделится при реакции исходных веществ (1 моль каждого). Ответ укажите в кДж и округлите до десятых, например, 25,2.
  3. Для нагревания 1 литра воды до необходимой температуры необходимо затратить 420 кДж, какую массу негашеной извести необходимо взять для приготовления 1 кружки чая (350 мл). Ответ укажите в граммах и округлите до целых, например, 95.
  4. Укажите общий объем воды (чай+подогрев), необходимой для приготовления 1 кружки чая. Ответ укажите в миллилитрах и округлите до целых, например, 95.
15. Вещество А можно получить из вещества Х пропусканием через него электрического тока. Известно, что Х, в отличие от А, не реагирует с раствором йодида калия. В природе вещество А образуется в верхних слоях атмосферы и защищает нас от ультрафиолетового излучения.
1. Укажите название вещества Х, например, бром.
  2. Укажите формулу вещества А, например,  $\text{Br}_2$ .
  3. Напишите уравнение превращения Х в А под действием электрического тока, в ответе укажите сумму коэффициентов, например, 22.
  4. Напишите уравнение взаимодействия А с водным раствором йодида калия. В ответе укажите сумму коэффициентов, например, 22.

### 3.1.2 Задания 10 класса

1. Из приведенных ответов выберите аэрозоли:
  1. Воздух
  2. Смог
  3. Майонез
  4. Раствор хлорида натрия
  5. Дым
  6. Туман
2. Выберите НЕрадиоактивные изотопы:
  1. Дейтерий
  2. Тритий
  3. Хлор-36
  4. Хлор-37
3. В качестве белого красителя в пищевой промышленности используют:

1. Диоксид титана
  2. Измельченный хлорид натрия
  3. Бензоат натрия
  4. Диоксид свинца
4. Определите натриевую соль одноосновной неорганической кислоты, содержание азота в которой 64,62%. Ответ напишите формулой, например  $\text{BaSO}_4$ .
5. Отметьте те вещества, растворы которых окрасятся в розовый цвет при прибавлении фенолфталеина:
1. Хлорид натрия
  2. Соляная кислота
  3. Карбонат натрия
  4. Сульфит натрия
  5. Нитрат ртути (+2)
  6. Йодид натрия
6. Выберите вещества, которые можно определить прибавлением раствора брома:
1.  $\text{LiCl}$
  2. Ацетилен
  3. Бензол
  4.  $\text{NaI}$
  5.  $\text{CaCO}_3$
  6.  $\text{CH}_4$
7. Какую степень окисления имеет кислород в продукте зеленого цвета, образующемся при прибавлении смеси порошков гидрокарбоната натрия и медного купороса к горячей воде? (Например, +2)
8. Укажите, какие вещества имеют одинаковое число электронов:
1.  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{D}_2\text{O}$
  2.  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CD}_4$
  3.  $\text{CF}_3\text{Cl}$ ,  $\text{VCl}_3$
  4.  $\text{D}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$
  5.  $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{F}_8$
  6.  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{OF}_2$
9. Известно, что гидроксид бария тоже является щелочью, расставьте коэффициенты в уравнении реакции:  $\text{NaMnO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow$ . (В ответе запишите сумму коэффициентов, например 18)
10. Циклоалкан массой 2 г полностью прореагировал с бромной водой при облучении УФ. Известно, что при этом образовался монобромциклоалкан в виде отдельного слоя. При прибавлении к водному слою раствора нитрата серебра образовалось 4,48 г светло-желтого осадка. В ответе укажите формулу циклоалкана, например  $\text{C}_4\text{H}_8$ .
11. При электролизе водного раствора смеси нитратов металлов А и Б(с.о. +2) массой 3 г на катоде получена смесь металлов. После отделения смеси металлов от катода и нагревания при  $70^\circ\text{C}$  масса смеси уменьшилась на 59,3%, при этом остался порошок светло-серого цвета. После растворения его в азотной кислоте и прибавлении избытка раствора хлорида натрия был получен творожистый осадок массой 1,013 г.
1. Укажите название металла, который остался после нагревания. (Например,  $\text{Cu}$ )
  2. Напишите уравнение электролиза нитрата металла, который улетучился при на-

гревании. В ответе укажите сумму коэффициентов, например 15.

