

## Материалы заданий олимпиады 2019-2020 учебного года

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

Предмет (комплекс предметов): Химия

Порядковый номер олимпиады в Перечне: 39

### СОДЕРЖАНИЕ

1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА .....	3
1.1 Задания Отборочного теоретического тура .....	3
1.1.1 Задания 9 класса .....	3
1.1.2. Задания 10 класса .....	5
1.1.3. Задания 11 класса .....	8
1.2 Задания Теоретического тура.....	11
1.2.1 Задания 9 класса .....	11
1.2.2. Задания 10 класса .....	13
1.2.3. Задания 11 класса .....	16
1.3. Задания Экспериментального тура .....	19
1.3.1. Задание 9 класса .....	19
1.3.2. Задание 10 класса .....	19
1.2.3. Задание 11 класса .....	20
2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА .....	22
2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура.....	22
2.1.1. Задания 9 класса .....	22
2.1.2. Задания 10 класса .....	26
2.1.3. Задания 11 класса .....	29
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 .....	50
2.3. Критерии оценивания заданий Экспериментального тура.....	56
2.3.1. Задание 9 класса .....	56
2.3.2. Задание 10 класса .....	57
2.3.3. Задание 11 класса .....	58
3. ЗАДАНИЯ ПЕРВОГО (ОТБОРОЧНОГО) ЭТАПА .....	60
3.1 Задания Интернет-тура .....	60
3.1.1. Задания 9 класса .....	60
3.1.2 Задания 10 класса .....	63
3.1.3 Задания 11 класса .....	66

3.2 Критерии оценки заданий Интернет-тура.....	69
3.2.1 Задания 9 класса .....	69
3.2.2 Задания 10 класса .....	70
3.2.3 Задания 11 класса .....	71

## 1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

### 1.1 Задания Отборочного теоретического тура

#### 1.1.1 Задания 9 класса

##### Задача №9-1

173,6 г КОН растворили в 300 мл воды, после чего добавили 29,7 г  $Zn(OH)_2$  и после полного растворения последнего довели объем раствора до 0,5 л. К 1,0 мл приготовленного раствора добавили 20 мл раствора хлороводородной кислоты с неизвестной концентрацией. Молярная концентрация ионов водорода в полученном растворе равна 0,05 моль/л.

1. Напишите уравнения всех проведенных реакций. Рассчитайте количества моль растворенных веществ в 0,5 л и в 1 мл приготовленного раствора (до добавления хлороводородной кислоты).
2. Вычислите молярную концентрацию использованного раствора хлороводородной кислоты.

##### Задача №9-2

Для простых веществ, образованных элементом **X**, характерно явление полиморфизма. Одна из модификаций (*модификация 1*) имеет полимерную структуру, причем атомы **X** расположены в вершинах и центре кубической элементарной ячейки с параметром 2,7941 Å ( $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ м}$ ). Плотность этой модификации 12,02 г/см<sup>3</sup>.

Две другие модификации имеют молекулярную структуру и состоят из циклических молекул **X<sub>n</sub>** и **X<sub>m</sub>**. В элементарной ячейке ( $V = 953,9 \text{ Å}^3$ ) *модификации 2* содержится четыре молекулы **X<sub>n</sub>**, а в элементарной ячейке ( $V = 503,1 \text{ Å}^3$ ) *модификации 3* – три молекулы **X<sub>m</sub>**. Плотность *модификаций 2 и 3* – 4,4 и 4,695 г/см<sup>3</sup> соответственно.

Сжигание **X** в атмосфере  $NO_2$  приводит к образованию оксида (*реакция 1*), который с легкостью растворяется в воде, образуя кислоту (*реакция 2*). Эту кислоту также можно получить, окисляя **X** разбавленной азотной кислотой (*реакция 3*). Взаимодействие полученной кислоты с концентрированным раствором пероксида водорода приводит к образованию кислоты **K**, содержащей **X** в высшей степени окисления (*реакция 4*), и способной растворять металлическое золото (*реакция 5*).

Из водного раствора оксокислоты **K** могут кристаллизоваться два соединения (**Y** и **Z**). Соединение **Y** имеет плотность 2,6703 г/см<sup>3</sup> и содержит в элементарной ячейке объемом 810,85 Å<sup>3</sup> восемь молекул. В элементарной ячейке ( $V = 728,27 \text{ Å}^3$ ) соединения **Z** содержится четыре молекулы, а плотность **Z** равна 1,9795 г/см<sup>3</sup>.

1. Определите элемент **X** и состав молекул **X<sub>n</sub>** и **X<sub>m</sub>**.
2. Определите формулы соединений **Y** и **Z** напишите эти формулы в «молекулярном виде» и с указанием ионов, составляющих кристаллическую структуру. Учтите, что в структуре **Y** содержатся протонированные анионы кислоты **K**, а в структуре **Z** – только непротонированные анионы.
3. Напишите уравнения реакций 1–5.

##### Задача №9-3

Простое вещество **A** желтого цвета при обычных условиях является твердым, а при нагревании превращается в вязкую жидкость, которая при резком охлаждении превращается в темно-коричневое резиноподобное вещество со временем превращающееся обратно в желтый порошок.

Растворение вещества **A** в горячем концентрированном растворе гидроксида натрия (*реакция 1*), приводит к образованию солей **B** (58,97 мас. % натрия) и **C**, которые при действии на них разбавленного раствора  $H_2SO_4$  выделяют газы **D** и **E** соответственно (*реакции 2 и 3*).

Газы **D** и **E** имеют специфический неприятный запах, их молярные массы различаются в 1,882 раз. Газ **E** также можно получить при сжигании **A** (реакция 4), а в присутствии катализатора **E** окисляется до вещества **F** (реакция 5). Реакция между веществами **F** и **D** в эфирном растворе приводит к неустойчивой кислоте **G** (реакция 6). При пропускании газа **E** через избыток раствора гидроксида натрия образуется соль **C** (реакция 7), а при кипячении раствора соли **C** с веществом **A** образуется **H** – соль кислоты **G** (реакция 8).

1. Установите формулы веществ **A** – **H**.
2. Напишите молекулярную и структурную формулы наиболее устойчивой модификации вещества **A**, если известно, что ее молярная масса ровно в 4 раза больше, чем у вещества **E**. Как называется резиноподобная модификация **A**, описанная в задаче?
3. Напишите уравнения реакций 1–8.

#### Задача №9-4

Сложное вещество **A** применяется для обработки лабораторий, медицинских помещений благодаря своим обеззараживающим свойствам, также вещество **A** можно применять в качестве отбеливающего агента. Вещество **A** можно получить пропусканием газа **B** через водный раствор соединения **C**. Вещество **A** содержит 31,5% металла, 12,6% кислорода и 55,9% галогена по массе. Соединение **C** содержит 54,1% металла, 43,2% кислорода, 2,7% водорода по массе. Соли металла, который содержится в указанных веществах, дают краснокирпичное окрашивание пламени.

1. Напишите формулы соединений **A**, **B**, **C**, реакцию получения соединения **C** из соединений **A** и **B**.

Вещество **A** можно записать в виде смеси нескольких соединений, два из которых являются солями. Одна из них, соль **A**<sup>1</sup> обладает высокими гигроскопическими свойствами, содержит 36% металла, 64% галогена по массе. Свои отбеливающие и дезинфицирующие свойства вещество **A** проявляет благодаря соли **A**<sup>2</sup>, которая содержит 28,0% металла, 49,7% галогена по массе.

2. Напишите формулы солей **A**<sup>1</sup>, **A**<sup>2</sup>, дайте их названия.
3. За счет чего соль **A**<sup>2</sup> проявляет свои отбеливающие и дезинфицирующие свойства? Подтвердите свой ответ уравнением/уравнениями реакций.

В 1792 химиком Бертолле была впервые получена жавелевая вода, также обладающая отбеливающими свойствами, в результате пропускания недавно открытого газа **B** через водный раствор соединения **D**, которое используется для приготовления жидкого мыла. Металл, ионы которого входят в состав соединения **D**, нельзя получить электролизом водного раствора соли, соли металла **D** дают фиолетовое окрашивание пламени. В дальнейшем была получена более дешевая версия жавелевой воды, которая называлась лабарракова вода. При получении лабарраковой воды использовалось соединение **E**, которое содержит 57,5% металла, 40% кислорода, 2,5% водорода по массе, оно относится к одному классу соединений вместе с **C** и **D**.

4. Напишите формулы соединений **D**, **E**, дайте их названия.
5. Напишите реакции получения лабарраковой и жавелевой вод, назовите образующиеся соединения.

#### Задача №9-5

Бесцветное кристаллическое соединение **X** образуется из простых веществ **Y** и **Z** при 500–700°C (1), плавится при 692°C, а при электролизе его расплава (2), как и при достижении 850°C разлагается на исходные вещества (3). **X** умеренно растворяется в диэтиловом эфире и

реагирует в его среде с хлоридом алюминия давая комплексное соединение (4). **X** бурно реагирует с водой, давая щелочной раствор и исходный газ **Z** с плотностью по гелию 0,5 (5). Пропускание через полученный щелочной раствор углекислого газа дает осадок карбоната **Y** (6), в котором на долю аниона приходится 81,21 %. Взаимодействие **X** с азотом при 450°C приводит к образованию аммиака и нитрида **Y**, содержащего 40,206 % азота (7). Реакция **X** с оксидом кремния при 200°C дает элементарный кремний, исходный газ и соль **Y**, в которой массовая доля метасиликат-иона составляет 84,57 %, (8).

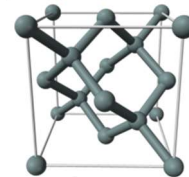
1. По представленным в условии свойствам и приведенным данным, используя расчеты, определите и назовите вещества **Y** и **Z**, образующие соединение **X**, назовите его, напишите уравнения всех описываемых реакций, не забыв представить процессы на электродах при электролизе расплава.

### 1.1.2. Задания 10 класса

#### Задача №10-1

Элемент **X** широко распространен в земной коре (27,2 мас.%). Вместе на **X** и кислород приходится каждые четыре атома из пяти, находящихся вблизи земной поверхности. Элемент никогда не встречается в свободном состоянии в виде простого вещества, он всегда связан с кислородом и, за несколькими исключениями, имеет координационное число 4. Структурные единицы  $\{XO_4\}$  могут существовать в виде отдельных частиц или соединяться, образуя цепи, ленты, кольца, слои или трехмерные каркасы.

1. Определите элемент **X**, если известно, что его простое вещество с плотностью  $2,33 \text{ г/см}^3$  кристаллизуется в структуре алмаза с ребром элементарной ячейки  $a_0=0,543 \text{ нм}$ .



При пропускании над нагретым **X** сухого хлороводорода образуется бесцветная подвижная жидкость **A**, похожая на хлороформ (реакция 1). Жидкость **A** является хорошим восстановителем и может выделять водород из воды (реакция 2). При травлении оксида **B**, полученного при реакции 2, фтороводородом при 350°C образуется бесцветный токсичный газ **C** (реакция 3). При пропускании **C** через горячий раствор воды образуется оксид **B** и сильная кислота (реакция 4). Растворяя аморфный **B** в концентрированном растворе гидроксида натрия образуется соль **D** (реакция 5). Известно, что соль **D** хорошо растворяется в воде за счет сильного гидролиза по аниону. Также оксид **B** можно сплавить при 1000°C с гидроксидом натрия, при этом образуется соль **E** (реакция 6).

2. Напишите уравнения описанных реакций и тривиальное название **B**.

3. Определите pH 0,1 M раствора соли **E**, если известны константы диссоциации для кислоты, соответствующей аниону соли **E**, по I и II ступени:  $2,2 \times 10^{-10}$ ,  $1,6 \times 10^{-12}$ .

#### Задача №10-2

Простое вещество **A** желтого цвета при обычных условиях является твердым, а при нагревании превращается в вязкую жидкость, которая при резком охлаждении превращается в темно-коричневое резиноподобное вещество со временем превращающееся обратно в желтый порошок.

Растворение вещества **A** в горячем концентрированном растворе гидроксида натрия (реакция 1), приводит к образованию солей **B** (58,97 мас. % натрия) и **C**, которые при действии на них разбавленного раствора  $H_2SO_4$  выделяют газы **D** и **E** соответственно (реакции 2 и 3). Газы **D** и **E** имеют специфический неприятный запах, их молярные массы различаются в 1,882 раз. Газ **E** также можно получить при сжигании **A** (реакция 4), а в присутствии катализатора

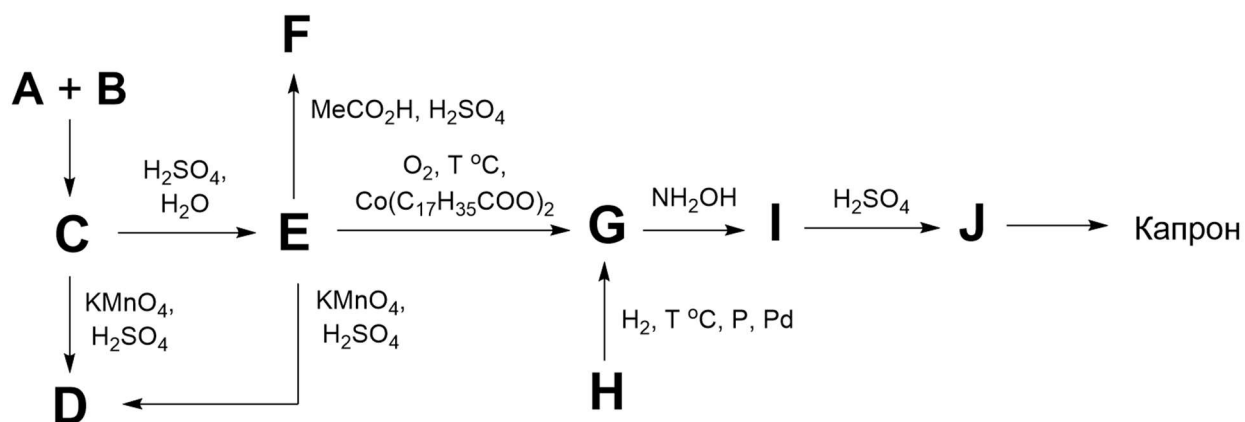
Е окисляется до вещества F (реакция 5). Реакция между веществами F и D в эфирном растворе приводит к неустойчивой кислоте G (реакция 6). При пропускании газа E через избыток раствора гидроксида натрия образуется соль C (реакция 7), а при кипячении раствора соли C с веществом A образуется H – соль кислоты G (реакция 8).

1. Установите формулы веществ A – H.
2. Напишите молекулярную и структурную формулы наиболее устойчивой модификации вещества A, если известно, что ее молярная масса ровно в 4 раза больше, чем у вещества E. Как называется резиноподобная модификация A, описанная в задаче?
3. Напишите уравнения реакций 1–8.

### Задача №10-3

Капрон – синтетическое полимерное волокно, получаемое из нефти, бело-прозрачное, очень прочное вещество. Его эластичность значительно превышает шёлковую. Капроновая нить диаметром 0,1 миллиметра выдерживает нагрузку в 0,55 килограмма. Из капрона изготавливают канаты, рыболовные сети, леску, гитарные струны, фильтровальные материалы, кордную ткань (например, для автомобильных шин), а также штапельные ткани, чулки и другие бытовые товары. Из капроновых нитей шьют одежду, которая стоит намного дешевле, чем одежда из натуральных природных материалов. Из кордной ткани делают каркасы авто- и авиапокрышек. Будучи термопластичной, капроновая смола используется и в качестве пластмассы для изготовления деталей машин и механизмов — зубчатых колёс, втулок, подшипников и тому подобного, отличающихся большой прочностью и износостойкостью. В обувной промышленности СССР из капроновой смолы изготавливались износостойкие подметки и подошвы под торговым названием перлон (Perlon).

Данная схема предлагает получение капрона из различных соединений. Соединение C содержит 87,73% углерода, из соединений A и B его можно получить с помощью реакции Дильса-Альдера. Соединение A содержит 88,82% углерода и 11,18% водорода, соединение B содержит 85,63% углерода и 14,37% водорода, используется для стимулирования созревания плодов. При окислении соединения C с помощью перманганата калия в сернокислой среде получается единственное соединение D, которое может отщеплять воду под действием фосфорного ангидрида с образованием соединения, которое содержит 56,25% углерода и 6,29% водорода.



1. Напишите формулы и названия веществ A-J, схемы уравнений реакций, описанных в схеме.
2. Нарисуйте формулу капрона.

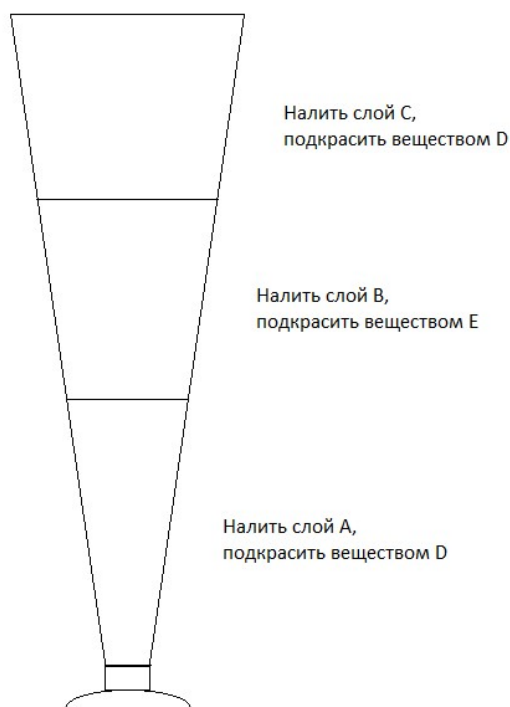
### Задача №10-4

Во время подготовки к лабораторным работам инженер-химик Вячеслав перегонял петролейный эфир (смесь алканов с т.кип. 40-80°C). В легкой фракции он обнаружил жидкие алканы **A** и **B**, молярные массы которых отличаются в 1,194 раз. Массовые доли водорода в этих алканах составляют 16,667 и 16,279%, а теплоты их сгорания равны 3540 и 4200 кДж/моль соответственно. Вячеслав взял навеску 3,74 г смеси **A+B** и сжег ее, при этом было получено 183,6 кДж теплоты.

1. Установите брутто-формулы алканов **A** и **B**.
2. Изобразите структурные формулы всех изомеров **A**. Для изомера, имеющего третичный атом углерода, напишите схему реакции фотохимического хлорирования с образованием всех возможных монохлорпроизводных. Назовите все продукты по номенклатуре ИЮПАК.
3. Напишите термохимические уравнения сгорания **A** и **B**.
4. Рассчитайте объемные доли (%) веществ **A** и **B** в сожженной смеси.
5. Рассчитайте, какую массу данной смеси нужно сжечь, чтобы полученного тепла хватило на нагрев 1 л воды от 25°C до кипения (теплоемкость воды = 4,2 кДж/кг·K), КПД процесса теплопередачи примите равным 1.

### Задача №10-5

При подготовке к демонстрационным опытам инженер Дмитрий нашел описание увлекательного эксперимента, основанного на разности плотностей жидкостей – Химический коктейль. В описании опыта говорилось, что для его проведения понадобятся органические жидкости **A** и **C**, и неорганические вещества **D** и **E**, и 10% водный раствор соединения **B**. Ниже была приведена картинка, демонстрирующая порядок формирования слоев:



О веществах **A-E** известно следующее:

**A** – имеет плотность 1,48 г/мл, является продуктом радикальной реакции хлорирования алканов, в 19 веке использовался в качестве наркоза, на воздухе способен образовывать фосген.

**B** – очень хорошо растворимый в воде неорганический газ, для получения которого в промышленности применяют катализатор из пористого железа. Кроме того, раствор **B** является неотъемлемой частью аптечки.

**C** – имеет плотность 0,9 г/мл, не смешивается с водой. Часто применяется в качестве растворителя для клеев и лаков. Одним из способов получения **C** является взаимодействие этанола и этенона (простейший кетен).

**D** – твердое кристаллическое вещество, впервые было получено в 1811

году (по одной из версий - при участии кошки), может применяться для обнаружения

отпечатков пальцев на бумаге. В лаборатории **D** можно получить при нагревании смеси серной кислоты, диоксида марганца и натриевой соли с  $M=150$  г/моль.

**E** – голубые кристаллы, при нагревании которых образуется бесцветное вещество, используемое в количественном анализе для определения выделяющейся воды.

1. Напишите формулы веществ **A-E**.
2. Напишите уравнения описанных реакций: перехода **A** в фосген, получения **C**, лабораторного получения **D** и взаимодействия **B** и **E** во втором слое коктейля.
3. В какие цвета будут окрашены слои коктейля?

### 1.1.3. Задания 11 класса

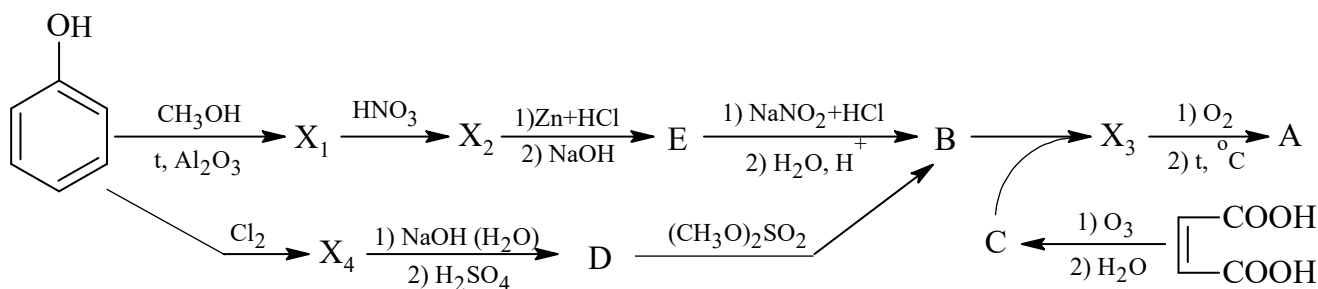
#### Задача №11-1

Вещество **A**, незаменимая добавка во многие кондитерские изделия, может быть выделено из плодов растения *Vanilla planifolia*, что является единственным способом производства натурального **A**. В середине XX века предложено несколько синтетических способов получения вещества **A**, в том числе взаимодействием гваякола (**B**) и глиоксиловой кислоты (**C**), окислением полученного продукта кислородом и его последующего декарбоксилирования.

Глиоксиловую кислоту производят гидролизом продукта озонлиза малеионовой кислоты, а гваякол может быть получен при перегонке смолы бакатутового дерева, распространенного на Антильских островах и Ямайке. В промышленности гваякол получают метилированием пирокатехина (**D**), а в лаборатории – диазотированием о-анизидина (**E**) с последующим разложением диазосоединения водой. О-анизидин в свою очередь может быть получен нитрованием анизола с последующим восстановлением продукта реакции атомарным водородом. Анизол можно получить взаимодействием фенола и метанола при  $200^\circ\text{C}$  в присутствии оксида алюминия.

Пирокатехин (**D**) в промышленности получают из фенола, путем его хлорирования, последующего разделения образовавшихся изомеров ректификацией и обработкой нужного изомера раствором гидроксида натрия в автоклаве.

Все описанные выше реакции можно представить следующей схемой:



1. Напишите структурные формулы веществ **A-E** и назовите их по номенклатуре ИЮПАК, если известно, что реакция взаимодействия **B** и **C** является реакцией электрофильного замещения.
2. Напишите схемы уравнений реакций, описанных в тексте задачи.

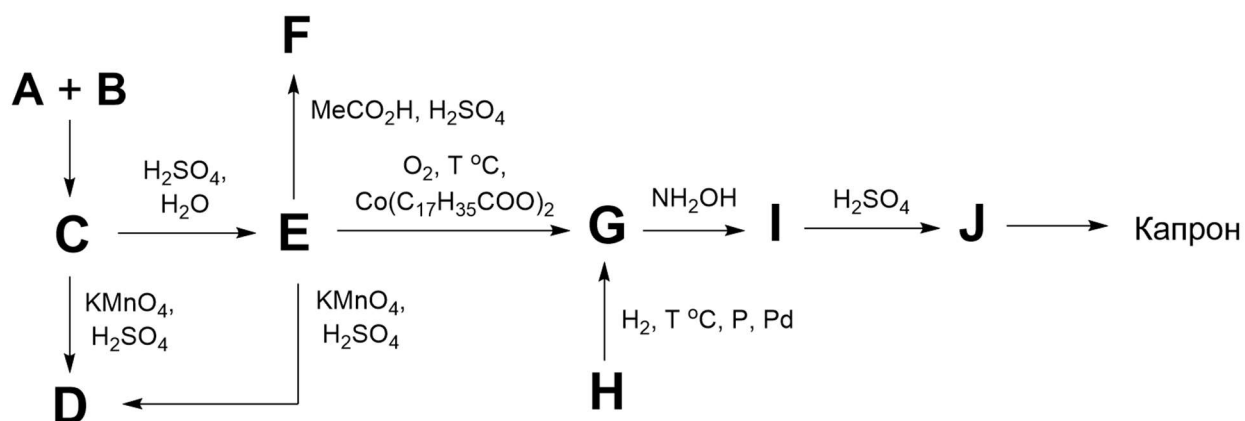
#### Задача №11-2

Капрон – синтетическое полимерное волокно, получаемое из нефти, бело-прозрачное, очень прочное вещество. Его эластичность значительно превышает шелковую. Капроновая нить диаметром 0,1 миллиметра выдерживает нагрузку в 0,55 килограмма. Из капрона изготавливают канаты, рыболовные сети, леску, гитарные струны, фильтровальные материалы, кордную ткань (например, для автомобильных шин), а также штапельные ткани,



чулки и другие бытовые товары. Из капроновых нитей шьют одежду, которая стоит намного дешевле, чем одежда из натуральных природных материалов. Из кордной ткани делают каркасы авто- и авиапокрышек. Будучи термопластичной, капроновая смола используется и в качестве пластмассы для изготовления деталей машин и механизмов — зубчатых колёс, втулок, подшипников и тому подобного, отличающихся большой прочностью и износостойкостью. В обувной промышленности СССР из капроновой смолы изготавливались износостойкие подмётки и подошвы под торговым названием перлон (Perlon).

Данная схема предлагает получение капрона из различных соединений. Соединение **C** содержит 87,73% углерода, из соединений **A** и **B** его можно получить с помощью реакции Дильса-Альдера. Соединение **A** содержит 88,82% углерода и 11,18% водорода, соединение **B** содержит 85,63% углерода и 14,37% водорода, используется для стимулирования созревания плодов. При окислении соединения **C** с помощью перманганата калия в сернокислой среде получается единственное соединение **D**, которое может отщеплять воду под действием фосфорного ангидрида с образованием соединения, которое содержит 56,25% углерода и 6,29% водорода.



1. Напишите формулы и названия веществ A-J, схемы уравнений реакций, описанных в схеме.
2. Нарисуйте формулу капрона.

### Задача №11-3

Наиболее известным катализатором при синтезе серного ангидрида является оксид ванадия (V), но существует и гомогенный катализатор **X**, обеспечивающий высокую скорость синтеза. Об **X** известно, что он является простейшим нейромедиатором, состоит из двух атомов и содержит по массе 46,67% одного из элементов.

1. Определите неизвестный катализатор **X**.
2. Предположите механизм действия катализатора и напишите уравнения реакций синтеза серного ангидрида.

Самопроизвольное протекание процесса определяется двумя факторами: энтальпийным, связанным с изменением энтальпии системы, и энтропийным, обусловленным изменением степени хаоса, беспорядка системы в следствии химической реакции. Разностью данных термодинамических факторов является **функция** состояния системы, называемая энергией Гиббса.

$$\Delta_r G = \Delta_r H^\circ - T \Delta_r S^\circ$$

3. Рассчитайте энергию Гиббса при стандартных условиях для реакции синтеза ангидрида серной кислоты, если известны следующие термодинамические величины. Изобразите график зависимости энергии Гиббса от температуры. Определите, при какой температуре установится равновесие.

$\Delta_f H^\circ(SO_2(g))$	-296,9 кДж/моль
$\Delta_f H^\circ(SO_3(g))$	-395,2 кДж/моль
$S^\circ(SO_2(g))$	248,1 Дж/моль × K
$S^\circ(SO_3(g))$	256,2 Дж/моль × K
$S^\circ(O_2(g))$	205,0 Дж/моль × K

При изменении давления энергия Гиббса меняется следующим образом:

$$G_{T,p} = G_T + RT \ln(p)$$

где  $p$  – давление, выраженное в атмосферах;

$R$  – универсальная газовая постоянная;

$T$  – температура протекания процесса.

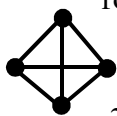
4. Зная это, определите в каких пределах может лежать начальное давление  $SO_3$ , чтобы равновесие реакции синтеза было смещено в сторону продукта, при начальных давлениях  $SO_2$  и  $O_2$ , равных 1 атм и температуре  $100^\circ C$ .

#### Задача №11-4

В соответствии с правилом 18 электронов, наиболее стабильными комплексами являются соединения с 18-электронной валентной оболочкой у центрального атома переходного металла. Указанное правило позволяет предсказать состав многих комплексов, например, зная, что лиганд CO является донором 2 электронов, можно утверждать, что устойчивый карбонил железа должен иметь состав  $Fe(CO)_5$  (на орбиталях атома железа имеется 8 электронов ( $4s^2 3d^6$ ), тогда для формирования 18-электронной оболочки необходимо присоединить 5 лигандов CO, предоставляющих 8 электронов).

1. Определите заряд  $Z$  стабильного комплекса  $[Ir(C_5H_5)(CO)_3]^Z$ , считая, что циклические полиены ( $C_nH_n$ ) являются донорами  $n$  электронов.

Карбонилы металлов часто образуют кластерные соединения, содержащие связи металл-металл. Для определения устойчивости кластеров во многих случаях можно использовать модифицированное правило 18 электронов, в соответствии с которым, число валентных электронов определяется по формуле  $N = 18n - 2a$ , где  $n$  – количество атомов металла в остове кластера,  $a$  – количество связей металл-металл. Например, соединение с простейшей формулой  $Ir(CO)_3$  (с позиций правила 18 электронов такой состав неустойчив, т.к. содержит только  $9+6=15$  электронов) является кластером с тетраэдрическим остовом (рис.).



В таком кластере  $n = 4$ ,  $a = 6$ ,  $N = 18 \cdot 4 - 2 \cdot 6 = 60$ . Действительно,  $[Ir_4(CO)_{12}]$  содержит  $9 \cdot 4 + 12 \cdot 2 = 60$  валентных электронов.

2. Установите истинный состав карбонила с простейшей формулой  $Os(CO)_4$ , на основании следующих данных: плотность кристаллов кластера составляет  $3.5217 \text{ г/см}^3$ , а в элементарной ячейке объемом  $1710.15 \text{ \AA}^3$  содержится 3 молекулы.
3. Предложите строение остова карбонила с простейшей формулой  $Os(CO)_4$ , основываясь на модифицированном правиле 18 электронов.
4. Пентакарбонил железа достаточно легко окисляется, в частности, кислородом воздуха (реакция 1) или соляной кислотой (реакция 2). Металлический натрий восстанавливает  $Fe(CO)_5$  (реакция 3). Напишите уравнения указанных реакций, состав железосодержащего продукта реакции 3 установите с помощью правила 18 электронов.

### Задача №11-5

В 1903 году инженер металлургического завода Dürener Metallwerke AG Альфред Вильм обнаружил, что изделия из сплава металлов **А** и **Б** характеризуются большей прочностью и твердостью в сравнении с чистым металлом **А**, но при этом сохраняют его пластичность. Позднее установлено, что сплавы **А** с другими металлами обладают подобными свойствами, поэтому с начала 1920х годов они стали основным конструкционным материалом в самолетостроении.

Для анализа 2,50 г сплава, состоящего из металлов **А** и **Б**, растворили при кипячении в концентрированной азотной кислоте. К полученному раствору при постоянном перемешивании добавили раствор аммиака до щелочной реакции среды, выпавший при этом осадок отфильтровали и прокалили, получив при этом 4,53 г белого порошка нерастворимого в воде.

К фильтрату, полученному после отделения осадка, добавили раствора серной кислоты до слабокислой реакции среды, после чего добавили раствор сульфида натрия до прекращения выделения черного осадка, содержащего 33,33 % серы. Полученный осадок отделили фильтрованием, его масса после высушивания равна 0,15 г.

1. *Определите, какие металлы входят в анализируемый сплав. Какой из определенных вами металлов соответствует металлу А и Б исходя из своих физических свойств?*
2. *Вычислите массовые доли металлов А и Б в сплаве.*
3. *Какое название имеют сплавы металла А, подобные описанному?*
4. *Напишите уравнения всех химических реакций, осуществленных при анализе сплава.*

## 1.2 Задания Теоретического тура

### 1.2.1 Задания 9 класса

#### Задача №9-1

Однажды молодой химик нашёл в лаборатории пакетик с бесцветными кристаллами, подписанный как “Соли углеаммонийные”. Для определения их состава он взвесил 1,026 г вещества и растворил навеску в 10 мл раствора HCl с концентрацией 2 моль/л, объём выделившегося газа составил 322,6 мл при давлении 98,6 кПа и температуре 25 °С. Далее раствор был оттитрован раствором NaOH концентрации 0,279 моль/л в присутствии метилового оранжевого (считайте, что весь аммиак в точке эквивалентности находился в форме  $\text{NH}_4^+$ ), объём титранта был равен 4,0 мл.

1. *Определите состав “Солей углеаммонийных” в виде массовых долей (в процентах с точностью до второго знака после запятой) каждого компонента “Солей” – аммиака, диоксида углерода и воды. Установите массовые доли именно солей в смеси, если известно, что в состав “Солей углеаммонийных” входят карбонат аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , гидрокарбонат аммония  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  и карбамат аммония  $\text{H}_2\text{NCOONH}_4$ .*
2. *Напишите уравнения протекающих реакций.*
3. *Известно, что водный раствор “Солей” имеет слабощелочную среду. Как влияют “Соли” на pH почвы в зависимости от времени воздействия? Приведите уравнение характерной для этого процесса реакции.*
4. *Какие реакции лежат в основе производства “Солей”?*

### Задача №9-2

Эквимольная смесь, состоящая из оксида свинца и оксида железа (II), массой 98,41 г была полностью восстановлена избытком угарного газа. Газовую смесь, образовавшуюся после реакции, пропустили через 224,00 г 20,00% раствора едкого кали и получили раствор, содержащий 19,79% кислой соли.

1. *Определите степень окисления свинца в оксиде входящем в смесь.*
2. *Напишите уравнения реакций, описанных в тексте задачи.*
3. *Вычислите массовую долю оксида железа (II) в исходной смеси.*

### Задача №9-3

Перекись свинца представляет собой темно-коричневый порошок практически нерастворимый в воде, растворах кислот и щелочей. Лишь концентрированные растворы щелочей способны растворить ее с образованием комплексного соединения, устойчивого лишь в растворах. Растворение перекиси свинца в концентрированной хлороводородной кислотой приводит к выделению хлора, а взаимодействие с серной кислотой сопровождается выделением кислорода. Добавление порошка перекиси свинца к подкисленному раствору сульфата марганца (II) приводит к появлению фиолетовой окраски, что свидетельствует о высокой окислительной способности перекиси свинца.

1. *Определите формулу перекиси свинца, если она содержит 86,61 мас. % Pb. К какому классу химических соединений относится перекись свинца, если известно, что пероксидные группы в соединении отсутствуют?*
2. *Напишите уравнения реакций перекиси свинца с концентрированной хлороводородной кислотой, серной кислотой и подкисленным серной кислотой раствором сульфата марганца (II).*

В лаборатории перекись свинца получают взаимодействием тетрагидроксоплюмбата (II) свинца и гипохлорита натрия, а в промышленности растворением свинцового сурика в азотной кислоте с последующим отделением, промывкой и сушкой образующегося осадка. Сам свинцовый сурик может быть получен при пропускании кислорода через расплавленный свинец или при нагревании перекиси свинца до 500°C.

3. *Определите формулу свинцового сурика, если он содержит 90,66 мас. % Pb. К какому классу химических соединений он относится?*
4. *Напишите химические реакции получения перекиси свинца и свинцового сурика, описанные выше.*

### Задача №9-4

В результате сжигания паров этилацетата  $C_4H_8O_2$  в кислороде выделилось 410,9 кДж теплоты, и осталось 12,2 л кислорода (измерено при давлении 105 кПа и температуре 35,3°C).

1. *Запишите уравнение горения этилацетата. Теплоты образования оксида углерода (IV), паров воды и паров этилацетата равны 393,5, 241,8 и 486,6 кДж/моль соответственно. Рассчитайте тепловой эффект реакции горения этилацетата и напишите термохимическое уравнение горения.*
2. *Определите количество вещества (моль) и массу (г) этилацетата, вступившего в реакцию горения. Рассчитайте массовые доли компонентов в исходной смеси (этилацетат + кислород).*
3. *Приведите сокращенную структурную формулу этилацетата (RCOOR) и формулы всех его возможных изомеров, относящихся к классам карбоновых кислот и сложных эфиров.*

### Задача №9-5

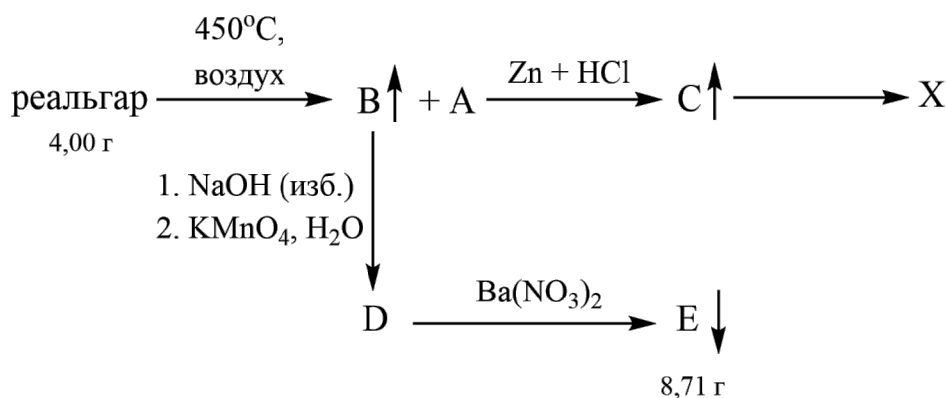
Изучая старую минералогическую коллекцию, химик Миша наткнулся на образец изумительной красоты – рубиново-красные крупные кристаллы, вкрапленные в руду. «Реальгар» – гласила надпись на ячейке. К сожалению, химическая формула на ней отсутствовала, и Миша решил подробнее изучить состав и свойства минерала с помощью серии экспериментов.

Для начала наш герой обжёл на воздухе небольшой кусочек минерала массой 4,00 г и получил белый порошок вещества **A** и бесцветный газ **B**.

Вещество **A** было обработано цинковой пылью в кислой среде при 760 мм.рт.ст. и температуре 25°C с образованием 914,5 мл очень неустойчивого газа **C**, который далее был собран в инертной атмосфере. При термическом разложении **C** количественно образовалось простое вещество **X** чёрного цвета.

Тем временем, газ **B** поглотили избытком раствора щелочи. К полученному раствору добавили водный раствор перманганата калия и наблюдали обесцвечивание и выпадение бурого осадка; в растворе же осталась соль **D**. При добавлении раствора нитрата бария к **D** выпадает белый осадок **E**, нерастворимый в азотной кислоте.

Все превращения и результаты количественных измерений указаны на схеме:



1. Определите формулу минерала и веществ **A-X**, если известно, что из 1 моля минерала образуется 4 моль вещества **E**, нарисуйте структурную формулу исходного минерала.
2. Составьте уравнения реакций, представленных на схеме.
3. Запишите уравнения реакции растворения минерала в азотной кислоте и нейтрализации полученного раствора щелочью.

### 1.2.2. Задания 10 класса

#### Задача №10-1

Однажды молодой химик нашёл в лаборатории пакетик с бесцветными кристаллами, подписанный как «Соли углеаммонийные». Для определения их состава он взвесил 1,026 г вещества и растворил навеску в 10 мл раствора  $\text{HCl}$  с концентрацией 2 моль/л, объём выделившегося газа составил 322,6 мл при давлении 98,6 кПа и температуре 25 °C. Далее раствор был оттитрован раствором  $\text{NaOH}$  концентрации 0,279 моль/л в присутствии метилового оранжевого (считайте, что весь аммиак в точке эквивалентности находился в форме  $\text{NH}_4^+$ ), объём титранта был равен 4,0 мл.

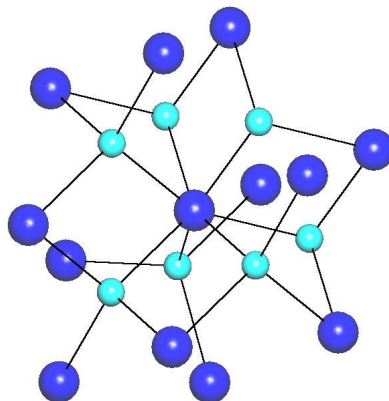
1. Определите состав «Солей углеаммонийных» в виде массовых долей (в процентах с точностью до второго знака после запятой) каждого компонента «Солей» – аммиака, диоксида углерода и воды. Установите массовые доли именно солей в смеси, если известно, что в состав «Солей углеаммонийных» входят карбонат

аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , гидрокарбонат аммония  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  и карбамат аммония  $\text{H}_2\text{NCOONH}_4$ .

2. Напишите уравнения протекающих реакций.
3. Известно, что водный раствор “Солей” имеет слабощелочную среду. Как влияют “Соли” на pH почвы в зависимости от времени воздействия? Приведите уравнение характерной для этого процесса реакции.
4. Какие реакции лежат в основе производства “Солей”?

### Задача №10-2

Одна из полиморфных модификаций (модификация высокого давления) простого вещества **X** характеризуется кубической объемноцентрированной элементарной ячейкой (атомы расположены в вершинах и в центре куба), причем кратчайшее межатомное расстояние **X–X** составляет 2.847 Å. Плотность этой модификации – 11.0994 г/см<sup>3</sup>. При комнатной температуре и обычном давлении устойчива другая модификация – тетрагональная. Охлаждение тетрагональной модификации приводит к образованию алмазоподобной кристаллической решетки и сопровождается значительным увеличением объема. Элемент **X** образует хлорид (**A**), фрагмент структуры которого приведен на рисунке (**X** – темные кружки, указано ближайшее окружение атома **X** и связанных с ним атомов хлора).



1. Определите элемент **X** исходя из данных о структуре модификации высокого давления.
2. Определите формулу хлорида **A** исходя из данных о его структуре.
3. Взаимодействие **X** с серой приводит к образованию сульфида **B**, (реакция 1), который способен окисляться полисульфидами щелочных металлов или аммония (например,  $\text{Na}_2\text{S}_2$ ), образуя тиосоли **B** (реакция 2). Подкисление тиосоли соляной кислотой приводит к ее разложению (реакция 3) с образованием сульфида **Г**. Взаимодействие полученного сульфида с сульфидом натрия приводит к образованию упомянутой выше тиосоли **B** (реакция 4).
4. Хлорид **A** растворяется в концентрированной соляной кислоте (реакция 5), а также в концентрированных щелочах без образования осадка (реакция 6).
5. Хлорид **A** при обработке хлором превращается в хлорид **Д** (реакция 7), представляющий из себя маслообразную жидкость, “дымящую” во влажном воздухе (реакция 8). Приведите уравнения упомянутых реакций.

### Задача №10-3

Два химических элемента **X** и **Y** расположены в одном периоде Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева. В виде простого вещества **X** представляет собой твердое белое вещество **A** с желтым отливом, мягкое и легко окисляющееся на воздухе, а **Y** – желто-зеленый газ **B** с резким запахом. Молекулярные массы **A** и **B** различаются в 1,75 раз.

Вещества **А** и **Б** реагируют друг с другом, причем при недостатке **Б** образуется жидкое вещество **В** (реакция 1), а при избытке **Б** – твердое вещество **Г** (реакция 2). Массовая доля элемента **Х** в веществе **В** составляет 22,55%, а в веществе **Г** – 14,87%. Вещества **В** и **Г** реагируют с водой, при гидролизе **В** образуется кислота **Д** (реакция 3), а при гидролизе **Г** – кислота **Е** ( $\omega(\text{H}) = 3,06\%$ ) (реакция 4). Кроме того, в обеих реакциях выделяется газообразное вещество **Ж**. При реакции кислоты **Е** с гидроксидом кальция (реакция 5) образуется соль **З**, которая является основной составной частью минералов, из которых получают **Х** и его соединения.

6. Определите элементы **Х** и **У**, напишите их символы и конфигурации электронных оболочек в виде  $1s^2 \dots$ . Укажите, атом какого из элементов имеет больший радиус и у которого из них сильнее выражены неметаллические свойства.
7. Напишите формулы веществ **А** – **З**, ответ подтвердите расчетом. Как называется аллотропная модификация **Х**, описанная в задаче?
8. Для кислот **Д** и **Е** изобразите структурные формулы.
9. Напишите уравнения реакций 1–5, а также уравнение реакции, лежащее в основе лабораторного способа получения вещества **Ж**.
10. Рассчитайте массу 5% водного раствора кислоты **Е**, который можно получить из 31 г простого вещества **А** по описанным в условии реакциям. Чему равна молярная концентрация полученного раствора, если его плотность равна 1,025 г/мл?

#### Задача №10-4

Темно-фиолетовое вещество **А** содержит 24,68 масс.% калия и 34,81 масс.% марганца. Навеску 7,9 г вещества **А** прокалили (реакция 1), а выделяющийся при этом газ **Х** собрали в специальный прибор, где действовали него электрическим током (реакция 2), при этом была получена газовая смесь **У**, плотность которой увеличилась в 1,2 раза по сравнению с плотностью газа **Х**. Газ **У** пропустили через водный раствор иодида калия, подкисленного серной кислотой, в результате чего раствор побурел (реакция 3).

1. Установите брутто-формулу вещества **А**, ответ подтвердите расчетом, назовите это вещество.
2. Напишите уравнение реакции 1. Определите химическую формулу **Х**. Рассчитайте, какой объем газа **Х** (при н.у.) был получен при разложении 7,9 г **А**.
3. Напишите уравнение реакции 2. Рассчитайте состав газовой смеси **У** (в об. %), назовите более тяжелый компонент смеси. Напишите реакцию этого компонента с надпероксидом калия.
4. Напишите уравнение реакции 3. Для какой цели можно использовать данную реакцию?