3. Рассчитайте массовую долю нитрата металла А в смеси. Ответ укажите в процентах и округлите до целых, например, 95.
4. Рассчитайте массовую долю металла Б в его нитрате. Ответ укажите в процентах и округлите до десятых, например, 59,5%.



1. Известно, что все вещества содержат серу, при этом вещество А содержит еще 63,6% железа. Напишите формулу вещества А, например,  $BaSO_3$ .
  2. Укажите массовую долю серы в веществе С с точностью до целых. Например, 60.
  3. Укажите степени окисления серы в соединении D, например -3+3.
  4. При добавлении вещества X образуется вещество E с массовой долей серы на 6,9% больше, чем в D. Укажите формулу вещества E, например  $BaSO_4$ .
13. К раствору бромоводородной кислоты ( $V=150$  мл,  $\rho=1.024$  г/мл,  $\omega=10\%$ ) добавили твердое вещество А массой 3 г, при этом выделился газ, дающий красный осадок с  $[Cu(NH_3)_2]Cl$ .
1. Укажите формулу выделяющегося газа, например,  $C_3H_8$ .
  2. Напишите название соли, образовавшейся в растворе, если известно, что она окрашивает пламя в кирпично-красный цвет. Например, хлорид натрия.
  3. Вычислите массу выделившегося газа. Ответ укажите в граммах и округлите до сотых, например, 10,25.
  4. Вычислите массовую долю соли в растворе. Ответ укажите в процентах и округлите до целых, например, 95.
14. В современном мире даже еду можно разогреть с помощью химической реакции. Представим ситуацию, что вам необходимо заварить чай, однако в вашем распоряжении только вода и негашеная известь.
1. Напишите уравнение реакции, которую необходимо провести. В ответе укажите сумму коэффициентов, например, 22.
  2. Известно, что стандартные энтальпии образования  $\Delta H^0(CaO)=-635.09$  кДж/моль,  $\Delta H^0(H_2O)=-285,83$  кДж/моль,  $\Delta H^0(Ca(OH)_2)=-985,12$  кДж/моль. Укажите теплоту, которая выделится при реакции исходных веществ (1 моль каждого). Ответ укажите в кДж и округлите до десятых, например, 25,2.
  3. Для нагревания 1 литра воды до необходимой температуры необходимо затратить 420 кДж, какую массу негашеной извести необходимо взять для приготовления 1 кружки чая (350 мл). Ответ укажите в граммах и округлите до целых, например, 95.
  4. Укажите общий объем воды (чай+подогрев), необходимой для приготовления 1 кружки чая. Ответ укажите в миллилитрах и округлите до целых, например, 95.
15. Вещество А используют в качестве антисептического средства. При сжигании 5 г вещества А образуется углекислый газ объемом 284 мл (н.у.), 0,11 мл воды (н.у.) и фиолетовые пары вещества X (масса вещества X 4,84 г).
1. Укажите формулу вещества X, например,  $CH_4$ .
  2. Напишите уравнение реакции горения А, в ответе укажите сумму коэффициентов, например, 22.

3. Укажите тривиальное название вещества А, например, Негашеная известь.
4. Вещество А можно получить при реакции ацетона с йодом в растворе гидроксида натрия. В ответе укажите сумму коэффициентов в этом уравнении реакции.

### 3.1.3 Задания 11 класса

1. Из приведенных ответов выберите способы выделить воду из смеси белка и воды:
  1. Перегонка
  2. Фильтрация через вату
  3. Обратный осмос
  4. Электролиз
2. Выберите элементы, у которых НЕТ стабильных изотопов:
  1. Бром
  2. Калий
  3. Уран
  4. Ливерморий
3. В качестве разрыхлителя добавляют:
  1. Карбонат кальция
  2. Хлорид аммония
  3. Гидрокарбонат натрия
  4. Крахмал
4. Определите натриевую соль одноосновной кислоты, содержание натрия в которой 18,55%. Ответ напишите формулой, например  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .
5. Отметьте те вещества, растворы которых не изменят цвет при прибавлении фенолфталеина:
  1. Хлорид натрия
  2. Соляная кислота
  3. Карбонат натрия
  4. Сульфит натрия
  5. Нитрат ртути (+2)
  6. Йодид натрия
6. Выберите вещества, которые можно определить прибавлением раствора сульфата меди:
  1.  $\text{LiCl}$
  2. Ацетилен
  3. Бензол
  4.  $\text{NaI}$
  5.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
  6.  $\text{BaCl}_2$
7. Укажите степень окисления хрома в продукте, образующемся при выдерживании раствора хлорида хрома (+3) в соляной кислоте с цинком. (Например, +6)
8. Укажите класс органического соединения, если известно, что его молекулярная масса 32 Да, при этом оно содержит 18ē. (Например, Фенолы)
9. При озонлизе 2,3-диметилпент-2-ена могут быть получены:

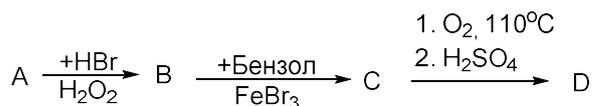
1. Пропионовая кислота
2. Ацетон
3. Бутан-2-он
4. Масляная кислота

10. Циклоалкан массой 2 г полностью прореагировал с бромной водой при облучении УФ. Известно, что при этом образовался монобромциклоалкан в виде отдельного слоя. При прибавлении к водному слою раствора нитрата серебра образовалось 4,48 г светло-желтого осадка. В ответе укажите формулу циклоалкана, например C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>.

11. При электролизе водного раствора смеси нитратов металлов А и Б(с.о. +2) массой 3 г на катоде получена смесь металлов. После отделения смеси металлов от катода и нагревании при 70°C масса смеси уменьшилась на 59,3%, при этом остался порошок светло-серого цвета. После растворения его в азотной кислоте и прибавлении избытка раствора хлорида натрия был получен творожистый осадок массой 1,013 г.

1. Укажите название металла, который остался после нагревания. (Например, Cu)
2. Напишите уравнение электролиза нитрата металла, который улетучился при нагревании. В ответе укажите сумму коэффициентов, например 15.
3. Рассчитайте массовую долю нитрата металла А в смеси. Ответ укажите в процентах и округлите до целых, например, 95.
4. Рассчитайте массовую долю металла Б в его нитрате. Ответ укажите в процентах и округлите до десятых, например, 59,5%.

12.



1. Известно, что вещество А содержит 14,3% водорода, а плотность его паров по гелию – 10,5. Напишите название вещества А, например, этин.
2. Укажите какой атом углерода связан с бромом в соединении В (первичный, вторичный, третичный). Например, III.
3. Укажите тривиальное название вещества С, например, дурол.
4. Укажите тривиальное название вещества D, если известно, что оно реагирует с 2,4-динитрофенилгидразином. Например, дурол.

13. К раствору бромоводородной кислоты (V=150 мл, ρ=1.024 г/мл, ω=10%) добавили твердое вещество А массой 3 г, при этом выделился газ, дающий красный осадок с [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]Cl.

1. Укажите формулу выделяющегося газа, например, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>.
2. Напишите название соли, образовавшейся в растворе, если известно, что она окрашивает пламя в кирпично-красный цвет. Например, хлорид натрия.
3. Вычислите массу выделившегося газа. Ответ укажите в граммах и округлите до сотых, например, 10,25.
4. Вычислите массовую долю соли в растворе. Ответ укажите в процентах и округлите до целых, например, 95.

14. В современном мире даже еду можно разогреть с помощью химической реакции. Представим ситуацию, что вам необходимо заварить чай, однако в вашем распоряжении только вода и негашеная известь.

1. Напишите уравнение реакции, которую необходимо провести. В ответе укажите сумму коэффициентов, например, 22.