#### Задача №10-5

Одним из пропеллентов, используемых в аэрозольных дезодорантах, является углеводород **Х**. При сжигании 5,6 л **Х** (н.у.) было получено 22,5 г воды и газ **У**, который при пропускании через избыток известковой воды (реакция 1) дал 100 г осадка. Вещество **Х** существует в виде двух изомеров – **Х<sub>1</sub>** (линейного строения) и **Х<sub>2</sub>**. При полном сгорании 5,6 л изомера **Х<sub>1</sub>** (реакция 2) выделяется 670 кДж теплоты, а при сгорании такого же количества изомера **Х<sub>2</sub>** (реакция 3) выделяется 665 кДж.

1. Установите формулу углеводорода **Х**, рассчитайте массу сожженной навески **Х**. Напишите уравнение реакции 1. Изобразите структурные формулы **Х<sub>1</sub>** и **Х<sub>2</sub>**.
2. Рассчитайте тепловые эффекты реакций сгорания изомеров **Х<sub>1</sub>** и **Х<sub>2</sub>** на 1 моль и напишите термохимические уравнения сгорания (уравнения 2-3, при написании используйте брутто-формулу вещества **Х**).

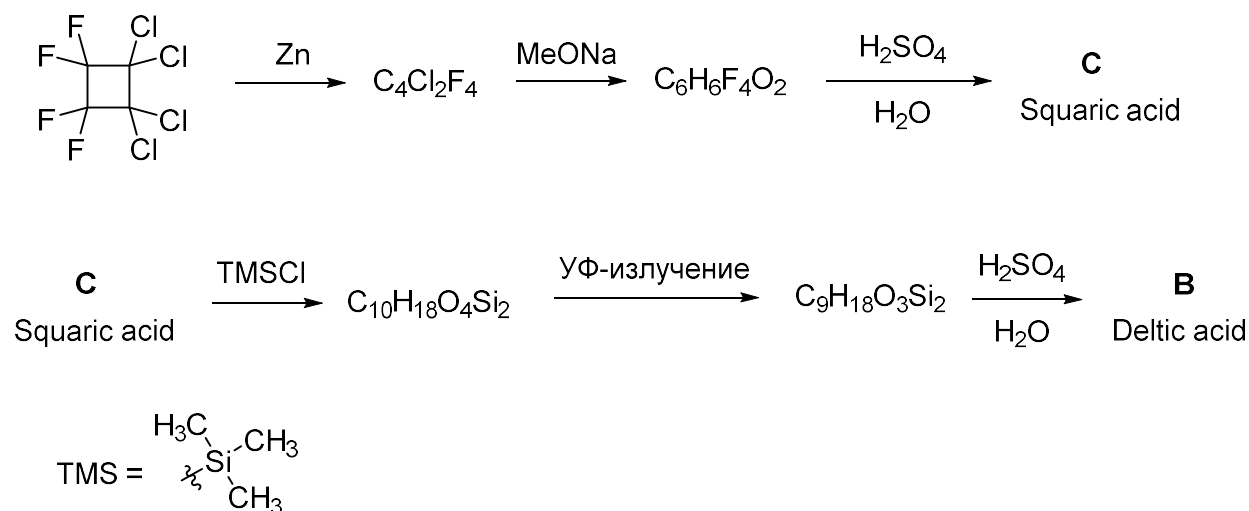
3. Из некоторого пропеллента была выделена смесь, содержащая 20%  $X_1$  и 80%  $X_2$ . Данную смесь подвергли фотохимическому бромированию при 200°C (реакции 4,5), при этом было получено четыре монобромпроизводных. Напишите схемы реакций бромирования каждого из изомеров, обведите в каждом случае основной продукт. Рассчитайте состав полученной смеси монобромпроизводных (мольные %), если относительные скорости замещения при третичных, вторичных и первичных атомах углерода в этих условиях относятся как 200 : 50 : 1.

Известно, что при нагревании индивидуального изомера  $X_1$  в присутствии хлорида алюминия (реакция б) образуется смесь изомеров, реакция изомеризации обратима. Так, в одном из опытов при нагревании до 300°C была получена смесь, содержащая 95%  $X_2$  и 5%  $X_1$ . Рассчитайте константу равновесия изомеризации в этих условиях и изменение свободной энергии Гиббса ( $\Delta G = -RT \cdot \ln K$ ).

### 1.2.3. Задания 11 класса

#### Задача №11-1

История открытия этих кислот началась чуть менее 200 лет назад с открытия калиевой соли кислоты *D*. С тех пор известны 5 двухосновных кислот схожих по строению. Кислота *A* является неустойчивой и существует в виде таутомера *A'*. Кислоты *B-E* более устойчивы, могут быть выделены в твердом виде. Схема получения кислот *B* и *C* представлена ниже:



Задание:

- Определите структуры кислот *A-E* и *A'*. Известно, что по данным масс-спектрометрии массы молекулярных ионов для соединений составляют:
  - $m/z [A-H]^-$ : 57;
  - $m/z [A'+H]^+$ : 59
  - $m/z [B-H]^-$ : 85;
  - $m/z [C-H]^-$ : 113;
  - $m/z [D-H]^-$ : 141;
  - $m/z [E-H]^-$ : 169.
- Напишите уравнения реакции получения *B* и *C*, представленные в схеме.
- Объясните сильные кислотные свойства кислот *B-E*.

#### Задача №11-2

Гидроксипропилметилцеллюлоза (ГПМЦ) – пищевая добавка, применяющаяся в качестве стабилизатора. Зарегистрирована под кодом Е-464. Благодаря свойствам пищевого



стабилизатора Е-464 гидроксипропилметилцеллюлоза обладает способностью сохранять и улучшать консистенцию и вязкость продуктов питания.

ГПМЦ получают следующим образом: первоначально целлюлозу обрабатывают NaOH, а затем метилхлоридом и окисью пропилена.

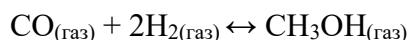
Для оценки количества введенных заместителей в ГПМЦ используют метод расщепления простых эфирных связей с помощью HI с последующим определением количества образующихся алкилиодидов.

1. *Выскажите свои соображения на вопрос почему при введении в молекулу целлюлозы гидрофобных метил- или этильных радикалов растворимость в воде полученных эфиров по сравнению с целлюлозой увеличивается?*
2. *Напишите структурный фрагмент ГПМЦ, содержащий на одно глюпиранозное звено один метильный и один гидроксипропильный радикал. Приведите уравнение реакции получения ГПМЦ такого строения.*
3. *Определите весовое содержание метильных и гидроксипропильных радикалов по следующим данным. При расщеплении 10 г ГПМЦ с помощью избытка HI было получено 6,42 г иодметана и 8,5 г 1,2-диiodпропана. Приведите уравнение реакции расщепления ГПМЦ.*

### Задача №11-3

Представьте, что Вы оказались на стажировке в крупном заводе промышленного органического синтеза, и как настоящему инженеру Вам поручили решить несколько важных производственных задач.

Один из основных технологических процессов в промышленной органической химии – получение метанола из синтез-газа.

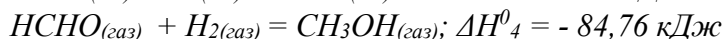
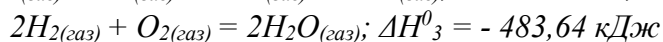
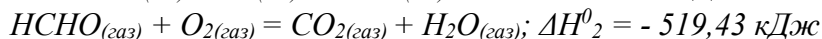


На первом этапе было необходимо отрегулировать давление в реакторе таким образом, чтобы выход метанола достиг 90%. Коллеги помогли со справочной информацией и сообщили, что при 500 К константа равновесия данной реакции равна  $K_p = 6,09 \cdot 10^{-3}$ .

1. *Рассчитайте общее давление в реакторе, необходимое для получения метанола, если CO и H<sub>2</sub> поступают в реактор в соотношении 1:3.*

На втором этапе возникли сложности с термохимией процесса.

2. *Используя данные термохимические уравнения, вычислите тепловой эффект реакции получения метанола.*



3. *Объясните, как изменится выход метанола при:*

*а) увеличении давления в реакторе;*

*б) повышении температуры реакционной смеси.*

В ходе третьего этапа Вам предложили проверить состав катализатора для оптимального проведения синтеза.

Катализатор представляет собой смесь двух оксидов металлов в мольном отношении 1:8. В навеске 1,488 г металла, составляющего оксид с большей мольной долей, содержится  $1,37 \cdot 10^{22}$  атомов. Массовая доля другого металла в катализаторе равна 13%, а его степень окисления равна +3.

4. *Установите состав катализатора. Во сколько раз его наличие повышает скорость реакции, если известно, что энергия активации уменьшается на 15 кДж/моль?*

### Задача №11-4

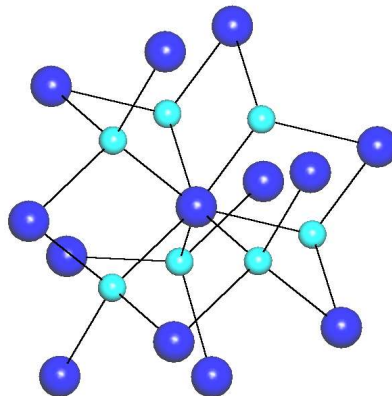
Через растворы сульфида калия и нитрата ртути (II) каждый объемом 1,000 л непродолжительное время пропускали постоянный электрический ток разной силы. Известно, что масса раствора нитрата ртути (II) уменьшилась на 10,850 г. После электролиза получившиеся растворы слили, в результате выпал черный осадок, цвет которого меняется на красный при перетирации, массой 11,650 г, pH нового раствора равен 13,4. Чтобы полностью осадить сульфид ионы получившегося раствора необходимо 100,000 г 20,250% раствора хлорида меди (II).

Процессом гидролиза солей и изменением объемов растворов при выпадении осадков или выделении газов пренебречь.

1. *Напишите уравнения описанных реакций. Для электролиза напишите уравнения, происходящие на каждом электроде, и результирующее уравнение реакции*
2. *Определите содержание T (г/л) солей в исходных растворах.*
3. *Почему в условиях данной задачи можно пренебречь гидролизом  $K_2S$  в получившемся при сливании растворе?*

### Задача №11-5

Одна из полиморфных модификаций (модификация высокого давления) простого вещества **X** характеризуется кубической объемноцентрированной элементарной ячейкой (атомы расположены в вершинах и в центре куба), причем кратчайшее межатомное расстояние **X–X** составляет 2,847 Å. Плотность этой модификации – 11,0994 г/см<sup>3</sup>. При комнатной температуре и обычном давлении устойчива другая модификация – тетрагональная. Охлаждение тетрагональной модификации приводит к образованию алмазоподобной кристаллической решетки и сопровождается значительным увеличением объема. Элемент **X** образует хлорид (**A**), фрагмент структуры которого приведен на рисунке (**X** – темные кружки, указано ближайшее окружение атома **X** и связанных с ним атомов хлора).



1. *Определите элемент **X** исходя из данных о структуре модификации высокого давления.*
2. *Определите формулу хлорида **A** исходя из данных о его структуре.*
3. *Взаимодействие **X** с серой приводит к образованию сульфида **B**, (реакция 1), который способен окисляться полисульфидами щелочных металлов или аммония (например,  $Na_2S_2$ ), образуя тиосоли **B** (реакция 2). Подкисление тиосоли соляной кислотой приводит к ее разложению (реакция 3) с образованием сульфида **Г**. Взаимодействие полученного сульфида с сульфидом натрия приводит к образованию упомянутой выше тиосоли **B** (реакция 4).*

4. Хлорид А растворяется в концентрированной соляной кислоте (реакция 5), а также в концентрированных щелочах без образования осадка (реакция 6).
5. Хлорид А при обработке хлором превращается в хлорид Д (реакция 7), представляющий из себя маслообразную жидкость, “дымящую” во влажном воздухе (реакция 8). Приведите уравнения упомянутых реакций.

### 1.3. Задания Экспериментального тура

#### 1.3.1. Задание 9 класса

Металлический цинк широко используется в качестве электродов в химических источниках тока, входит в состав латуней и используется в металлургии в качестве восстановителя. В промышленности металлический цинк получают из полиметаллических сульфидных руд, содержащих помимо цинка кадмий, свинец, висмут, золото, серебро, медь и другие элементы. Выделение цинка из такой смеси – сложная технологическая задача, ее можно решить, используя различия в химических свойствах элементов, входящих в состав полиметаллических руд.

Несмотря на то, что данная задача решена в промышленности попробуем изучить свойства некоторых элементов полиметаллических руд и предложить способ их разделения.

Вам выданы два комплекта пробирок:

Комплект 1, обозначенных А, Б, В, Г и содержащих растворы гидроксида натрия, аммиака, сульфида натрия и иодида калия.

Комплект 2, обозначенных номерами 1–5, и содержащих растворы нитратов цинка, меди (II), кадмия, свинца и серебра.

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

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

**Оборудование:** штатив с пробирками.

#### 1.3.2. Задание 10 класса

Один из промышленных способов производства сульфида натрия основан на восстановлении сульфата натрия углеродом с последующим выщелачиванием и упариванием полученного раствора. Количественное определение сульфида натрия в образующемся при выщелачивании растворе, необходимое для контроля производственного процесса, основано на его взаимодействии с избыточным количеством титрованного раствора иода и обратном титровании непрореагировавшего иода стандартизованным раствором тиосульфата натрия.

##### Методика определения содержания сульфида натрия

В коническую колбу для титрования наливают пипеткой 20,0 мл 0,025 моль/л раствора йода, 10 мл 10 % раствора уксусной кислоты и разбавляют дистиллированной водой до объема примерно 70–100 мл. Затем при перемешивании приливают 10,0 мл анализируемого раствора, колбу закрывают пробкой, хорошо перемешивают и оставляют на 5 минут в темном месте. Избыток йода титруют 0,050 моль/л раствором тиосульфата натрия до светло-желтой окраски раствора, после чего добавляют 5–6 капель раствора крахмала и титруют до полного

обесцвечивания раствора. Титрование повторяют до получения двух результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл.

1. *Напишите уравнения химических реакций, используемых для получения сульфида натрия и определения его количества в технологическом растворе.*
2. *Определите содержание сульфида натрия в выданном вам образце технологического раствора (в г/л) и массу наонагидрата сульфида натрия, которую можно получить при упаривании 1 т технологического раствора. Плотность технологического раствора примите равной 1000 кг/м<sup>3</sup>.*

**Реактивы:** 0,025 моль/л I<sub>2</sub>, 0,050 моль/л Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 10% CH<sub>3</sub>COOH, 1% крахмал

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

### 1.2.3. Задание 11 класса

Гидроксид натрия – важное химическое сырье в промышленности получают несколькими способами:

1. Электролизом водных растворов хлорида натрия.
2. Спеканием кальцинированной соды с оксидом железа (III) с последующим выщелачиванием полученного плава горячей водой (ферритный способ).
3. Обработкой растворов соды негашеной известью при 70–90°C (известковый метод).

После отделения осадка карбоната кальция в известковом методе, образовавшийся маточный раствор содержащий карбонат и гидроксид натрия подвергают упариванию для получения целевого продукта. Количественный анализ маточного раствора основан на его ацидометрическом титровании.

#### Определение содержания гидроксида и карбоната натрия

Навеску маточного раствора массой 1,000 г переносят в мерную колбу на 100 мл и разбавляют до метки дистиллированной воды, получая анализируемый раствор.

Аликвоту анализируемого раствора объемом 10 мл переносят в коническую колбу и разбавляют дистиллированной водой до объема 70–100 мл, добавляют 2–3 капли фенолфталеина, тщательно перемешивают и титруют 0,100 моль/л раствором хлороводородной кислоты до обесцвечивания раствора. Объем раствора хлороводородной кислоты затраченный на титрование записывают, к титруемому раствору прибавляют несколько капель индикатора метилового оранжевого и продолжают титровать 0,1 моль/л раствором хлороводородной кислоты до перехода окраски из желтой в оранжевую и записывают общий объем затраченного раствора кислоты.

Титрование повторяют до получения двух результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл по обоим объемам.

1. *Напишите уравнения реакций, используемых для получения гидроксида натрия приведенными в задаче методами.*
2. *С помощью описанного методики, используя имеющееся на столе оборудование, определите массовую долю гидроксида и карбоната натрия в маточном растворе процесса каустификации, если карбонат натрия в присутствии фенолфталеина титруется до гидрокарбоната, а в присутствии метилоранжа – гидрокарбонат натрия титруется до хлорида натрия. Обратите внимание, что вам выдан анализируемый раствор приготовленный из маточного раствора каустификации.*

*3. Рассчитайте массу технического гидроксида натрия, которую можно получить при упаривании 1 т маточного раствора каустификации, если в готовом продукте содержится 8 мас.% воды и 4 мас.% карбоната натрия. Остальное количество карбоната калия отделяется от маточного раствора в процессе упарки.*

**Реактивы:** 0,100 моль/л HCl, метиловый оранжевый, фенолфталеин

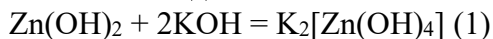
**Оборудование:** колба мерная на 100 мл, пипетка на 10 мл, конические колбы для титрования, бюретка, воронка, стаканчик на 50 мл.

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

### 2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура

#### 2.1.1. Задания 9 класса

##### Задача №9-1



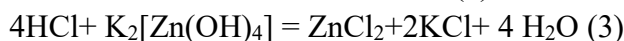
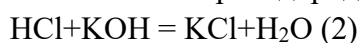
Вычислим количества веществ взятых для приготовления раствора:

$$n(\text{KOH}) = 173,6 / 56 = 3,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{Zn}(\text{OH})_2) = 29,7/99 = 0,3 \text{ моль}$$

Так как гидроксид цинка содержится в недостатке, то в полученном растворе содержится 0,3 моль комплексной соли  $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$  и  $3,1 - 2 \cdot 0,3 = 2,5$  моль KOH.

Оба вещества способны взаимодействовать с хлороводородной кислотой:



Вычислим, какое количество KOH и  $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$  содержится в 1 мл исходного раствора:

$$\text{в } 500 \text{ мл содержится } 2,5 \text{ моль KOH}$$

$$\text{в } 1,0 \text{ мл содержится } X \text{ моль KOH}$$

$$X = n'(\text{KOH}) \cdot 2,5 \cdot 1,0 / 500 = 0,005 \text{ моль}$$

Аналогично  $n'(\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = 0,0006 \text{ моль}$

Согласно уравнениям реакций (2) и (3):

$$n'(\text{HCl}) = n'(\text{KOH}) = 0,005 \text{ моль}$$

$$n''(\text{HCl}) = 4n(\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = 4 \cdot 0,0006 = 0,0024 \text{ моль}$$

Вычислим количество HCl в конечном растворе:

$$V_{\text{об}} = 1,0 + 20,0 = 21,0 \text{ мл} = 0,021 \text{ л}$$

$$n(\text{HCl}) = 0,05 \cdot 0,021 = 0,00105 \text{ моль}$$

Найдем количество HCl в добавленном растворе:

$$n(\text{HCl})_{\text{доб}} = n'(\text{HCl}) + n''(\text{HCl}) + n(\text{HCl}) =$$

$$= 0,005 + 0,0024 + 0,00105 = 0,00845 \text{ моль}$$

Вычислим концентрацию хлороводородной кислоты:

$$C(\text{HCl}) = 0,00845/0,02 = 0,423 \text{ моль/л}$$

##### Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) – (3).	3 б.
Расчет количества KOH и $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ в исходном растворе.	2 б.
Расчет количества KOH и $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ в 1 мл раствора.	2 б.
Расчет количества вещества и концентрации HCl.	3 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

##### Задача №9-2

$$1. \quad \rho = \frac{M \cdot z}{N_A \cdot V} \quad \text{или} \quad \rho = \frac{1,66 \cdot M \cdot z}{V}, \quad \text{где } \rho - \text{плотность кристаллического вещества, г/см}^3; M$$

– молярная масса вещества, г/моль; Z – число формульных единиц, содержащихся в одной элементарной ячейке; V – объем элементарной ячейки, Å<sup>3</sup>. Z = 2, M = 79, X = Se.

$M(X_n) = 631,8$ , следовательно – Se<sub>8</sub>

$M(X_m) = 473,9$ , следовательно – Se<sub>6</sub>

2. Кислота К -  $\text{H}_2\text{SeO}_4$ , из ее водного раствора могут быть получены только гидраты.  $M(Y) = 163.04$ , значит  $Y = \text{H}_2\text{SeO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  или  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{HSeO}_4^-)$ .
3.  $M(Y) = 217.11$ , значит  $Z = \text{H}_2\text{SeO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  или  $(\text{H}_5\text{O}_2)_2\text{SeO}_4$ .
- $$\text{Se} + 2\text{NO}_2 = \text{SeO}_2 + 2\text{NO} \text{ (допускается } \text{N}_2\text{)} \quad (1)$$
- $$\text{SeO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SeO}_3 \quad (2)$$
- $$3\text{Se} + 4\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} = 3\text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\text{NO} \quad (3)$$
- $$\text{H}_2\text{SeO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{SeO}_4 + \text{H}_2\text{O} \quad (4)$$
- $$2\text{Au} + 6\text{H}_2\text{SeO}_4 = \text{Au}_2(\text{SeO}_4)_3 + 3\text{SeO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \quad (5)$$

### Разбалловка

Определение элемента <b>X</b> .	2 б.
Определен состав молекул <b>X<sub>n</sub></b> и <b>X<sub>m</sub></b> .	2x1 б. = 2 б.
Определен состав формул веществ <b>Y</b> и <b>Z</b>	2x1 б. = 2 б.
если указаны оксониевые катионы, то +0.5 балла.	2x0,5 б. = 1 б.
Написаны уравнение реакции вещества <b>X</b> с оксидом азота и уравнение реакции получения кислоты, реакции (1), (2).	2x0,5 б. = 1 б.
Написаны реакции (3) – (5).	3x1 б. = 3 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача №9-3

Из описания свойств веществ можно сделать вывод, что вещество А – сера. Газы D и E с неприятным запахом – это сероводород и сернистый газ, что можно подтвердить расчетом:

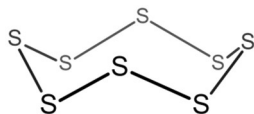
$$M(\text{SO}_2) / M(\text{H}_2\text{S}) = 64 / 34 = 1,882.$$

Таким образом,

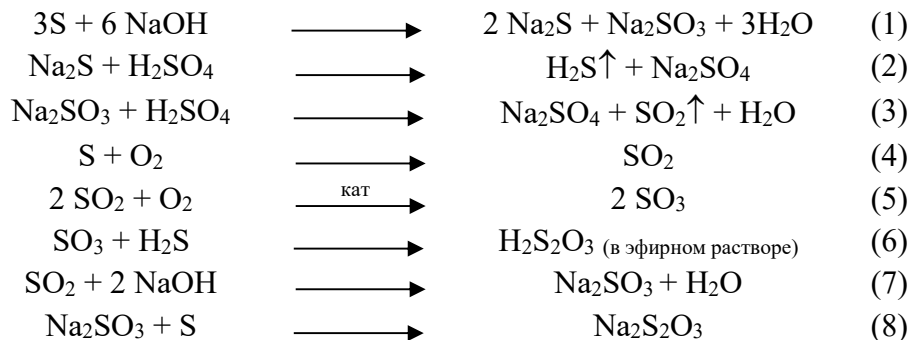
A	B	C	D	E	F	G	H
S	Na <sub>2</sub> S	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

Молярная масса наиболее устойчивой модификации вещества А:

$M(A) = M(\text{SO}_2) \times 4 = 64 \times 4 = 256$  г/моль, что соответствует молекуле **S<sub>8</sub>**, имеющей циклическое строение в виде конформации «короны»:



Резиноподобная модификация – пластическая сера.

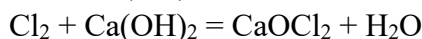


### Разбалловка

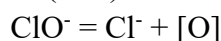
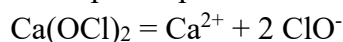
Определение веществ <b>A – H</b> .	8x 0.5 б. = 4 б.
Вычисление молярной массы наиболее устойчивой модификации серы, написание её молекулярной и структурной формул, написание названия резиноподобной модификации.	4x 0.5 б. = 2 б.
Написание уравнений реакции (1) – (8).	8x 0.5 б. = 4 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

#### Задача №9-4

- По краснокирпичному окрашиванию пламени можно определить, что металл в составе соединений это кальций. С помощью расчетов можно определить массу соединений **A** и **C**,  $M_A = 127$  г/моль,  $M_C = 74$  г/моль, соответственно газ **B** –  $Cl_2$ , вещество **A** имеет формулу  $CaOCl_2$ , соединение **C** –  $Ca(OH)_2$ .



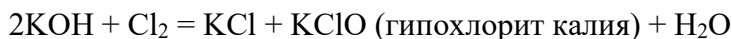
- Соль **A**<sup>1</sup> –  $CaCl_2$  (хлорид кальция), соль **A**<sup>2</sup> –  $Ca(OCl)_2$  (гипохлорит кальция). Свои свойства гипохлорит кальция проявляет за счет выделения атомарного кислорода при разложении неустойчивого гипохлорит-иона, а также за счет выделения хлора и кислорода при взаимодействии с углекислым газом.



- Соединение **D** содержит в себе калий, из последнего предложения становится ясно, что **D** –  $KOH$ , соединение **E** соответственно  $NaOH$ .



Или



#### Разбалловка

Определение веществ <b>A – C</b>	3x0.5 б. = 1.5 б.
Написание реакции получения соединения <b>C</b>	1.5 б.
Определение веществ <b>A</b> <sup>1</sup> , <b>A</b> <sup>2</sup>	2x1 б. = 2 б.
Объяснение отбеливающих и дезинфицирующих свойств соединения <b>A</b> <sup>2</sup> за счёт выделяющихся хлора и кислорода.	2x0.5 б. = 1 б.
Подтверждение выделения кислорода и хлора с помощью реакций (не более трех)	3x 0.5 б. = 1.5 б.
Определение веществ <b>D</b> , <b>E</b>	2x0,5 б. = 1 б.
Написание реакций взаимодействия хлора с растворами соединений <b>D</b> и <b>E</b>	2x 0.5 б. = 1 б.
Написание названий образующихся гипохлоритов	2x 0.25 б. = 0.5 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

#### Задача №9-5

- Определим газ **Z**, рассчитав его молярную массу через плотность по гелию

$$M(Z) = D_{He}(Z) \cdot M(He) = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ г/моль. Следовательно, газ } Z - H_2 \text{ (водород).}$$



- 2) Определим простое вещество  $Y$ , рассчитав его молярную (атомную) массу, используя массовые доли в соединениях

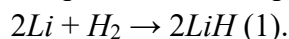
$$M(Y) = \frac{M(CO_3^{2-}) \cdot \omega(Y)}{\omega(CO_3^{2-})} = \frac{60 \cdot 18,79}{81,21} = 13,88 \text{ г/моль,}$$

$$M(Y) = \frac{M(N^{3-}) \cdot \omega(Y)}{\omega(N^{3-})} = \frac{14 \cdot 59,794}{40,206} = 20,82 \text{ г/моль,}$$

$$M(Y) = \frac{M(SiO_3^{2-}) \cdot \omega(Y)}{\omega(SiO_3^{2-})} = \frac{76 \cdot 15,43}{84,57} = 13,87 \text{ г/моль.}$$

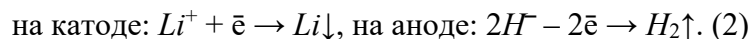
Полученные значения молярных (атомных) масс  $Y$  отличаются в различных соединениях и не находят совпадений в периодической системе со значениями атомных масс элементов, дающих катионы с зарядами  $2+$  и  $3+$ , следовательно, полученные данные могут соответствовать элементу, образующему однозарядный катион с молярной (атомной) массой  $M(Y) = 13,88/2 = 20,82/3 = 6,94$  г/моль, и элемент  $Y - Li$  (литий).

- 3) Взаимодействие лития и водорода при  $500-700^\circ\text{C}$  проходит по уравнению



Таким образом, соединение  $X$  – гидрид лития  $LiH$ .

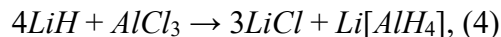
- 4) При электролизе расплава гидроксида лития идет процесс его разложения:



- 5) При достижении  $850^\circ\text{C}$  гидрид лития также разлагается на исходные вещества



- 6) В среде эфира гидрид лития взаимодействует с хлоридом алюминия

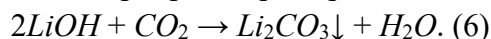


образуя комплексный тетрагидридоалюминат лития (литий-алюминий гидрид).

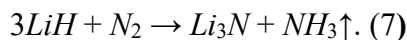
- 7) В результате бурной реакции гидроксида лития и воды образуются гидроксид лития и водород



- 8) Пропускание углекислого газа через раствор гидроксида лития дает осадок карбоната



Взаимодействие гидроксида лития с азотом при  $450^\circ\text{C}$  приводит к образованию аммиака и нитрида лития



- 9) Реакция гидроксида лития с оксидом кремния при  $200^\circ\text{C}$  дает метасиликат лития, элементарный кремний и водород



### Разбалловка

Определение соединений $Z, Y, X$	3x 1 б. = 3 б.
Написание уравнений электролиза гидроксида лития на аноде и катоде	2x 0.5 б. = 1 б.
Написание уравнений (3) – (8)	6x 1 б. = 6 б.
ИТОГО	10 б.

## 2.1.2. Задания 10 класса

## Задача №10-1

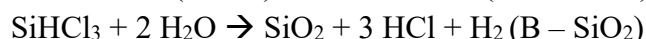
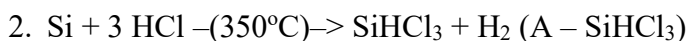
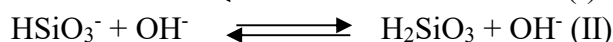
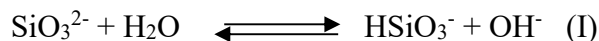
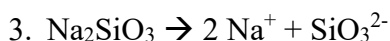
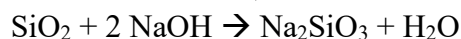
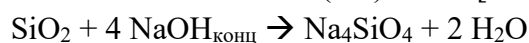
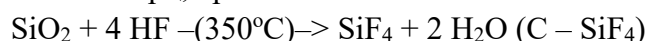
1.  $m = v \cdot M$

$$V \cdot \rho = n / N_A \cdot M$$

$$a^3 \cdot \rho = n / N_A \cdot M$$

$$n = 8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 + 4 = 1 + 3 + 4 = 8$$

$$M = (a^3 \cdot \rho \cdot N_A) / n = ((0.543 \cdot 10^{-9} \text{ м})^3 \cdot 2330 \text{ кг/м}^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}) / 8 = 0.028 \text{ кг/моль} \\ = 28 \text{ г/моль} \Rightarrow \mathbf{X - Si}$$

SiO<sub>2</sub> – кварц, кремнезём

$$K_{\text{r}}^{\text{I}} = [\text{HSiO}_3^-] \cdot [\text{OH}^-] / [\text{SiO}_3^{2-}] = [\text{HSiO}_3^-] \cdot [\text{OH}^-] \cdot [\text{H}^+] / [\text{SiO}_3^{2-}] / [\text{H}^+] = K_w / K_{\text{a}}^{\text{II}} = 1 \cdot 10^{-14} / 1.6 \cdot 10^{-12} = 6.25 \cdot 10^{-3}$$

$$K_{\text{r}}^{\text{II}} = K_w / K_{\text{a}}^{\text{I}} = 1 \cdot 10^{-14} / 2.2 \cdot 10^{-10} = 4.55 \cdot 10^{-5}$$

$$K_{\text{r}}^{\text{I}} = x^2 / (0.1 - x) = 6.25 \cdot 10^{-3} \Rightarrow x = 0.0221$$

$$K_{\text{r}}^{\text{II}} = y^2 / (0.0221 - y) = 4.55 \cdot 10^{-5} \Rightarrow y = 0.00098$$

 $x \gg y \Rightarrow$  гидролиз по второй ступени можно не учитывать.

$$\text{pOH} = -\lg(x) = -\lg 0.0221 = 1.66$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 12.34$$

## Разбалловка

Определение вещества <b>X</b> , подтвержденное расчетами без подтверждения расчетами – 0,5 б.	1.5 б.
Написание уравнений реакций (1) – (6)	6x0.75 б. = 4.5 б.
Дано тривиальное название <b>B</b>	1 б.
Рассчитана концентрация гидроксид-ионов в результате гидролиза по первой ступени	1 б.
Сделан вывод, что гидролиз соли <b>E</b> по второй ступени можно не учитывать	1 б.
Найден pH раствора соли <b>E</b>	1 б.
ИТОГО	10 б.

## Задача №10-2

Из описания свойств веществ можно сделать вывод, что вещество А – сера. Газы D и E с неприятным запахом – это сероводород и сернистый газ, что можно подтвердить расчетом:

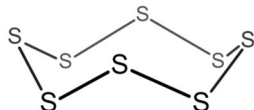
$$M(\text{SO}_2) / M(\text{H}_2\text{S}) = 64 / 34 = 1,882.$$

Таким образом,

A	B	C	D	E	F	G	H
S	Na <sub>2</sub> S	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

Молярная масса наиболее устойчивой модификации вещества А:

$M(A) = M(SO_2) \times 4 = 64 \times 4 = 256$  г/моль, что соответствует молекуле **S<sub>8</sub>**, имеющей циклическое строение в виде конформации «короны»:



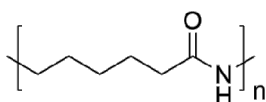
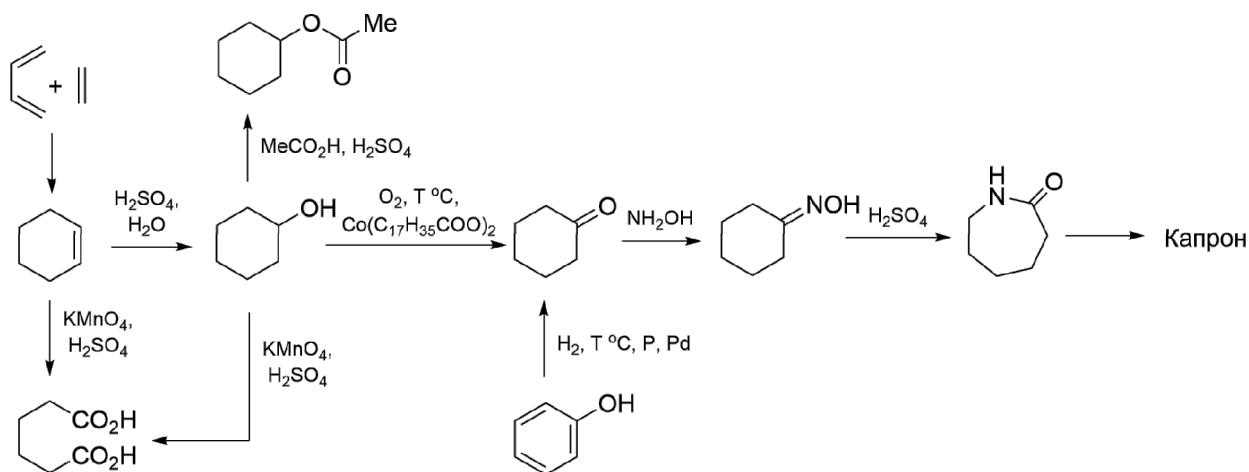
Резиноподобная модификация – пластическая сера.



#### Разбалловка

Определение веществ А – Н.	8x 0.5 б. = 4 б.
Вычисление молярной массы наиболее устойчивой модификации серы, написание её молекулярной и структурной формул, написание названия резиноподобной модификации.	4x 0.5 б. = 2 б.
Написание уравнений реакции (1) – (8).	8x 0.5 б. = 4 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

#### Задача №10-3



- А – бутadiен-1,3  
 В – этен  
 С – циклогексен  
 D – 1,6-гександиовая кислота/адипиновая кислота  
 E – циклогексанол  
 F – циклогексилацетат  
 G – циклогексанон  
 H – фенол  
 I – циклогексаноноксим  
 J – лактам ε-аминокапроновой кислоты, капролактam

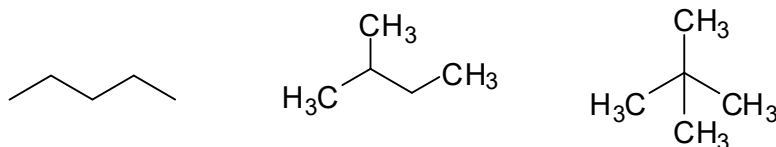
### Разбалловка

Написание соединений А – J и их названий	20x 0.45 б. = 9 б.
Нарисованная структурная формула капрона	1 б.
ИТОГО	10 б.

### Задача №10-4

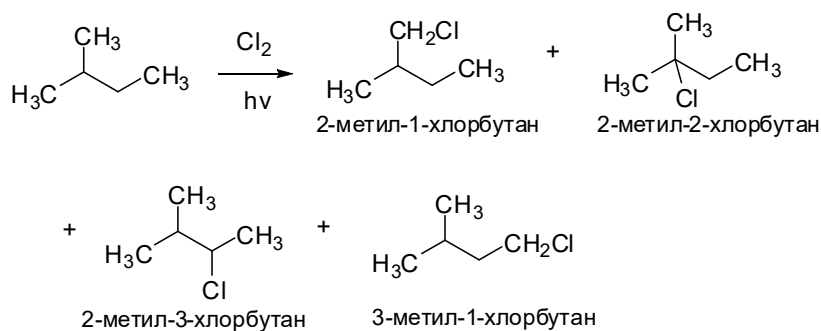
- А =  $C_5H_{12}$  – пентан ( $M = 72$  г/моль),  $\omega(H) = 12/72 = 16,667\%$   
 Б =  $C_6H_{14}$  – гексан ( $M = 86$  г/моль),  $\omega(H) = 14/86 = 16,279\%$   
 $86/72 = 1,194$

2. Пентан имеет три структурных изомера:

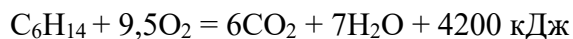
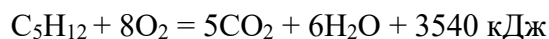


Третичный атом имеется во втором изомере.

Схема реакции его фотохимического хлорирования:



- Термохимические уравнения сгорания



- Пусть, было сожжено  $x$  моль  $C_5H_{12}$  и  $y$  моль  $C_6H_{14}$

Составим и решим систему уравнений:

$$72x + 86y = 3,74$$

$$3540x + 4200y = 183,6$$

$$x = 0,04 \text{ моль } C_5H_{12} \text{ (2,88 г)}$$

$$y = 0,01 \text{ моль } C_6H_{14} \text{ (0,86 г)}$$

$$\varphi(C_5H_{12}) = 0,04 / 0,05 = 80\%$$

$$\varphi(\text{C}_6\text{H}_{14}) = 0,01 / 0,05 = 20\%$$

$$5. Q = C \times m \times \Delta T = 1 \times 4,2 \times 75 = 315 \text{ кДж}$$

3,74 г смеси дает 183,6 кДж

X г - 315 кДж

$$X = 6,42 \text{ г смеси}$$

#### Разбалловка

Установление брутто-формул алканов А и Б	2x 1 б. = 2 б.
Изображение трех структурных изомерных форм пентана	3x0.5 = 1.5 б
Написание реакции хлорирования 2-метилбутана, написание названий всех продуктов, 0,25 б. за продукт и 0,25 б. за название по номенклатуре ИЮПАК.	8x 0.25 б. = 2 б.
Написание термохимических уравнений сгорания А и Б.	2x 1 б. = 2 б.
Рассчитаны объемные доли веществ А и Б в смеси.	2x 0.5 б. = 1 б.
Рассчитана масса смеси, необходимая для нагрева воды.	1.5 б
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

#### Задача №10-5

Вещества:

А –  $\text{CHCl}_3$  (хлороформ);

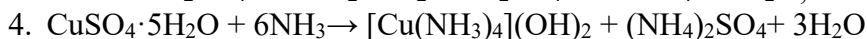
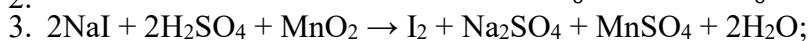
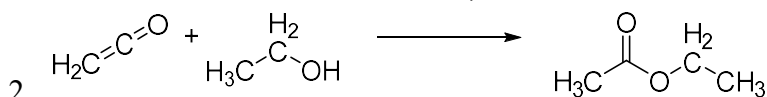
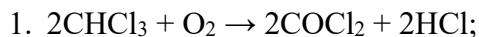
В –  $\text{NH}_3$ ;

С –  $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$  (этилацетат);

Д –  $\text{I}_2$  (йод);

Е –  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (медный купорос).

Реакции:



Поскольку реакция идет в растворе, то кристаллогидрата в нем уже нет, поэтому реакцию правильнее записать:



Цвета коктейля: нижний слой – фиолетовый, средний слой – сине-фиолетовый (васильковый), верхний слой – красно-коричневый (вишневый)

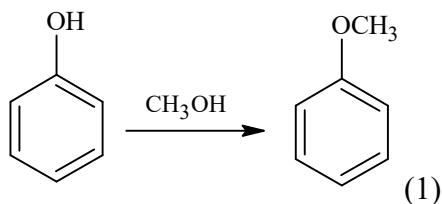
#### Разбалловка

Определение формул веществ А–Е	5x1 б. = 5 б.
Написание уравнений реакций (1) – (4)	4x1 б. = 4 б.
Указание цветов слоев коктейля	1 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

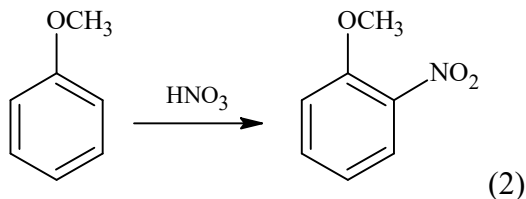
#### 2.1.3. Задания 11 класса

#### Задача №11-1

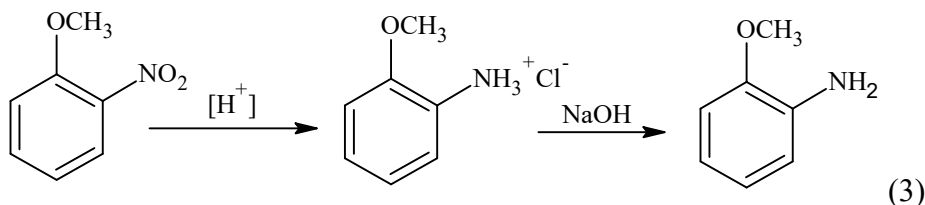
Взаимодействие фенола и метанола приводит к образованию метоксибензола (анизола – вещества F):



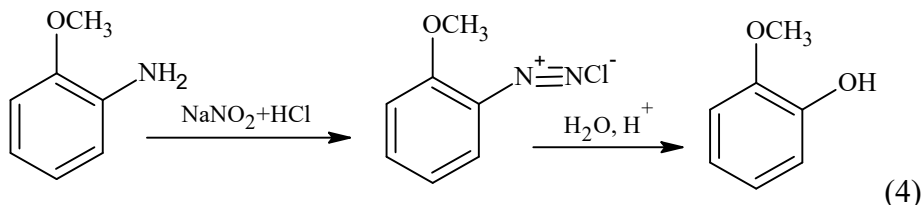
Нитрование анизола приведет к смеси о-нитроанизола (2-нитрометоксибензола) и п-нитроанизола (4-нитрометоксибензола). Так как в следующей реакции образуется орто-изомер, то выбираем о-нитроанизол:



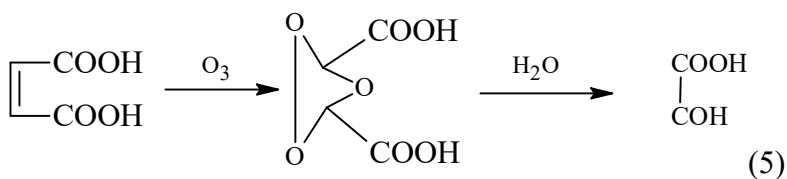
Восстановление о-нитроанизола атомарным водородом приводит к образованию хлоридной соли о-анизида (2-метоксианилина), действием гидроксида натрия выделяют о-анизид (2-метоксианилин, вещество E):



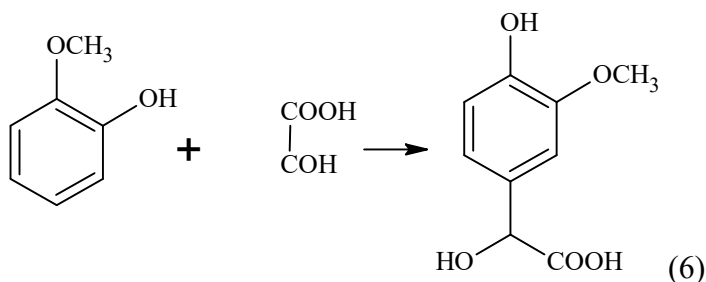
Диазотирование 2-метоксианилина и последующий гидролиз полученного соединения приводит к образованию 2-метоксифенола – гваякола (вещество B):



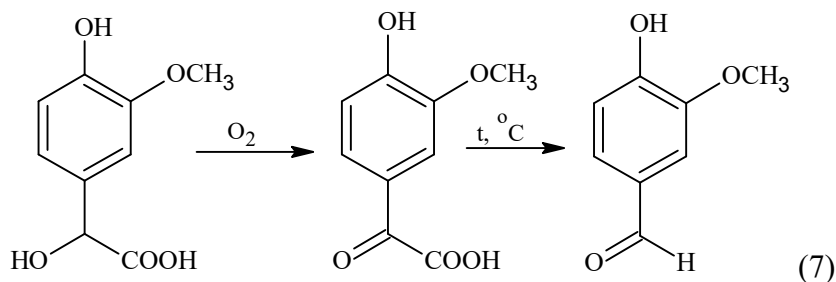
Озонолиз малеиновой кислоты приводит к образованию глиоксиловой (оксоэтановой) кислоты – вещества С:



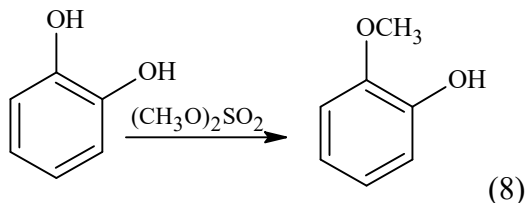
Взаимодействие 2-метоксифенола и оксоэтановой кислоты приводит к образованию 2-гидрокси-2-(4-гидрокси-3-метоксифенил)этановой кислоты:



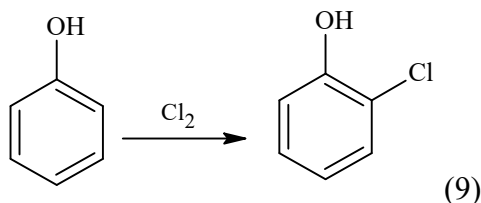
Последующее окисление и декарбоксилирование продукта окисления приводит к образованию 4-гидрокси-3-метоксибензальдегида – ванилина (вещества А):