2. Известно, что стандартные энтальпии образования  $\Delta H^0(\text{CaO})=-635,09$  кДж/моль,  $\Delta H^0(\text{H}_2\text{O})=-285,83$  кДж/моль,  $\Delta H^0(\text{Ca}(\text{OH})_2)=-985,12$  кДж/моль. Укажите теплоту, которая выделится при реакции исходных веществ (1 моль каждого). Ответ укажите в кДж и округлите до десятых, например, 25,2.
  3. Для нагревания 1 литра воды до необходимой температуры необходимо затратить 420 кДж, какую массу негашеной извести необходимо взять для приготовления 1 кружки чая (350 мл). Ответ укажите в граммах и округлите до целых, например, 95.
  4. Укажите общий объем воды (чай+подогрев), необходимой для приготовления 1 кружки чая. Ответ укажите в миллилитрах и округлите до целых, например, 95.
15. Вещество А используют в качестве антисептического средства. При сжигании 5 г вещества А образуется углекислый газ объемом 284 мл (н.у.), 0,11 мл воды (н.у.) и фиолетовые пары вещества X (масса вещества X 4,84 г).
1. Укажите формулу вещества X, например,  $\text{C}_2\text{H}_4$ .
  2. Напишите уравнение реакции горения А, в ответе укажите сумму коэффициентов, например, 22.
  3. Укажите тривиальное название вещества А, например, Негашеная известь.
  4. Вещество А можно получить при реакции ацетона с йодом в растворе гидроксида натрия. В ответе укажите сумму коэффициентов в этом уравнении реакции.

### 3.2 Критерии оценки заданий Интернет-тура

#### 3.2.1 Задания 9 класса

№	Балл	
1	6	2,3,6
2	4	1,4
3	4	2,3
4	6	AgNO <sub>3</sub> /agno <sub>3</sub> /AgNO <sub>3</sub> /AGNO <sub>3</sub>
5	6	2,4,5
6	6	2,5,6
7	4	-1
8	6	1,2
9	4	19
10	6	8,44/8.44
11.1	4	Ag

11.2	4	11
11.3	4	40
11.4	4	61,8
12.1	4	FeS
12.2	4	100
12.3	4	-2+6
12.4	4	Na <sub>2</sub> S <sub>4</sub> O <sub>6</sub>
13.1	4	2,56
13.2	4	Кислород
13.3	4	Серная кислота
13.4	4	0,16
14.1	4	3
14.2	4	64,2
14.3	4	128
14.4	4	391
15.1	4	Кислород
15.2	4	O <sub>3</sub>
15.3	4	5
15.4	4	8
<b>ИТОГО</b>	<b>132</b>	

## 3.2.2 Задания 10 класса

<i>№</i>	<i>Балл</i>	
1	6	2,5,6
2	4	1,4
3	4	1
4	6	Nan <sub>3</sub> /NaN <sub>3</sub> /nan <sub>3</sub> /NAN <sub>3</sub>

<i>№</i>	<i>Балл</i>	
5	6	3,4
6	6	2,4
7	4	-2
8	6	1,2
9	4	19
10	6	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>
11.1	4	Ag
11.2	4	11
11.3	4	40
11.4	4	61,8
12.1	4	FeS
12.2	4	100
12.3	4	-2+6
12.4	4	Na <sub>2</sub> S <sub>4</sub> O <sub>6</sub>
13.1	4	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
13.2	4	Бромид кальция
13.3	4	1,22
13.4	4	6
14.1	4	3
14.2	4	64,2
14.3	4	128
14.4	4	391
15.1	4	12
15.2	4	21
15.3	4	Йодоформ
15.4	4	16

## 3.2.3 Задания 11 класса

№	Балл	
1	6	1,3
2	4	3,4
3	4	3
4	6	$C_4H_9COONa/c_4h_9coona$
5	6	1,2,5,6
6	6	4,5,6
7	4	+2
8	6	Спирты/спирты/СПИРТЫ/спирт/Спирт
9	4	2,3
10	6	$C_6H_{12}$
11.1	4	Ag
11.2	4	11
11.3	4	40
11.4	4	61,8
12.1	4	Пропен
12.2	4	I
12.3	4	Кумол
12.4	4	Ацетон
13.1	4	$1.C_2h_2/C_2H_2/c_2h_2$
13.2	4	Бромид кальция/бромид кальция/БРОМИД КАЛЬЦИЯ
13.3	4	1,22/1.22
13.4	4	6
14.1	4	3
14.2	4	64,2/64.2
14.3	4	128
14.4	4	391

<i>№</i>	<i>Балл</i>	
15.1	4	i2/I2/J2/j2
15.2	4	21
15.3	4	Йодоформ/йодоформ/иодоформ/Иодоформ
15.4	4	16