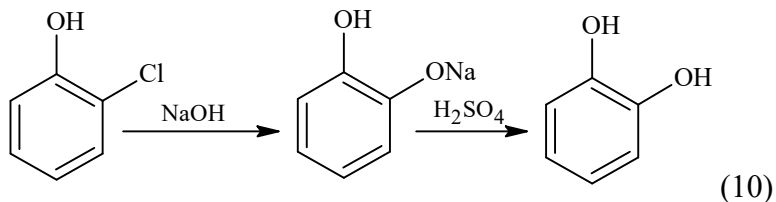
Так как гваякол получают метилированием пирокатехина, то можно предположить, что пирокатехин – это 1,2-дигидроксобензол (вещество D):



Тогда из продуктов реакции хлорирования фенола следует выбрать 2-хлорфенол:



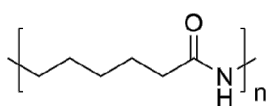
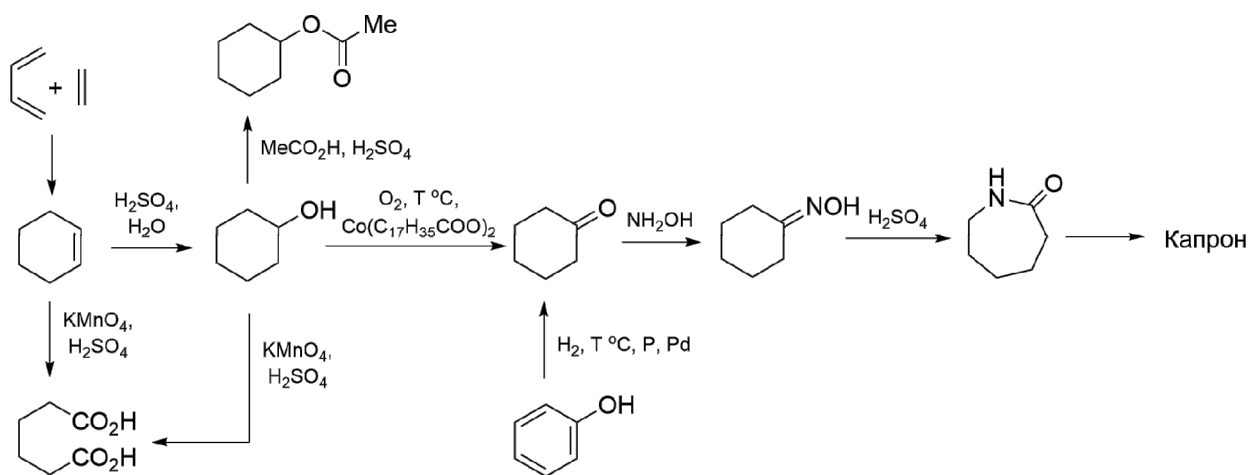
Взаимодействие 2-хлорфенола с водным раствором гидроксида натрия при повышенном давлении приводит к образованию натриевой соли пирокатехина, которую разрушают действием серной кислоты:



#### Разбалловка

Написание схем реакций (1) – (10)	10x0,5 б. = 5 б.
Определение формул веществ А–Е	5x0,5 б. = 2,5 б.
Названия веществ А – Е по номенклатуре ИЮПАК	5x0,5 б. = 2,5 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

#### Задача №11-2



- А – бутадиен-1,3  
 В – этен  
 С – циклогексен  
 D – 1,6-гександиовая кислота/адипиновая кислота  
 Е – циклогексанол  
 F – циклогексилацетат  
 G – циклогексанон  
 H – фенол  
 I – циклогексаноноксим  
 J – лактам  $\epsilon$ -аминокапроновой кислоты, капролактама

#### Разбалловка

Написание соединений А – J, их названий	20x 0.45 б. = 9 б.
Нарисованная структурная формула капрона	1 б.
ИТОГО	10 б.

#### Задача №11-3

Предположим, что X – оксид и нам дана массовая доля неизвестного элемента. Тогда, приняв формулу оксида  $Y_2O_n$  получим:

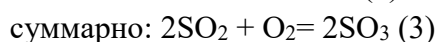
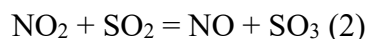
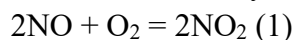
$$2 : n = \frac{53,33}{16} : \frac{46,67}{A}, \text{ где } A - \text{ атомная масса неизвестного элемента } Y$$

$$A = \frac{28}{n}$$

При  $n = 2$  получаем  $A = 14$ , Y – азот,

Тогда X – монооксид азота

Механизм действия катализатора можно описать следующими уравнениями:





Рассчитаем изменение энтальпии, энтропии и энергию Гиббса реакции (3) в стандартных условиях:

$$\Delta_r H^0 = 2\Delta_f H^0(SO_3) - 2\Delta_f H^0(SO_2) = 2 \cdot (-395,2) - 2 \cdot (-296,9) = -196,6 \text{ кДж}$$

$$\Delta_r S^0 = 2S^0(SO_3) - S^0(O_2) - 2S^0(SO_2) = 2 \cdot 256,2 - 205,0 - 2 \cdot 248,1 = -188,8 \text{ Дж/К}$$

$$\Delta_r G^0 = \Delta_r H^0 - T\Delta_r S^0 = -196,6 - 298 \cdot (-0,1888) = -140,3 \text{ кДж}$$

Условию равновесия отвечает равенство нулю энергии Гиббса:

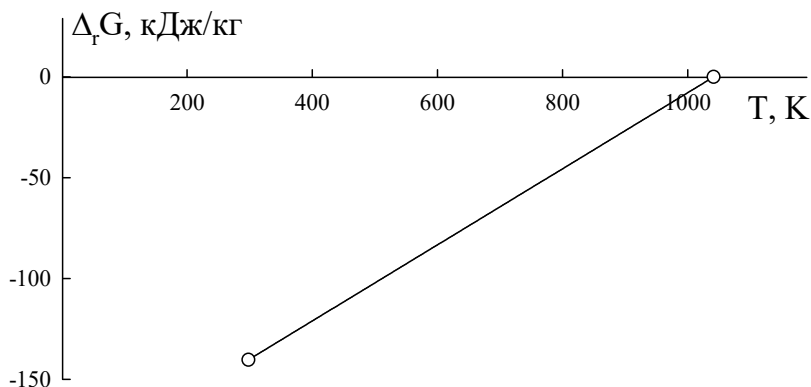
$$\Delta_r G^0 = 0$$

Допустив, что энтальпия и энтропия нашей реакции не зависит от температуры:

$$T = \frac{\Delta_r H^0}{\Delta_r S^0} = \frac{-196,6}{-0,1888} = 1041,3 \text{ К}$$

Таким образом, равновесие установится при температуре 1041,3 К.

Если энтальпия и энтропия реакции не зависит от температуры, то зависимость  $\Delta_r G = f(T)$  является прямой линией. Для построения достаточно двух точек, которые мы нашли:



Изменение энергии Гиббса реакции окисления диоксида серы в зависимости от давления можно описать формулой:

$$\Delta_r G_p = \Delta_r G_T + RT(2 \ln p_{SO_3} - \ln p_{O_2} - 2 \ln p_{SO_2}) = \Delta_r G_T + RT \ln \frac{p_{SO_3}^2}{p_{SO_2}^2 p_{O_2}}$$

Подставив все известные данные и приняв, что равновесие смещено влево при  $\Delta_r G < 0$ , получим:

$$-196,6 - 373 \cdot (-0,1888) + 8,314 \cdot 373 \ln \frac{p_{SO_3}^2}{1^2 \cdot 1^2} < 0$$

$$\ln p_{SO_3}^2 < 0,0407$$

$$p_{SO_3}^2 < 1,0415$$

Так как давление не может быть отрицательным, то:

$$0 < p_{SO_3} < 1,02 \text{ (атм)}$$

#### Разбалловка

Определено вещество X	1 б.
Написаны уравнения, описывающие механизм его действия	3×0,5б. =1,5б.

Рассчитаны стандартные энтальпия, энтропия и энергия Гиббса	3×1 б. =3 б.
Построен график зависимости энергии Гиббса от температуры	0,5 б.
Найдена температура установления химического равновесия	1 б.
Выведена формула, выражающая зависимость энергии Гиббса от начальных парциальных давлений веществ реакции	2 б.
Определен промежуток допустимых значений начального давления SO <sub>3</sub>	1 б.

#### Задача №11-4

- $9(\text{Ir}) + 5(\text{C}_5\text{H}_5) + 6(3\text{CO}) = 20$ , следовательно,  $Z = +2$ .
- $\rho = \frac{1,66 \cdot M \cdot z}{V}$ , 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>. Получим  $M = 1209,4$ , что соответствует формуле Os<sub>3</sub>(CO)<sub>12</sub>.
- Трехъядерный кластер может быть только металлоцепью или металлоциклом. Os<sub>3</sub>(CO)<sub>12</sub> содержит  $8 \cdot 3 + 12 \cdot 2 = 48$  валентных электронов, что соответствует треугольному циклическому остову ( $N = 18 \cdot 3 - 2 \cdot 3 = 48$  электронов).
- Очевидно, что при горении будет происходить окисление железа и CO:  $4\text{Fe}(\text{CO})_5 + 13\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 20\text{CO}_2$  (1)
- $\text{Fe}(\text{CO})_5 + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + 5\text{CO} + \text{H}_2$  (2)
- $\text{Fe}(\text{CO})_5 + 2\text{Na} = \text{Na}_2\text{Fe}(\text{CO})_4 + \text{CO}$  (3)

Fe(CO)<sub>5</sub> будет принимать электроны, отдаваемые натрием, но у Fe(CO)<sub>5</sub> уже имеется 18 электронов, значит, в простейшем случае, он может превратиться в анион Fe(CO)<sub>4</sub><sup>2-</sup> с отщеплением одной молекулы CO. Указание на устойчивость аниона Fe(CO)<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

#### Разбалловка

Определение заряда комплекса иридия	1 б.
Установление истинного состава комплексного карбонила	3 б.
Установление строения кластера	2 б.
Написание уравнений реакций (1)–(3)	3 б.
Установление состава продукта реакции (3)	1 б.
ИТОГО	10 б.

#### Задача №11-5

При внимательном анализе осуществленных операций становится очевидным, что один из металлов образует амминокомплексы, а второй нет, за счет этого осуществляется их разделение.

Определим металл образующий амминокомплексы. После разрушения комплекса при подкислении и последующем пропускании сероводорода, очевидно образуется сульфид. Определим, формулу сульфида и сам металл.

Примем, что сульфид имеет формулу X<sub>2</sub>S<sub>n</sub>, где X – металл, n – его валентность, тогда:

$$2 : n = \frac{66,67}{A} : \frac{33,33}{32} = \frac{66,67}{A} : 1,04$$

$$A = 32n$$

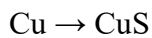
При  $n = 1$ ,  $A = 32$ , сера – неметалл

$n = 2$ ,  $A = 64$ , медь – удовлетворяет условиям

$n = 3$ ,  $A = 96$ , молибден – не образует амминокомплексы

Таким образом, один из металлов сплава – это медь

Вычислим массу меди в образце сплава:



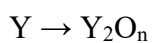
$$\frac{m(\text{Cu})}{64} = \frac{0,15}{96}$$

$$m(\text{Cu}) = 0,10 \text{ г}$$

Вычислим массу второго металла в сплаве, обозначив его за X:

$$m(\text{Y}) = 2,50 - 0,10 = 2,40 \text{ г}$$

Очевидно, что при взаимодействии раствора с аммиаком образуется гидроксид металла, который при прокаливании разлагается до оксида. Используя эти данные определим второй металл сплава:



$$\frac{2,40}{2A(\text{Y})} = \frac{4,53}{2A(\text{Y}) + 16n}$$

$$A(\text{Y}) = 9n$$

При  $n = 1$ ,  $A(\text{Y}) = 9$ , Y – Be, не может быть одновалентным

$n = 2$ ,  $A(\text{Y}) = 18$ , нет такого металла

$n = 3$ ,  $A(\text{Y}) = 27$ , Y – Al, удовлетворяет условиям

Таким образом, исследуемый сплав состоит из меди и алюминия. В условии сказано, что сплав сохраняет пластичность металла **A**, поэтому **A** – алюминий, **B** – медь.

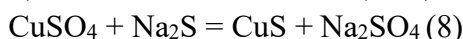
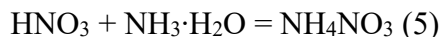
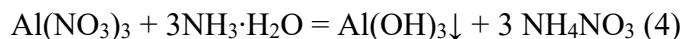
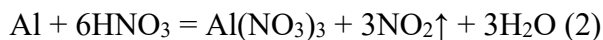
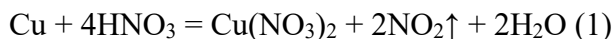
Вычислим массовые доли металлов в сплаве:

$$w(\text{Cu}) = 0,10 / 2,50 = 0,04 \text{ (4,0\%)}$$

$$w(\text{Al}) = 100 - 4 = 96,0 \%$$

Сплавы на основе алюминия, содержащие медь, марганец или магний получили название дюралюминий, в честь немецкого города Дюрена, где было открыто их первое производство на упомянутом выше заводе Dürener Metallwerke AG.

Теперь можем написать все уравнения реакций:



### Разбалловка

Определение металлов, из которых состоит сплав	2x2 б. = 4 б.
Определение соответствия металлов А и Б	1 б.
Расчет массовых долей металлов в сплаве	1 б.

Указание названия сплавов	0,5 б.
Написание уравнений реакций	7x0,5 б = 3,5б.
ИТОГО	10 б.

## 2.2. Критерии оценивания заданий Теоретического тура

### 2.2.1. Задания 9 класса

#### Задача №9-1

1) Для определения количественного состава воспользуемся данными задачи:

В реакции “Солей” с раствором соляной кислоты выделяется газ – CO<sub>2</sub>. Определим его количество по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$v(\text{CO}_2) = \frac{0,3226 \text{ л} \times 98,6 \text{ кПа}}{298 \text{ К} \times 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}}} = 0,012839 \text{ моль},$$

$$m(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль} \times 0,012839 \text{ моль} = 0,5649 \text{ г},$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{0,5649 \text{ г}}{1,026 \text{ г}} = 0,5506 = 55,06 \%$$

Для конечного раствора  $v(\text{NH}_4^+) + v(\text{Na}^+) = v(\text{Cl}^-)$ ,  $v(\text{NH}_4^+) = 2 \text{ моль/л} \times 0,01 \text{ л} = 0,0279 \text{ моль/л} \times 0,004 \text{ л} = 0,018884 \text{ моль}$ .

$$v(\text{NH}_3) = v(\text{NH}_4^+) = 0,018884 \text{ моль}.$$

$$m(\text{NH}_3) = 17 \text{ г/моль} \times 0,018884 \text{ моль} = 0,321 \text{ г}.$$

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{0,321 \text{ г}}{1,026 \text{ г}} = 0,3129 = 31,29\%$$

$$\text{Тогда } \omega(\text{H}_2\text{O}) = 1 - \omega(\text{CO}_2) - \omega(\text{NH}_3) = 0,1365 = 13,65 \%$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,1365 \times 1,026 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,00778 \text{ моль}.$$

Установить солевой состав можно

а) расчётом с использованием массовых долей NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O в составе карбоната, гидрокарбоната и карбамата аммония, а также

б) материальным балансом по H, C, N и O:

а) (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>:

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{2 \times 17 \text{ г/моль}}{96 \text{ г/моль}} = 17/48,$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{44 \text{ г/моль}}{96 \text{ г/моль}} = 11/24,$$

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18 \text{ г/моль}}{96 \text{ г/моль}} = 3/16;$$

NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>:

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{17 \text{ г/моль}}{79 \text{ г/моль}} = 17/79,$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{44 \text{ г/моль}}{79 \text{ г/моль}} = 44/79,$$

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18 \text{ г/моль}}{79 \text{ г/моль}} = 18/79;$$

H<sub>2</sub>NCOONH<sub>4</sub>:

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{2 \times 17 \text{ г/моль}}{78 \text{ г/моль}} = 17/39,$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{44 \text{ г/моль}}{78 \text{ г/моль}} = 22/39.$$

Составляем систему уравнений:

$$\omega(\text{NH}_3) = 0,3129 = 17/48 \times \omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + 17/79 \times \omega(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + 17/39 \times \omega(\text{H}_2\text{NCOONH}_4),$$

$$\omega(\text{CO}_2) = 0,5506 = 11/24 \times \omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + 44/79 \times \omega(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + 22/39 \times \omega(\text{H}_2\text{NCOONH}_4),$$

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = 0,1365 = 3/16 \times \omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + 18/79 \times \omega(\text{NH}_4\text{HCO}_3).$$

Решение системы:

$$\omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 0,0923 = \mathbf{9,23 \%},$$

$$\omega(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 0,5231 = \mathbf{52,31 \%},$$

$$\omega(\text{H}_2\text{NCOONH}_4) = 0,3846 = \mathbf{38,46 \%}$$

Аналогично – решение через массы солей с последующим определением долей.

б) Составляем систему уравнений (одно из них окажется лишним):

$$v(\text{H}) = 3v(\text{NH}_3) + 2v(\text{H}_2\text{O}) = 8v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + 5v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + 6v(\text{H}_2\text{NCOONH}_4),$$

$$v(\text{C}) = v(\text{CO}_2) = v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + v(\text{H}_2\text{NCOONH}_4),$$

$$v(\text{N}) = v(\text{NH}_3) = 2v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + 2v(\text{H}_2\text{NCOONH}_4),$$

$$v(\text{O}) = 2v(\text{CO}_2) + v(\text{H}_2\text{O}) = 3v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + 3v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + 2v(\text{H}_2\text{NCOONH}_4)$$

Решение системы:

$$v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 2v(\text{CO}_2) - v(\text{NH}_3) = 0,006794 \text{ моль},$$

$$v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = v(\text{H}_2\text{O}) + v(\text{NH}_3) - 2v(\text{CO}_2) = 0,000986 \text{ моль},$$

$$v(\text{H}_2\text{NCOONH}_4) = v(\text{CO}_2) - v(\text{H}_2\text{O}) = 0,005059 \text{ моль},$$

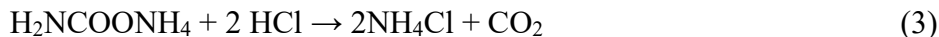
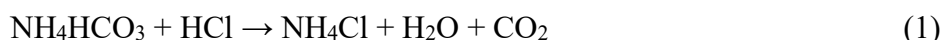
что соответствует

$$\omega(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 0,5231 = 52,31 \%,$$

$$\omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 0,0923 = 9,23 \%,$$

$$\omega(\text{H}_2\text{NCOONH}_4) = 0,3846 = 38,46 \%$$

2)



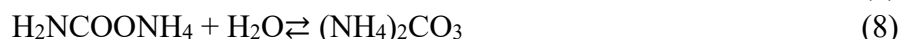
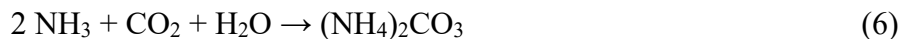
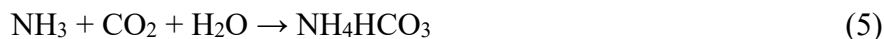
3) При внесении “Солей” в почву реакция среды сначала становится слабощелочной, но после этого под воздействием бактерий аммоний-ионы окисляются в нитрат-ионы:



и в результате этого процесса (нитрификации) почва закисляется.

4) “Соли углеаммонийные” получают:

1. Реакцией газообразных аммиака и углекислого газа в присутствии паров воды в охлаждаемых камерах, выложенных изнутри алюминиевыми листами:



1. Продуктами этого процесса также являются сесквикарбонат  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{NH}_4\text{HCO}_3$  и моногидраты карбоната и сесквикарбоната аммония (при избытке паров воды).

Подсушивание продукта целесообразно в связи с его большей устойчивостью в сравнении с сырой смесью.

2. Насыщением аммиачной воды углекислым газом (реакции 5-8) с последующей обработкой раствора горячим водяным паром, а дальше – как в п. 1.

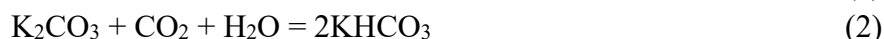
3. Реакцией газообразных аммиака и углекислого газа в присутствии жидкой воды (реакции 7, 8) с дальнейшим охлаждением раствора и реакцией с углекислым газом, при охлаждении продукт выпадает в осадок (получение  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  с примесью  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ):



#### Разбалловка

Расчет массовых долей аммиака, диоксида углерода и воды.	3×0,5 б. = 1,5 б.
Расчет массовых долей карбоната, гидрокарбоната и карбамата аммония.	3×0,75 б. = 2,25 б.
Написание уравнений (1) – (4).	4×0,75 б. = 3 б.
Объяснение слабощелочной среды, её переход в кислую, реакция нитрификации.	0,25 б. 0,5 б. 0,5 б.
Написание уравнений (5) – (8) или уравнений (7) – (10).	4×0,5 б. = 2 б.
ИТОГО	10 б.

#### Задача №9-2



На первой стадии при взаимодействии гидроксида калия с углекислым газом образуется карбонат калия по реакции (1):

$$m(\text{KOH}) = m_{\text{р-ра}} \cdot \omega(\text{KOH}) = 224 \cdot 0,2 = 44,8 \text{ г}$$

$$n(\text{KOH}) = m(\text{KOH}) / M(\text{KOH}) = 44,8 / 56 = 0,8 \text{ моль}$$

$$n(\text{K}_2\text{CO}_3) = n_1(\text{CO}_2) = n(\text{KOH}) / 2 = 0,8 / 2 = 0,4 \text{ моль}$$

Далее карбонат калия реагирует с углекислым газом с образованием гидрокарбоната калия по реакции (2). Вычислим количество углекислого газа, расходуемого на образование гидрокарбоната калия –  $n_2(\text{CO}_2)$ :

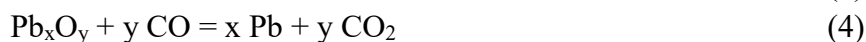
$$w(\text{KHCO}_3) = \frac{2n_2(\text{CO}_2) \cdot M(\text{KHCO}_3)}{m_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) + [n_1(\text{CO}_2) + n_2(\text{CO}_2)] \cdot M(\text{CO}_2)} = \frac{2n_2(\text{CO}_2) \cdot 100}{224 + [0,4 + n_2(\text{CO}_2)] \cdot 44} = 0,1979$$

$$n_2(\text{CO}_2) = 0,25 \text{ моль}$$

Таким образом, в реакцию с гидроксидом калия вступило:

$$n(\text{CO}_2) = n_1(\text{CO}_2) + n_2(\text{CO}_2) = 0,40 + 0,25 = 0,65 \text{ моль}$$

Напишем уравнения реакций восстановления оксидов в смеси:



Примем, что  $n(\text{FeO}) = n(\text{Pb}_x\text{O}_y) = n$  моль

Тогда общая масса смеси оксидов равна:

$$n(\text{FeO}) + n(\text{PbO}_x) = m(\text{смеси})$$

$$72n + (207x + 16y)n = 98,41$$

$$(72 + 207x + 16y)n = 98,41$$

По уравнениям реакции вычислим количество углекислого газа, которое выделилось в реакциях восстановления:

$$n(\text{CO}_2 \text{ в реакции 3}) + n(\text{CO}_2 \text{ в реакции 4}) = n(\text{CO}_2)$$

$$n + ny = 0,65$$

$$(1+y)n = 0,65$$

Решая полученную систему уравнений, сможем найти  $n$  и  $x$  и  $y$ .

$$\begin{cases} (72 + 207x + 16y)n = 98,41 \\ (1 + y)n = 0,65 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (72 + 207x + 16y)n = 98,41 \\ n = 0,65/(1 + y) \end{cases}$$

$$0,65(72 + 207x + 16y) = 98,41(1 + y)$$

$$46,8 + 134,55x + 10,4y = 98,41 + 98,41y$$

$$x = 0,384 + 0,654y$$

если  $y = 1$ , то  $x = 1,038$

$y = 2$ , то  $x = 1,692$

$y = 3$ , то  $x = 2,346$

$y = 4$ , то  $x = 3$ , что соответствует  $Pb_3O_4$

$$n = 0,65 / (1 + 4) = 0,13$$

Вычисляем массовую долю оксида железа в смеси:

$$w(FeO) = \frac{m(FeO)}{m(смеси)} = \frac{0,13 \cdot 72}{98,41} = 0,095$$

### Разбалловка

Написание уравнений реакций (1)–(4).	4×1 б.=4 б.
Расчет количества выделившегося углекислого газа.	2 б.
Выведена формула оксида свинца (если выбран $PbO$ , то оценивать в 1 б.).	3б.
Расчет массовой доли оксида железа (II) в исходной смеси.	1 б.
ИТОГО	10 б.

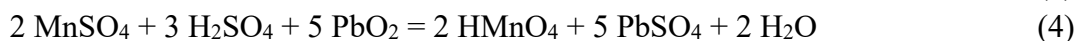
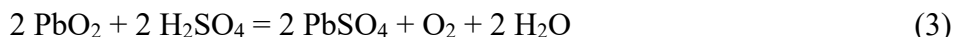
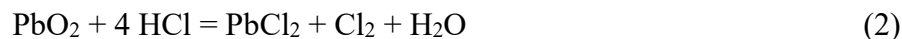
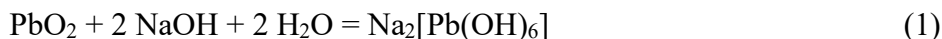
### Задача №9-3

Исходя из названия, хоть и ошибочного, перекись свинца должна содержать помимо свинца еще один элемент кислород. Вычислим ее формулу, предположив, что формула перекиси свинца  $Pb_xO_y$ :

$$x : y = \frac{86,61}{207} : \frac{13,39}{16} = 0,418 : 0,837 = 1 : 2$$

То есть формула перекиси свинца –  $PbO_2$ . Раз пероксидные группы в соединении отсутствуют, то можно предположить, что это оксид свинца (IV), то есть класс химических соединений – оксиды.

Оксид свинца (IV) – высший оксид свинца, обладающий амфотерными свойствами и являющийся сильным окислителем:

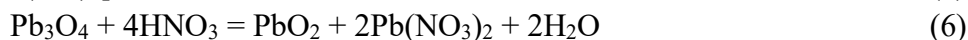


Очевидно, свинцовый сурик также содержит свинец и кислород, раз его можно получить взаимодействуем указанных простых веществ. Предположив, что он имеет формулу  $Pb_xO_y$ , найдем величины  $x$  и  $y$ :

$$x : y = \frac{90,66}{207} : \frac{9,34}{16} = 0,438 : 0,584 = 3 : 4$$

Таким образом, свинцовый сурик имеет формулу  $Pb_3O_4$  – смешанный оксид свинца (II, IV) или плюмбат свинца ( $Pb_2PbO_4$ ). Таким образом, его можно отнести к классу оксидов или, исходя из второго способа написания, к соли.

Напишем реакции получения оксида свинца (IV) и оксида свинца (II, IV):

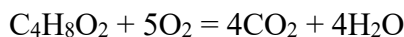


### Разбалловка

Определение формул перекиси свинца и свинцового сурика (без подтверждения расчетами – по 0,5 б.).	2×1 б. = 2 б.
Указание класса, к которому относится $Pb_3O_4$ и $PbO_2$ .	2×0,5 б. = 1 б.
Уравнения реакций (1) – (6).	6×1 б. = 6 б.
Уравнения реакций (7) – (8).	2×0,5 б. = 1 б.
ИТОГО	10 б.

### Задача №9-4

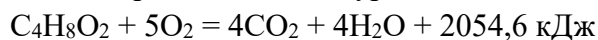
1. Уравнение горения этилацетата:



Расчет теплового эффекта по уравнению реакции:

$$Q_r = 4Q_f(CO_2) + 4Q_f(H_2O) - Q_f(C_4H_8O_2) = 4 \times 393,5 + 4 \times 241,8 - 486,6 = 2054,6 \text{ кДж}$$

Термохимическое уравнение:



2. Найдем количество  $C_4H_8O_2$ , вступившего в реакцию

$$1 \text{ моль } C_4H_8O_2 - 2054,6 \text{ кДж}$$

$$X \text{ моль } C_4H_8O_2 - 410,9 \text{ кДж}$$

$$X = n(C_4H_8O_2) = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(C_4H_8O_2) = 0,2 \times 88 = 17,6 \text{ г}$$

Найдем объем оставшегося кислорода при н.у.

$$V = pVT_0 / p_0T = 105 \times 12,2 \times 273 / 101,325 \times 308,3 = 11,2 \text{ л}$$

$$n(O_2) = 11,2 / 22,4 = 0,5 \text{ моль}$$

Количество кислорода по уравнению  $n(O_2) = 0,2 \times 5 = 1 \text{ моль}$

Общее количество кислорода  $n(O_2) = 1,5 \text{ моль}$ ,

$$m(O_2) = 1,5 \times 32 = 48 \text{ г}$$

$$\text{Масса смеси } m = 17,6 + 48 = 65,6 \text{ г}$$

$$\omega(C_4H_8O_2) = 17,6 / 65,6 = 0,268 \text{ (26,8 \%)}$$

$$\omega(O_2) = 73,2 \%$$

3. Этилацетат  $CH_3COOC_2H_5$

Изомеры этилацетата:

метилпропионат	$C_2H_5COOCH_3$
пропилформиат	$HCOO n-C_3H_7$
изопропилформиат	$HCOOCH(CH_3)_2$
n-бутановая кислота	$n-C_3H_7-COOH$



## Разбалловка

Написаны уравнение горения этилацетата, расчет теплового эффекта, термодимическое уравнение.	3×1 б. = 3 б.
Найдено количество и масса этилацетата.	2×1 б. = 2 б.
Найдены массовые доли этилацетата и кислорода в исходной смеси	2×1 б. = 2 б.
Написана формула этилацетата, написаны формулы его возможных изомеров (0,5 б. за каждую формулу).	6×0,5 б. = 3 б.
ИТОГО	10 б.

## Задача №9-5

Осадок **E**, нерастворимый в азотной кислоте и выпадающий при добавлении соли бария, - вероятнее всего, сульфат бария  $\text{BaSO}_4$ , тогда **D** – сульфат натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , образующийся из сульфита при окислении перманганатом калия. Значит, **B** – поглощенный щелочным раствором сернистый газ,  $\text{SO}_2$ .

Газ **C**, образующийся при восстановлении водородом «в момент выделения» ( $\text{Zn} + \text{HCl}$ ) вещества **A**, – вероятнее всего, летучее водородное соединение  $\text{XH}_n$ . По уравнению разложения видно, что  $\nu(\text{X}) = \nu(\text{C})$ , следовательно, можно легко рассчитать молярную массу **X**:

$$\text{XH}_n \xrightarrow{t} \text{X} + \frac{n}{2} \text{H}_2 \uparrow$$

$$\nu_{\text{C}} = \frac{pV_{\text{C}}}{RT} = \frac{101,32 \text{ кПа} \cdot 0,9145 \text{ л}}{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 298 \text{ К}} = 0,0374 \text{ моль}$$

$$M_{\text{X}} = \frac{m_{\text{X}}}{\nu_{\text{X}}} = \frac{2,80 \text{ г}}{0,0374 \text{ моль}} = 75 \frac{\text{г}}{\text{моль}},$$

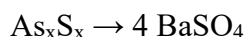
что соответствует мышьяку **As**, тогда **C**–газ арсин  $\text{AsH}_3$ .

Образование сернистого газа при обжиге позволяет предположить, что реальгар относится к классу сульфидов  $\text{X}_a\text{S}_b$ . Рассчитаем его формулу:

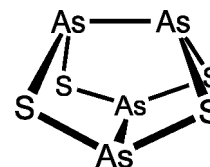
$$\nu_{\text{S}} = \nu_{\text{BaSO}_4} = \frac{8,71 \text{ г}}{233 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,0374 \text{ моль}$$

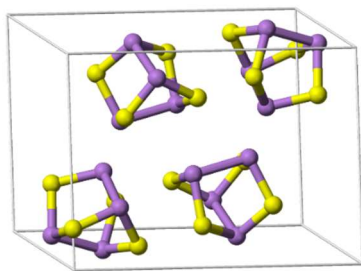
$$\nu(\text{As}) : \nu(\text{S}) = 0,0374 : 0,0374 = 1 : 1 \Rightarrow \text{AsS} ?$$

Мышьяк не проявляет валентности II и не образует веществ подобного состава. Скорее всего, это *простейшая* формула минерала, и её необходимо уточнить до истинной. В этом поможет условие из пункта 1 задачи.



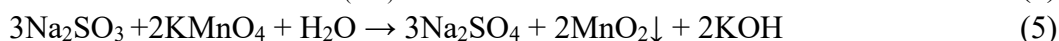
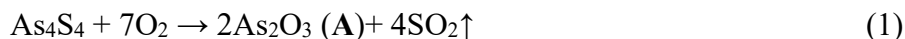
Для того чтобы это условие выполнялось, необходимо, чтобы одна формульная единица реальгара (1 моль) содержала четыре атома (4 моль) серы. Значит, простейшую формулу нужно умножить на 4, тогда истинная формула минерала примет вид  $\text{As}_4\text{S}_4$ .



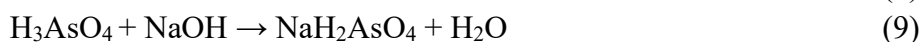
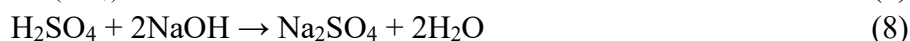


Кристаллическая структура минерала построена из отдельных молекул  $\text{As}_4\text{S}_4$ ; ионы серы образуют квадрат, а мышьяка — тетраэдр; центры квадрата и тетраэдра совпадают. Форма молекулы прекрасно согласуется с типичными валентностями серы (II) и мышьяка (III).

Уравнения реакций:



Растворение минерала в азотной кислоте и нейтрализация:



(кислота слабая по 2 и 3 стадии диссоциации,  $\text{pK}_a^{\text{I}} = 2,26$ ,  $\text{pK}_a^{\text{II}} = 6,97$ ,  $\text{pK}_a^{\text{III}} = 11,52$ )

### Разбалловка

Написание формулы минерала*	2 б.
Написание формул веществ А – X	6×0,5 б. = 3 б.
Написание уравнений реакций (1) – (6)	6×0,5 б. = 3 б.
Написание уравнений растворения (7) и нейтрализации (8), (9)**	1 б. + 2×0,5 б. = 2 балла
<b>ИТОГО:</b>	<b>10 баллов</b>

\*За формулу  $\text{AsS}$  балл не ставить, уравнение обжига и растворения в азотной кислоте вещества с такой формулой также не оценивать.

\*\* За нейтрализацию с образованием арсената или гидроарсената натрия баллы не ставить.

### 2.2.2. Задания 10 класса

#### Задача №10-1

1) Для определения количественного состава воспользуемся данными задачи:

В реакции “Солей” с раствором соляной кислоты выделяется газ –  $\text{CO}_2$ . Определим его количество по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$v(\text{CO}_2) = \frac{0,3226 \text{ л} \times 98,6 \text{ кПа}}{298 \text{ К} \times 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}}} = 0,012839 \text{ моль},$$

$$m(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль} \times 0,012839 \text{ моль} = 0,5649 \text{ г},$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{0,5649 \text{ г}}{1,026 \text{ г}} = 0,5506 = 55,06 \%$$

Для конечного раствора  $v(\text{NH}_4^+) + v(\text{Na}^+) = v(\text{Cl}^-)$ ,  $v(\text{NH}_4^+) = 2 \text{ моль/л} \times 0,01 \text{ л} - 0,279 \text{ моль/л} \times 0,004 \text{ л} = 0,018884 \text{ моль}$ .

$$v(\text{NH}_3) = v(\text{NH}_4^+) = 0,018884 \text{ моль}.$$

$$m(\text{NH}_3) = 17 \text{ г/моль} \times 0,018884 \text{ моль} = 0,321 \text{ г}.$$

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{0,321 \text{ г}}{1,026 \text{ г}} = 0,3129 = 31,29\%$$

$$\text{Тогда } \omega(\text{H}_2\text{O}) = 1 - \omega(\text{CO}_2) - \omega(\text{NH}_3) = 0,1365 = 13,65 \%$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,1365 \times 1,026 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,00778 \text{ моль}.$$

Установить солевой состав можно

а) расчётом с использованием массовых долей  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в составе карбоната, гидрокарбоната и карбамата аммония, а также

б) материальным балансом по H, C, N и O:

а)  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ :

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{2 \times 17 \text{ г/моль}}{96 \text{ г/моль}} = 17/48,$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{44 \text{ г/моль}}{96 \text{ г/моль}} = 11/24,$$

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18 \text{ г/моль}}{96 \text{ г/моль}} = 3/16;$$

$\text{NH}_4\text{HCO}_3$ :

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{17 \text{ г/моль}}{79 \text{ г/моль}} = 17/79,$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{44 \text{ г/моль}}{79 \text{ г/моль}} = 44/79,$$

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18 \text{ г/моль}}{79 \text{ г/моль}} = 18/79;$$

$\text{H}_2\text{NCOONH}_4$ :

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{2 \times 17 \text{ г/моль}}{78 \text{ г/моль}} = 17/39,$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{44 \text{ г/моль}}{78 \text{ г/моль}} = 22/39.$$

Составляем систему уравнений:

$$\omega(\text{NH}_3) = 0,3129 = 17/48 \times \omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + 17/79 \times \omega(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + 17/39 \times \omega(\text{H}_2\text{NCOONH}_4),$$

$$\omega(\text{CO}_2) = 0,5506 = 11/24 \times \omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + 44/79 \times \omega(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + 22/39 \times \omega(\text{H}_2\text{NCOONH}_4),$$

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = 0,1365 = 3/16 \times \omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + 18/79 \times \omega(\text{NH}_4\text{HCO}_3).$$

Решение системы:

$$\omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 0,0923 = \mathbf{9,23 \%,}$$

$$\omega(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 0,5231 = \mathbf{52,31 \%,}$$

$$\omega(\text{H}_2\text{NCOONH}_4) = 0,3846 = \mathbf{38,46 \%,}$$

Аналогично – решение через массы солей с последующим определением долей.

б) Составляем систему уравнений (одно из них окажется лишним):

$$v(\text{H}) = 3v(\text{NH}_3) + 2v(\text{H}_2\text{O}) = 8v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + 5v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + 6v(\text{H}_2\text{NCOONH}_4),$$

$$v(\text{C}) = v(\text{CO}_2) = v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + v(\text{H}_2\text{NCOONH}_4),$$

$$v(\text{N}) = v(\text{NH}_3) = 2v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + 2v(\text{H}_2\text{NCOONH}_4),$$

$$v(\text{O}) = 2v(\text{CO}_2) + v(\text{H}_2\text{O}) = 3v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + 3v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + 2v(\text{H}_2\text{NCOONH}_4)$$

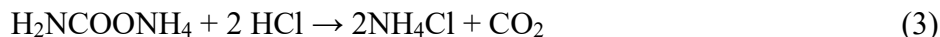
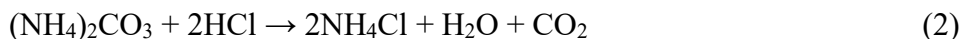
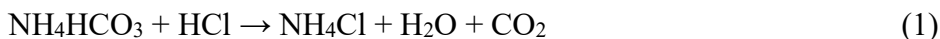
$$\text{Решение системы: } v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 2v(\text{CO}_2) - v(\text{NH}_3) = 0,006794 \text{ моль}, v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) =$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) + v(\text{NH}_3) - 2v(\text{CO}_2) = 0,000986 \text{ моль}, v(\text{H}_2\text{NCOONH}_4) = v(\text{CO}_2) - v(\text{H}_2\text{O}) = 0,005059$$

$$\text{моль, что соответствует } \omega(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 0,5231 = 52,31 \%, \omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 0,0923 = 9,23 \% \text{ и}$$

$$\omega(\text{H}_2\text{NCOONH}_4) = 0,3846 = 38,46 \%$$

2)



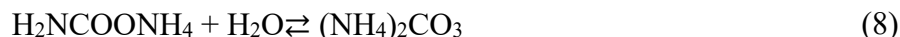
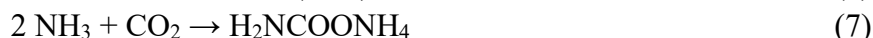
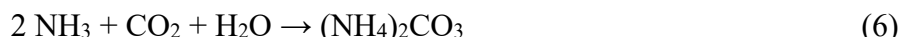
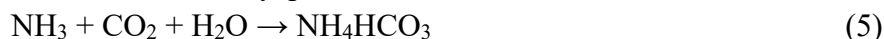
3) При внесении “Солей” в почву реакция среды сначала становится слабощелочной, но после этого под воздействием бактерий аммоний-ионы окисляются в нитрат-ионы:



и в результате этого процесса (нитрификации) почва закисляется.

4) “Соли углеаммонийные” получают:

1. Реакцией газообразных аммиака и углекислого газа в присутствии паров водыв охлаждаемых камерах, выложенных изнутри алюминиевыми листами:



1. Продуктами этого процесса также являются сесквикарбонат  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{NH}_4\text{HCO}_3$  и моногидраты карбоната и сесквикарбоната аммония (при избытке паров воды).

Подсушивание продукта целесообразно в связи с его большей устойчивостью в сравнении с сырой смесью.

2. Насыщением аммиачной воды углекислым газом (реакции 5-8) с последующей обработкой раствора горячим водяным паром, а дальше – как в п. 1.

3. Реакцией газообразных аммиака и углекислого газа в присутствии жидкой воды (реакции 7, 8) с дальнейшим охлаждением раствора и реакцией с углекислым газом, при охлаждении продукт выпадает в осадок (получение  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  с примесью  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ):



### Разбалловка

За расчёт массовых долей аммиака, диоксида углерода и воды –	3×0,5 б. = 1,5 б.
За расчёт массовых долей карбоната, гидрокарбоната и карбамата аммония	3×0,75 б. = 2,25 б.
Написание уравнений (1) – (4)	4×0,75 б. = 3 б.
Объяснение слабощелочной среды, её переход в кислую, реакция нитрификации.	0,25 б. 0,5 б. 0,5 б.
Написание уравнений (5) – (8) или уравнений (7) – (10)	4×0,5 б. = 2 б.
ИТОГО	10 б.

### Задача №10-2

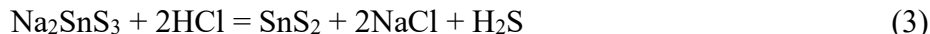
$$\rho = \frac{1.66 \cdot M \cdot Z}{V}, \text{ где } \rho - \text{плотность кристаллического вещества, г/см}^3; M -$$

молярная масса вещества, г/моль; Z – число формульных единиц, содержащихся в одной элементарной ячейке; V – объем элементарной ячейки, Å<sup>3</sup>. Z = 2, Кратчайшее

расстояние соответствует половине телесной диагонали куба,  $V = 35.51 \text{ \AA}^3$ ,  $M = 119$ ,  $X = \text{Sn}$ .

Определение формулы хлорида. Центральный атом Sn связан с 7 атомами хлора, 4 из которых образуют по 4 связи Cl–Sn, а 3 – по 3 таких связи (рис.), тогда на 1 атом Sn приходится  $4 \times 1/4 + 3 \times 1/3 = 2$  атома хлора.  $\text{SnCl}_2$

Уравнения реакций:



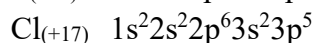
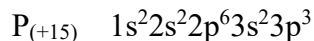
### Разбалловка

Определен элемент $X$ (без расчета – 0,5 б.)	2 б.
Определена формула хлорида $A$ (без расчета – 0,5 б.)	2 б.
Написание уравнений (1), (4), (7), (8)	$4 \times 0,5 \text{ б.} = 2 \text{ б.}$
Написание уравнений (2), (3), (5), (6)	$4 \times 1 \text{ б.} = 4 \text{ б.}$
ИТОГО	10 б.

### Задача №10-3

По описанию простых веществ можно догадаться, что  $X$ –фосфор  $P$ , а  $Y$ –хлор  $Cl$ , которые расположены в 3 периоде ПСХЭ.

Электронные конфигурации атомов этих химических элементов:



По периоду ПСХЭ слева направо происходит уменьшение радиусов атомов, следовательно, у фосфора, расположенного левее хлора, радиус атома больше. С уменьшением радиуса атома происходит увеличение электроотрицательности и усиление неметаллических свойств. Поэтому у хлора, расположенного правее в периоде ПСХЭ, неметаллические свойства выражены сильнее.

Хлор образует только одно простое вещество  $Cl_2$  (вещество  $B$ ), а фосфор способен существовать в виде нескольких аллотропных модификаций. Описанные в задаче физические свойства характерны для **белого фосфора**  $P_4$  (вещество  $A$ ). Докажем это расчетом:

$$M(P_4) / M(Cl_2) = 124 / 71 = 1.75 \text{ – что соответствует условию.}$$

При взаимодействии фосфора с хлором в зависимости от их соотношения могут получаться галогениды фосфора  $PCl_n$  ( $n = 3, 5$ ).

$M(\mathbf{B}) = 31 / 0.2255 = 137.5$  г/моль, что соответствует  $\mathbf{PCl}_3$

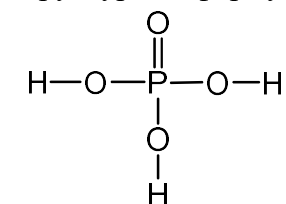
$M(\mathbf{Г}) = 31 / 0.1487 = 208.5$  г/моль, что соответствует  $\mathbf{PCl}_5$

При взаимодействии бинарных соединений металлов с водой происходит их необратимый гидролиз (реакции протекают без изменения степеней окисления). Тогда гидролиз хлорида  $\mathbf{B}$  приведет к образованию фосфористой кислоты  $\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_3$  (соединение  $\mathbf{Д}$ ), а гидролиз хлорида  $\mathbf{Г}$  – к образованию ортофосфорной кислоты  $\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_4$  (соединение  $\mathbf{Е}$ ) (при недостатке воды может получаться метафосфорная кислота  $\mathbf{HPO}_3$ , но с учетом данной в задаче массовой доли водорода написание этой кислоты исключается). Кроме того, в обеих реакциях выделяется хлороводород  $\mathbf{HCl}$  (соединение  $\mathbf{Ж}$ ). При взаимодействии ортофосфорной кислоты с гидроксидом кальция образуется ортофосфат кальция  $\mathbf{Ca}_3(\mathbf{PO}_4)_2$  (соединение  $\mathbf{З}$ ), являющийся основой минералов группы фосфоритов.

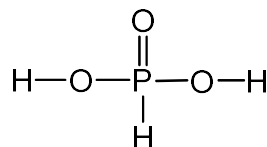
Таким образом,

$\mathbf{A}$	$\mathbf{P}_4$	$\mathbf{B}$	$\mathbf{Cl}_2$
$\mathbf{B}$	$\mathbf{PCl}_3$	$\mathbf{Г}$	$\mathbf{PCl}_5$
$\mathbf{Д}$	$\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_3$	$\mathbf{Е}$	$\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_4$
$\mathbf{Ж}$	$\mathbf{HCl}$	$\mathbf{З}$	$\mathbf{Ca}_3(\mathbf{PO}_4)_2$

1. Структурные формулы кислот:

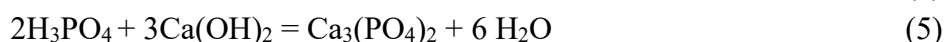


фосфорная кислота



фосфористая кислота

2. Уравнения реакций:



(допускается написание  $\mathbf{Na}_2\mathbf{SO}_4$ )

3. Расчет массы и концентрации 5% водного раствора кислоты  $\mathbf{E}$

$$n(\mathbf{P}_4) = 31 / 124 = 0.25 \text{ моль}$$

По уравнениям реакций 2 и  $4n(\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_4) = n(\mathbf{PCl}_5) = 4n(\mathbf{P}_4) = 1$  моль

$$m(\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_4) = 98 \times 1 = 98 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра } \mathbf{H}_3\mathbf{PO}_4) = 98 / 0.05 = 1960 \text{ г}$$

$$C(\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_4) = n(\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_4) / V(\text{р-ра})$$

$$V(\text{р-ра}) = 1960 / 1.025 = 1912.2 \text{ мл} = 1.9122 \text{ л}$$

$$C(\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_4) = 1 / 1.9122 = 0.523 \text{ моль/л}$$

## Разбалловка

Определение элементы X, Y	2×0,5 б.= 1 б.
Написание электронные конфигурации элементов X,Y	2×0,5 б.= 1 б.
Сравнение свойств элементов X, Y	0,5 б.
Название аллотропной модификации вещества А	0,5 б.
Написание формул веществ А – З	8×0,25 б. = 2 б.
Изображены структурные формулы кислот	2×0,5 б.= 1 б.
Написание уравнений реакций (1) – (6)	6×0,5 б. = 3 б.
Вычисление массы раствора кислоты и его молярной концентрации	2×0,5 б.= 1 б.
ИТОГО	10 б.

## Задача №10-4

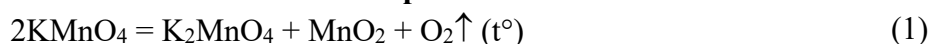
Наиболее вероятно, что в состав вещества А кроме калия и марганца входит кислород, то формулу этого вещества можно представить в виде  $K_xMn_yO_z$

$$\omega(O) = 100 - 24,68 - 34,81 = 40,51.$$

$$x : y : z = 24,68/39 : 34,81/55 : 40,51/16 = 0,633 : 0,633 : 2,53 = 1 : 1 : 4,$$

тогда искомая формула А:

**KMnO<sub>4</sub> – перманганат калия**



Разложение перманганата калия – это лабораторный способ получения кислорода, газ X–O<sub>2</sub> (кислород)

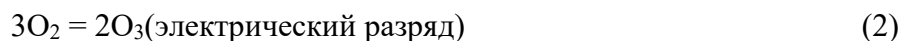
$$n(KMnO_4) = 7,9 / 158 = 0,05 \text{ моль}$$

По уравнению реакции 1

$$n(O_2) = 1/2n(KMnO_4) = 0,025 \text{ моль}$$

$$V(O_2) = 0,025 \times 22,4 = 0,56 \text{ л}$$

При пропускании электрического тока кислород превращается в озон. Прибор, в котором проводят эту реакцию, называется озонатором.



Y– смесь O<sub>2</sub> и O<sub>3</sub>.

Более тяжелый компонент смеси - **озон**

$$M(Y) = 1,2 \times 32 = 38,4 \text{ г/моль}$$

Пусть x – объемная доля кислорода в смеси, тогда (1–x) – объемная доля озона.

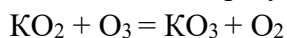
Составим уравнение:

$$32x + 48(1-x) = 38,4, \text{ из которого следует } x = 0,6$$

Состав газовой смеси Y:

$$\varphi(O_2) = 60\%, \varphi(O_3) = 40\%$$

При реакции надпероксида калия с озоном образуется озонид калия:



Озон является сильным окислителем, поэтому при пропускании его через раствор иодида калия протекает ОВР с выделением иода:



*допускается написание в продуктах KI<sub>3</sub>*

Данную реакцию можно использовать для обнаружения примеси озона в воздухе (качественная реакция на озон).

### Разбалловка

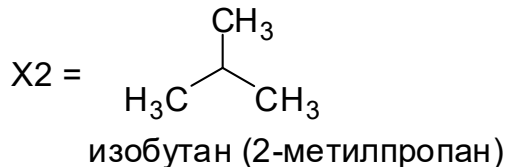
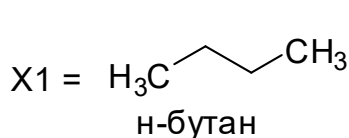
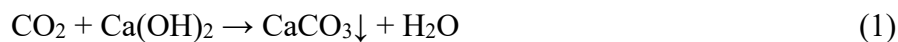
Определение вещества А	1 б.
Название вещества А	0,5 б.
Написание уравнения реакции (1)	1 б.
Определение химической формулы вещества X	0,5 б.
Определение объема газа X	1 б.
Написание уравнения реакции (2)	1 б.
Определение более тяжелого компонента смеси веществ Y	0,5 б.
Расчет массовых долей кислорода и озона в газовой смеси	$2 \times 1б. = 2б.$
Написание уравнения реакции (3)	1 б.
Применение реакции (3)	0,5 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача №10-5

1.  $n(X) = 5,6/22,4 = 0,25$  моль  
 $n(H_2O) = 22,5/18 = 1,25$  моль  
 $n(CO_2) = n(CaCO_3) = 100/100 = 1$  моль  
 поскольку  $n(CO_2) = 4n(X)$ , то в X содержится четыре атома углерода



**m(C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) = 0,25 × 58 = 14,5 г**

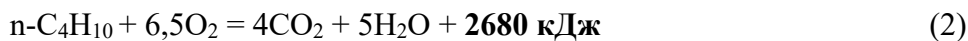


2.  $n-C_4H_{10} + 6,5O_2 = 4CO_2 + 5H_2O + Q_1$   
 $i-C_4H_{10} + 6,5O_2 = 4CO_2 + 5H_2O + Q_2$

(допускается написание термохим. уравнений с использованием структурных формул)

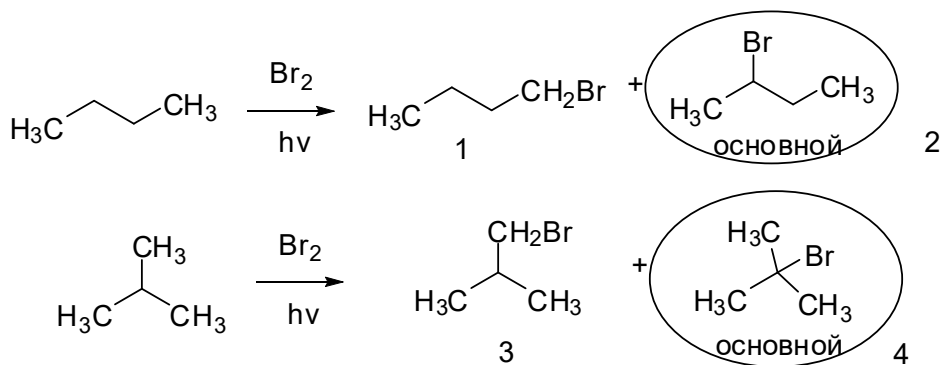
**Q1 = 670 / 0,25 = 2680 кДж** (на 1 моль)

**Q2 = 665 / 0,25 = 2660 кДж** (на 1 моль)



3. Схемы реакций бромирования изомеров X (схемы 4,5)





Возьмем 1 моль смеси изомеров  $X_1+X_2$ .

В ней содержится 0,2 моль  $X_1$  и 0,8 моль  $X_2$

Рассчитаем пропорциональные количества изомеров 1-4 ( $N_1-N_4$ ):

Для изомера 1 с учетом шести первичных водородов:

$$N_1 = 1 \times 6 \times 0,2 = 1,2$$

Для изомера 2 с учетом четырех вторичных водородов:

$$N_2 = 50 \times 4 \times 0,2 = 40$$

Для изомера 3 с учетом девяти первичных водородов:

$$N_3 = 1 \times 9 \times 0,8 = 7,2$$

Для изомера 4 с учетом одного третичного водорода:

$$N_4 = 200 \times 1 \times 0,8 = 160$$

Общее  $N = 1,2 + 40 + 7,2 + 160 = 208,4$

Мольное содержание изомеров бромпроизводных в смеси:

$$\chi_1 = 1,2 / 208,4 = \mathbf{0,58\%}$$

$$\chi_2 = 40 / 208,4 = \mathbf{19,19\%}$$

$$\chi_3 = 7,2 / 208,4 = \mathbf{3,45\%}$$

$$\chi_4 = 160 / 208,4 = \mathbf{76,78\%}$$

4.



$$K = 95/5 = \mathbf{19}$$

$$\Delta G = -8,31 \times 573 \cdot \ln 19 = -14020,3 \text{ Дж/моль} = \mathbf{-14,02 \text{ кДж/моль}}$$

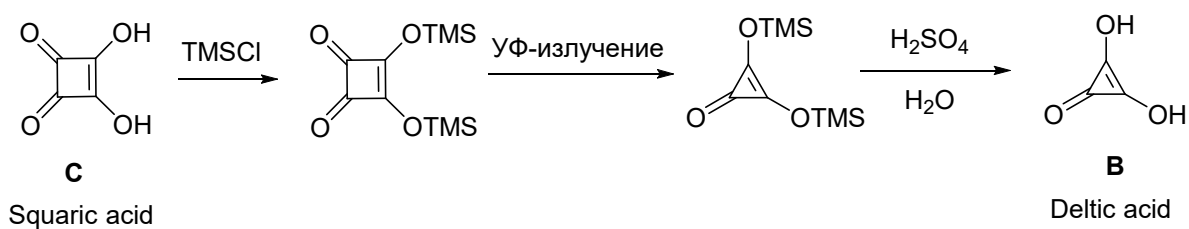
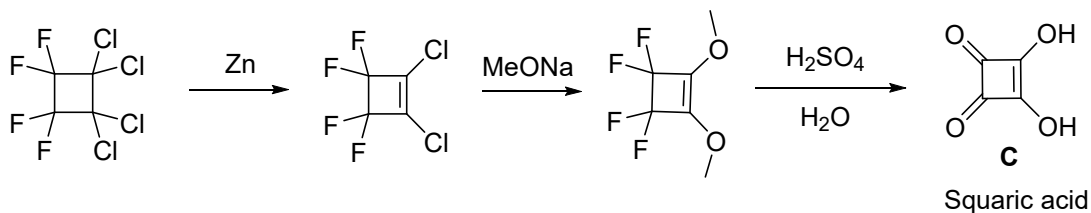
#### Разбалловка

Установление формулы углеводорода $X_1$	1 б.
Расчет массы сожженной навески	0,5 б.
Написание уравнения реакции (1)	0,5 б.
Изображение структурных формул $X_1$ и $X_2$	$2 \times 0,5 \text{ б.} = 1 \text{ б.}$
Расчет тепловых эффектов сгорания изомеров $X_1$ и $X_2$	$2 \times 0,5 \text{ б.} = 1 \text{ б.}$
Написание уравнений реакций (2), (3)	$2 \times 0,5 \text{ б.} = 1 \text{ б.}$
Написание уравнений реакций (4), (5)	$2 \times 1 \text{ б.} = 2 \text{ б.}$
Расчет мольного содержания изомеров бромпроизводных в смеси	$4 \times 0,5 \text{ б.} = 2 \text{ б.}$
Расчет константы равновесия изомеризации	0,5 б.
Расчет изменения свободной энергии Гиббса	0,5 б.

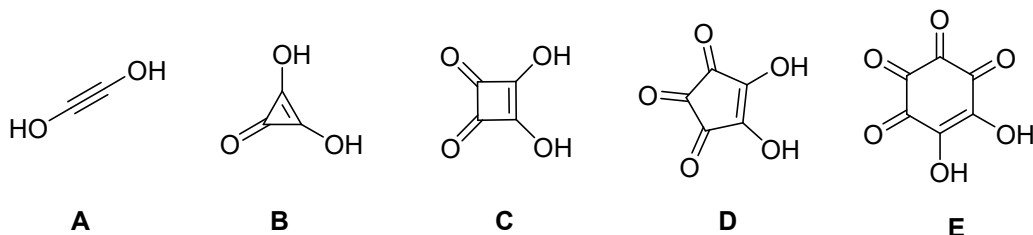
## 2.2.3. Задания 11 класса

## Задача №11-1

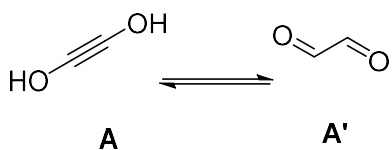
Решение:



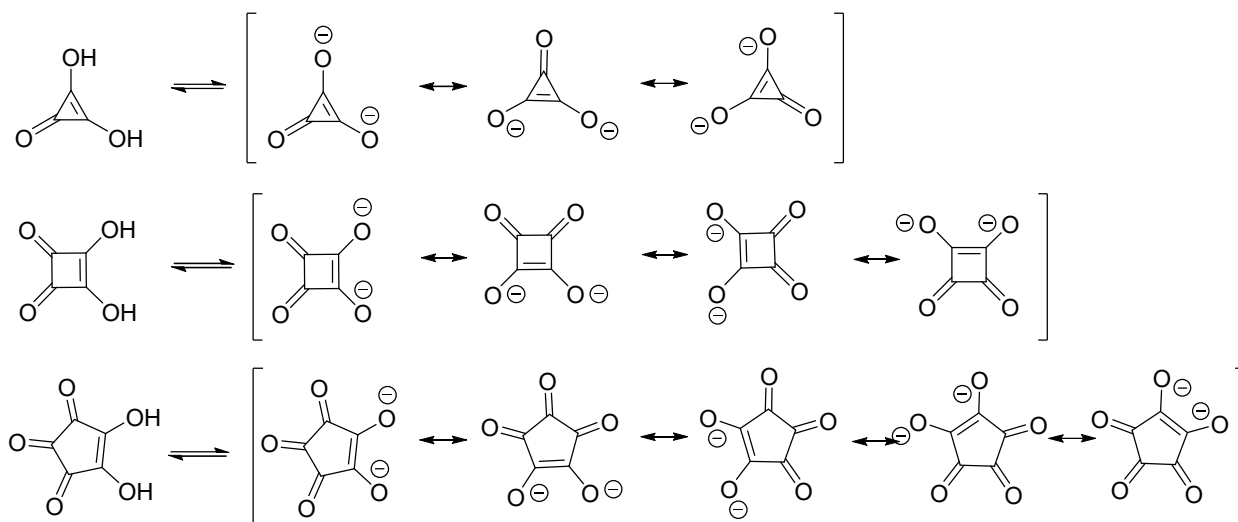
По известным массам молекулярных ионов и схожести строения можно предположить, что кислоты А-Е выглядят следующим образом:



Из-за явления таутомерии кислота А в жидкой фазе существует в виде глиоксаля.



Сильные кислотные свойства кислот В-Е обусловлены большой устойчивостью образующихся анионов, которая достигается большим количеством резонансных структур, анионы являются ароматическими.

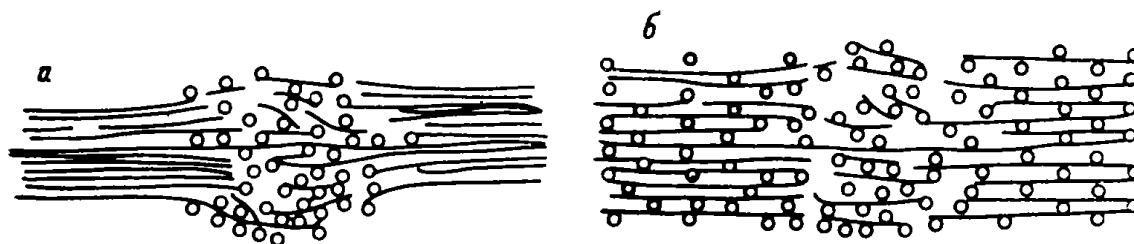


### Разбалловка

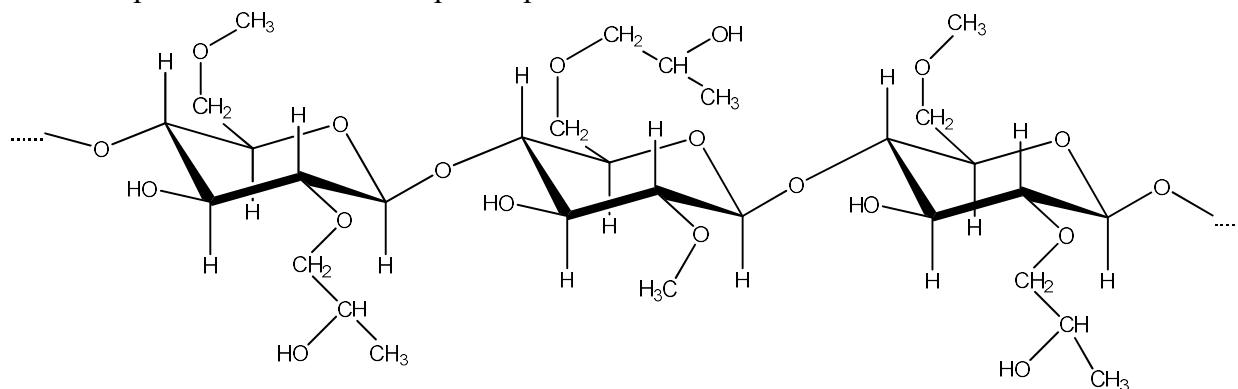
Написание уравнений реакций получения соединения С	3×0,5 б. = 1,5 б.
Написание уравнений реакций получения соединения В	3×0,5 б. = 1,5 б.
Изображение формул соединений А-Е, А'	6×1 б. = 6 б.
Объяснение сильных кислотных свойств	1 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача №11-2

1. Полимерные цепи целлюлозы связаны между собой прочными водородными связями, благодаря которым целлюлоза устойчивые волокнистые ассоциаты, не растворимые в воде. Феномен растворимости частично замещенных производных целлюлозы, связан с разрушением водородных связей. Так при частичном замещении гидроксильных групп на гидрофобные метильные или этильные радикалы, происходит разрушение ассоциатов, в результате чего полученные эфиры целлюлозы могут растворяться в воде. На приведенном ниже рисунке схематично показано метилирование целлюлозы: а) начальная стадия; б) конечная стадия.



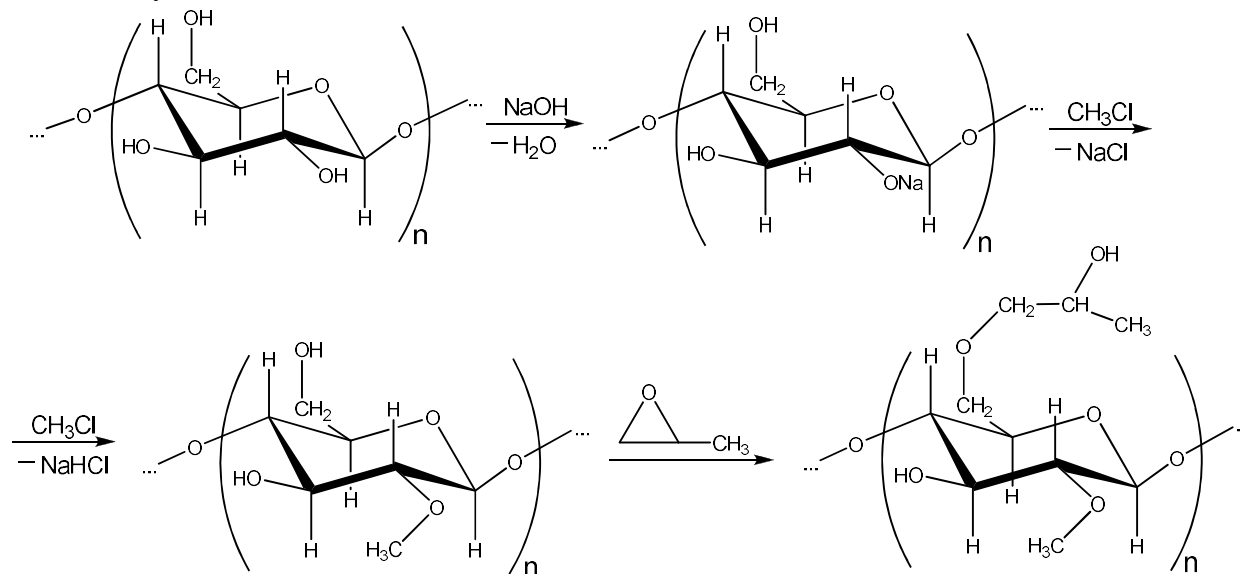
Однако стоит отметить, что полностью замещенный эфир целлюлозы с метильными или этильными радикалами в воде не растворяется.



2.

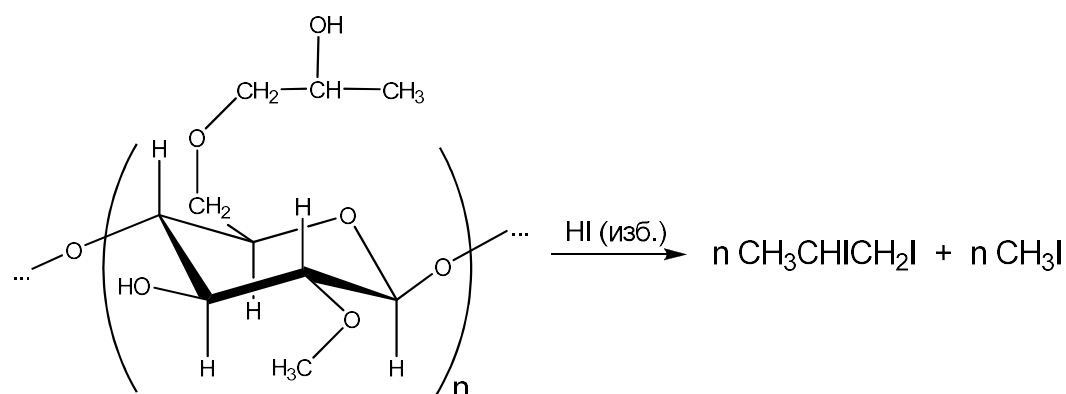
Правильным засчитывается любой вариант написания формулы с изображением глюкопиранозного звена, например, в виде формулы Хеуорса, с верной стереохимией и наличием соответствующих заместителей.

Схема получения ГПМЦ:



Возможны варианты с иным расположением заместителей.

3.



Из схемы реакции видно, что количество образовавшегося иодметана равно количеству метильных радикалов, а количество 1,2-дидиодпропана равно количеству гидроксипропильных радикалов. Следовательно, можно рассчитать массу метильных и гидроксипропильных фрагментов:

$$m(\text{CH}_3) = \frac{m(\text{CH}_3\text{I})}{M(\text{CH}_3\text{I})} \times M(\text{CH}_3) = \frac{6.42}{142} \times 15 = 0,675 \text{ г}, \omega = 6,75\%$$

$$m(\text{CH}_2\text{CHONCH}_3) = \frac{m(\text{C}_3\text{H}_5\text{I}_2)}{M(\text{C}_3\text{H}_5\text{I}_2)} \times M(\text{CH}_2\text{CHONCH}_3) = \frac{8.5}{296} \times 59 = 1,69 \text{ г}, \omega = 16,9\%$$

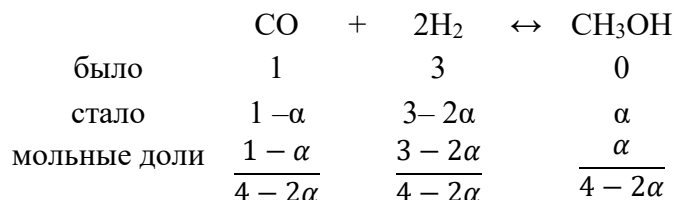
#### Разбалловка

Аргументированный ответ на 1 вопрос	2 б.
Написание структурного фрагмента ГПМЦ	1 б.
Написание уравнений реакции получения ГЭМЦ	4×0,5 б. = 2 б.
Определение весового содержания метильных и гидроксипропильных групп	3 б.

Уравнение реакции или схема реакции для определения метильных и гидроксипропильных групп	2 б.
ИТОГО	10 б.

### Задача №11-3

1. Исходя из реакций, в которые вступает вещество А, видно, что это алкин с концевой Для удобства расчётов возьмём смесь, состоящую из 1 моль СО и 3 моль Н<sub>2</sub>. Пусть прореагировало α моль СО (α в таком случае будет равняться выходу метанола), тогда



Выражение для константы равновесия реакции записывается в виде:

$$K_p = \frac{P_{\text{СН}_3\text{ОН}}}{P_{\text{СО}} \cdot P_{\text{Н}_2}^2} = \frac{P_{\text{общ.}} \cdot \chi_{\text{СН}_3\text{ОН}}}{P_{\text{общ.}} \cdot \chi_{\text{СО}} \cdot P_{\text{общ.}}^2 \cdot \chi_{\text{Н}_2}^2} = \frac{\chi_{\text{СН}_3\text{ОН}}}{\chi_{\text{СО}} \cdot P_{\text{общ.}}^2 \cdot \chi_{\text{Н}_2}^2}$$

Итоговое уравнение будет иметь вид:

$$P_{\text{общ.}}^2 = \frac{\chi_{\text{СН}_3\text{ОН}}}{\chi_{\text{СО}} \cdot \chi_{\text{Н}_2}^2 \cdot K_p} = \frac{\alpha \cdot (4 - 2\alpha)^2}{(1 - \alpha)(3 - 2\alpha)^2 \cdot K_p} = \frac{0,9 \cdot (4 - 2 \cdot 0,9)^2}{(1 - 0,9) \cdot (3 - 2 \cdot 0,9)^2 \cdot 6,09 \cdot 10^{-3}} = 4967,16, P_{\text{общ.}}$$

$$= \sqrt{4967,16} = 70,5 \text{ атм.}$$

2. По закону Гесса:

$2\text{СО}_{(\text{газ})} + \text{О}_{2(\text{газ})} = 2\text{СО}_{2(\text{газ})}$	$\frac{1}{2}\Delta\text{H}^0_1$
$\text{НСНО}_{(\text{газ})} + \text{О}_{2(\text{газ})} = \text{СО}_{2(\text{газ})} + \text{Н}_2\text{О}_{(\text{газ})}$ ;	$-\Delta\text{H}^0_2$
$2\text{Н}_2_{(\text{газ})} + \text{О}_{2(\text{газ})} = 2\text{Н}_2\text{О}_{(\text{газ})}$	$\frac{1}{2}\Delta\text{H}^0_3$
$\text{НСНО}_{(\text{газ})} + \text{Н}_2_{(\text{газ})} = \text{СН}_3\text{ОН}_{(\text{газ})}$	$\Delta\text{H}^0_4$
$\text{СО}_{(\text{газ})} + 2\text{Н}_2_{(\text{газ})} = \text{СН}_3\text{ОН}_{(\text{газ})}$	$\Delta\text{H}^0 = \frac{1}{2}\Delta\text{H}^0_1 - \Delta\text{H}^0_2 +$ $+ \frac{1}{2}\Delta\text{H}^0_3 + \Delta\text{H}^0_4 =$ <b>- 90,13 кДж</b>

3. а) По принципу Ле-Шателье – Брауна, при повышении давления равновесие в системе сдвигается в направлении, в котором уменьшается суммарное количество моль газов, значит, выход метанола при таком изменении *увеличится*.
- б) При повышении температуры равновесие смещается в направлении эндотермической реакции, при понижении температуры — в направлении экзотермической реакции. Расчёт в предыдущем пункте показывает, что реакция *экзотермическая*, значит, повышение температуры приведёт к *уменьшению* выхода продукта.
4. Вычислим атомную массу одного из металлов:

$$M_I = \frac{m}{\nu} = \frac{m \cdot N_A}{N} = \frac{1,488 \text{ г} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{1,37 \cdot 10^{22}} = 65,4 \frac{\text{г}}{\text{моль}},$$

что соответствует цинку Zn, значит, один из оксидов – ZnO (оксидов иного состава цинк не образует).

Из уравнения для массовой доли выведем формулу для нахождения атомной массы второго металла.

$$\omega_{II} = \frac{2 \cdot M_{II}}{2 \cdot M_{II} + 3 \cdot M_O + 8 \cdot M_{ZnO}} \xrightarrow{\text{подст.}}$$

$$0,13 = \frac{2 \cdot M_{II}}{2 \cdot M_{II} + 16 \cdot 3 + 8 \cdot 81} \xrightarrow{\text{решение}} M_{II} = 52 \frac{\text{г}}{\text{моль}},$$

что соответствует хрому Cr и оксиду Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Состав катализатора можно условно выразить формулой Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 8ZnO.

Используя уравнение Аррениуса, мы можем оценить эффективность катализатора по изменению константы скорости реакции:

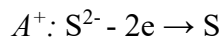
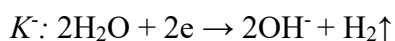
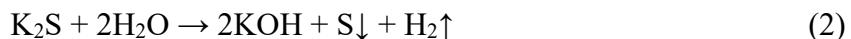
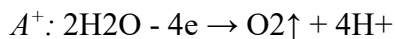
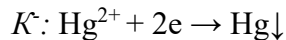
$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{e^{-\frac{E_{a2}}{RT}}}{e^{-\frac{E_{a1}}{RT}}} = e^{\frac{E_{a1}-E_{a2}}{RT}} = e^{-\frac{\Delta E_a}{RT}} = e^{\frac{15000}{8,314 \cdot 500}} = 37$$

Следовательно, скорость реакции со внесением катализатора возрастет в 37 раз.

### Разбалловка

Расчёт давления в реакторе*	4 б.
Расчёт энтальпии реакции	2 б.
Объяснение изменения выхода метанола	2×0,5 б. = 2 б.
Установление состава катализатора (по 1 баллу за каждый металл)	2×1 б. = 2 б.
Расчёт изменения константы скорости	1 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача №11-4



Уменьшение массы раствора  $2x$  моль Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> связано с выделением  $2x$  моль Hg и  $x$  моль O<sub>2</sub>, тогда:

$$\Delta m = 2x \cdot M(\text{Hg}) + x \cdot M(\text{O}_2)$$

$$x = (10,850) / (2 \cdot 201 + 32) = 0,025 \text{ моль}$$

Значит электролизу подверглось  $0,05$  моль Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.



HgS – осадок черного цвета, при перетирании становится красным

$$n(\text{HgS}) = 11,650 / (201 + 32) = 0,05 \text{ моль}$$

$$n_{\text{ост}}(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 0,05 \text{ моль (согласно уравнению (3))}$$

Т.к.  $pH > 7$  и о других осадках в условии задачи не сказано, то в растворе больше нет Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

Значит в первоначальном растворе было  $0,05 + 0,05 = 0,1$  моль Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.



$$n(\text{HNO}_3) = 4x = 4 \cdot 0,025 = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{HNO}_3) = n(\text{KOH})$$

Нетрудно видеть, что в растворе еще есть  $\text{OH}^-$  (KOH) т.к.  $\text{pH}=13,4$ :

$$[\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}^+] = 10^{-14} / 10^{-13,4} = 0,25 \text{ моль/л}$$

$$n_{\text{осм}}(\text{KOH}) = 0,25 \cdot (1+1) = 0,5 \text{ моль}$$

Суммарно при электролизе  $\text{K}_2\text{S}$  образовалось  $0,5+0,1=0,6$  моль KOH. Таким образом электролизу подверглось  $0,6/2=0,3$  моль  $\text{K}_2\text{S}$ .



$$n(\text{K}_2\text{S}) = n(\text{CuCl}_2) = 20,25 / (64 + 35,5 \cdot 2) = 0,15 \text{ моль}$$

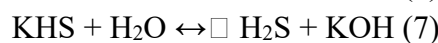
Учитывая, что изначально при сливании растворов выпал  $\text{HgS}$ , после электролиза осталось  $0,15+0,05=0,2$  моль  $\text{K}_2\text{S}$ . Тогда в первоначальном растворе было  $0,2+0,3=0,5$  моль  $\text{K}_2\text{S}$ .

Найдем содержание солей (г/л) в исходных растворах:

$$T(\text{K}_2\text{S}) = (0,5 \cdot (39 \cdot 2 + 32)) / 1 = 55 \text{ г/л}$$

$$T(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = (0,1 \cdot (201 + 62 \cdot 2)) / 1 = 32,5 \text{ г/л}$$

В условиях данной задачи можно пренебречь гидролизом  $\text{K}_2\text{S}$ :



т.к.  $\text{pH}=13,4$  (щелочная среда), то по принципу Ле-Шателье равновесие смещено влево.

### Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) – (5)	$5 \times 0,5 \text{ б.} = 2,5 \text{ б.}$
Написание процессов, происходящие на катоде и аноде.	$4 \times 0,5 \text{ б.} = 2 \text{ б.}$
Определение количеств солей, подвергшиеся электролизу.	$2 \times 0,5 \text{ б.} = 1 \text{ б.}$
Определение количеств солей, оставшиеся после электролиза	$2 \times 0,5 \text{ б.} = 1 \text{ б.}$
Определение первоначальных количеств солей в растворах	$2 \times 0,75 \text{ б.} = 1,5 \text{ б.}$
Нахождение концентрации солей в растворах	$2 \times 0,5 \text{ б.} = 1 \text{ б.}$
Ответ на вопрос о пренебрежении гидролиза сульфида калия	1 б.
ИТОГО	10 б.

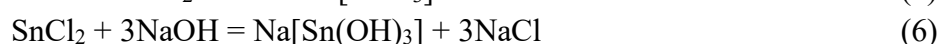
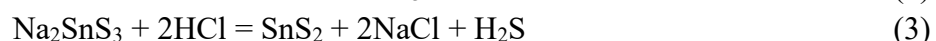
### Задача №11-5

$$\rho = \frac{1,66 \cdot M \cdot z}{V}, \text{ где } \rho - \text{плотность кристаллического вещества, г/см}^3; M -$$

молярная масса вещества, г/моль;  $Z$  – число формульных единиц, содержащихся в одной элементарной ячейке;  $V$  – объем элементарной ячейки,  $\text{\AA}^3$ .  $Z = 2$ , Кратчайшее расстояние соответствует половине телесной диагонали куба,  $V = 35,51 \text{ \AA}^3$ ,  $M = 119$ ,  $X = \text{Sn}$ .

Определение формулы хлорида. Центральный атом Sn связан с 7 атомами хлора, 4 из которых образуют по 4 связи  $\text{Cl-Sn}$ , а 3 – по 3 таких связи (рис.), тогда на 1 атом Sn приходится  $4 \cdot 1/4 + 3 \cdot 1/3 = 2$  атома хлора.  $\text{SnCl}_2$

Уравнения реакций:





### Разбалловка

Определен элемент <i>X</i> (без расчета – 0,5 б.)	2 б.
Определена формула хлорида <i>A</i> (без расчета – 0,5 б.)	2 б.
Написание уравнений (1), (4), (7), (8)	4×0,5 б. = 2 б.
Написание уравнений (2), (3), (5), (6)	4×1 б. = 4 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

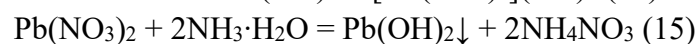
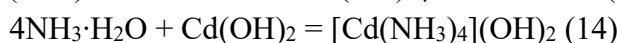
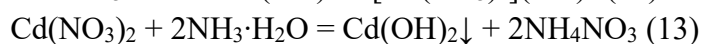
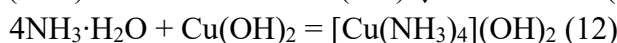
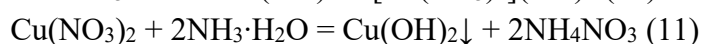
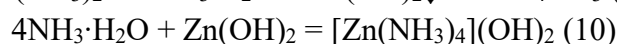
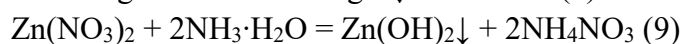
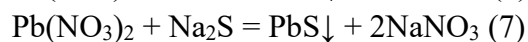
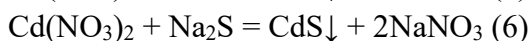
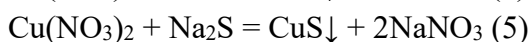
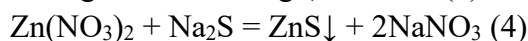
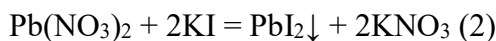
## 2.3. Критерии оценивания заданий Экспериментального тура

### 2.3.1. Задание 9 класса

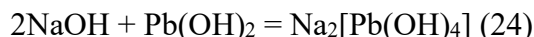
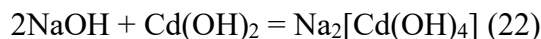
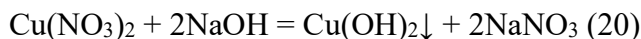
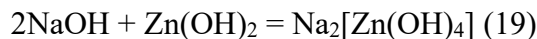
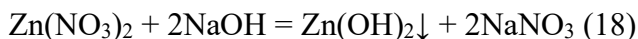
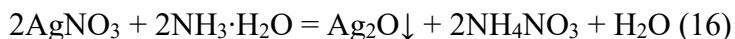
Составим таблицу, чтобы отразить все возможные взаимодействия между веществами первого и второго комплекта

	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Cd(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	AgNO <sub>3</sub>
NaOH	↓белый Zn(OH) <sub>2</sub> р-р в изб.	↓голубой Cu(OH) <sub>2</sub>	↓белый Cd(OH) <sub>2</sub> р-р в изб.	↓белый Pb(OH) <sub>2</sub> р-р в изб.	↓черный (Ag <sub>2</sub> O)
NH <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O	↓белый Zn(OH) <sub>2</sub> р-р в изб.	↓голубой Cu(OH) <sub>2</sub> р-р в изб.	↓белый Cd(OH) <sub>2</sub> р-р в изб.	↓белый Pb(OH) <sub>2</sub>	↓черный (Ag <sub>2</sub> O) р-р в изб.
Na <sub>2</sub> S	↓ телесный (ZnS)	↓черный (CuS)	↓желтый (CdS)	↓черный (PbS)	↓черный (Ag <sub>2</sub> S)
KI	-	↓ черный (I <sub>2</sub> )	-	↓ желтый (PbI <sub>2</sub> )	↓желтоватый (AgI)

Уравнения реакций:





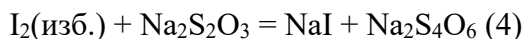
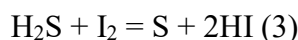
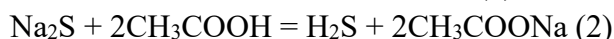
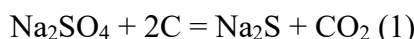


### Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) – (8)	8x0,25 б = 2,0 б.
Написание уравнений реакций (9) – (25)	17x0,5 б = 8,5 б.
Определение соответствия пробирок и веществ (ряд 1–5)	5x1,5 б. = 7,5 б.
Определение соответствия пробирок и веществ (ряд А–Г)	4x0,5 б. = 2 б.
ИТОГО	20 б.

### 2.3.2. Задание 10 класса

Уравнения реакций:



Количество сульфида натрия эквивалентно иоду, который с ним взаимодействует (реакции 2, 3):

$$n(\text{Na}_2\text{S}) = n(\text{I}_2)$$

Количество иода, вступившего во взаимодействие с сульфидом натрия можно найти как разность количества введенного иода и количества иода, прореагировавшего с тиосульфатом натрия (реакция 4):

$$\begin{aligned} n(\text{I}_2) &= n(\text{I}_2)_{\text{исх}} - n(\text{I}_2)_{\text{изб}} = n(\text{I}_2)_{\text{исх}} - n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = \\ &= C(\text{I}_2) \cdot V(\text{I}_2) - C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3), \end{aligned}$$

где  $C(\text{I}_2)$  – молярная концентрация раствора иода (моль/л)

$V(\text{I}_2)$  – объем раствора иода, взятый для анализа (л)

$C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$  – молярная концентрация раствора тиосульфата натрия (моль/л)

$V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$  – объем раствора тиосульфата натрия затраченный на титрование (л).

Тогда массу сульфида натрия в 1 литре технологического раствора можем найти по формуле:

$$C(\text{г/л}) = n(\text{Na}_2\text{S}) \cdot M(\text{Na}_2\text{S}) / V_{\text{ал}},$$

где  $V_{\text{ал}}$  – объем аликвоты технологического раствора, взятого для анализа (л).

Рассчитаем массу наонагидрата сульфида натрия, которую можно получить из 1 т технологического раствора с содержанием сульфида натрия 0,5 г/л (пример расчета). Так как плотность раствора равна 1000 кг/м<sup>3</sup>, то 1 т раствора имеет объем 1 м<sup>3</sup> или 1000 л, и в ней содержится 1000·0,5 = 500 г сульфида натрия, что соответствует:

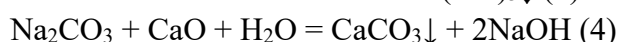
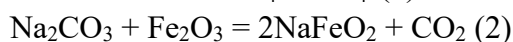
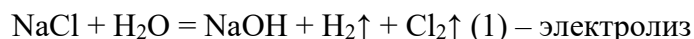
$$m(\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}) = 500 \cdot \frac{240}{78} = 1538.46 \text{ г.}$$

### Разбалловка

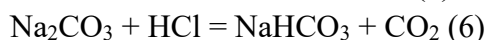
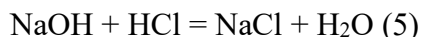
Написание уравнений реакций (1)–(4)	4x1 б. = 4 б.																
Расчет содержания сульфида натрия (безотносительно правильности титрования)	2 б.																
Расчет массы нонагидрата сульфида натрия (безотносительно правильности расчета содержания сульфида натрия)	1 б.																
Оценка точности определения содержания сульфида натрия (по объему затраченного тиосульфата натрия):	до 13 баллов																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ошибка, %</th> <th>балл</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt; 5 %</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>5–10 %</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>11–15 %</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>16–20 %</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>21–25 %</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>26–30 %</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>&gt; 30 %</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		Ошибка, %	балл	< 5 %	13	5–10 %	11	11–15 %	9	16–20 %	7	21–25 %	5	26–30 %	3	> 30 %	1
Ошибка, %		балл															
< 5 %		13															
5–10 %		11															
11–15 %		9															
16–20 %		7															
21–25 %		5															
26–30 %	3																
> 30 %	1																
ИТОГО	20 б.																

### 2.3.3. Задание 11 класса

Уравнения реакций:



Уравнения реакций, протекающих при титровании с фенолфталеином:



Уравнения реакций, протекающих при титровании с метилоранжем:



Разница объема раствора хлороводородной кислоты затраченной на титрование с метилоранжем и фенолфталеином ( $V_2$ ) пропорционален половине карбоната натрия:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2C(\text{HCl}) \cdot V_2$$

Тогда, количество гидроксида натрия найдем из результатов титрования с фенолфталеином ( $V_1$ ):

$$n(\text{NaOH}) = C(\text{HCl}) \cdot (V_1 - 2V_2)$$

Массовую долю рассчитаем по следующим формулам:

$$w(\text{NaOH}) = \frac{n(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) \cdot 10}{1.000} \cdot 100\%,$$

$$w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot 10}{1.000} \cdot 100\%,$$

где 10 – разбавление (объем колбы деленный на объем аликвоты)

1,000 – масса маточного раствора, взятого для анализа, г

Рассчитаем массу технического гидроксида натрия, полученного при упаривании 1 т маточного раствора, содержащего 10,0 мас. % гидроксида натрия и 5,0 мас.% карбоната натрия.

При упаривании раствора получим  $1000 \cdot 0,1 = 100,0$  кг NaOH. Считая, что суммарное количество примесей равно 12,0 мас.% вычислим массу технического продукта:

$$100 \text{ кг} - (100,0 - 12,0) \%$$

$$X \text{ кг} - 100,0 \%$$

$$X = 113,64 \text{ кг}$$

Масса технического гидроксида натрия равна 113,64 кг.

### Разбалловка

Написание уравнений реакций (1)–(4)	4x1 б. = 4 б.														
Расчет массовой доли гидроксида и карбоната натрия (безотносительно правильности титрования)	3 б.														
Расчет массы технического гидроксида натрия (безотносительно правильности расчета содержания карбоната натрия)	1 б.														
Оценка точности определения содержания карбоната и гидроксида натрия (по объему затраченного тиосульфата натрия):	до 6 б за NaOH до 6 б за Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ошибка, %</th> <th>балл</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt; 5 %</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>5–10 %</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>11–15 %</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>16–20 %</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>21–25 %</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>&lt; 25 %</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		Ошибка, %	балл	< 5 %	6	5–10 %	5	11–15 %	4	16–20 %	3	21–25 %	2	< 25 %	1
Ошибка, %		балл													
< 5 %		6													
5–10 %		5													
11–15 %		4													
16–20 %		3													
21–25 %	2														
< 25 %	1														
ИТОГО	20 б.														

### 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.

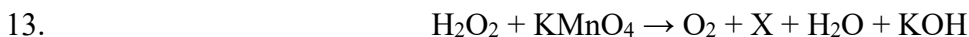
##### 3.1.1. Задания 9 класса

1. Активное использование в быту и промышленности изделий из некоторых простых веществ обусловлено их высокой тепло- и электропроводностью. Какой тип связи обуславливает указанные свойства простых веществ?
  1. Ван-дер-ваальсовыми
  2. Ковалентными
  3. Водородными
  4. Ионными
  5. Металлическими
2. Выберите химические явления из перечисленного списка:
  1. Жарка яичницы
  2. Замерзание воды
  3. Горение бумаги
  4. Плавление свечного воска
3. Назовите металл, который содержится в большом количестве в бананах, что делает их достаточно радиоактивными. Данный металл окрашивает пламя в фиолетовый цвет.
  1. Медь
  2. Калий
  3. Индий
  4. Кальций
4. Массовая доля кислорода в молекуле медного купороса в процентах составляет? Ответ округлите до десятых (например, 12,2)
5. В двух пробирках находятся растворы сульфата и сульфита натрия. Различить содержимое пробирок можно с помощью раствора:
  1. Серной кислоты
  2. Хлорида бария
  3. Перманганата калия
  4. Нитрата серебра
6. Выберите возможные продукты реакции :
 
$$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH} \rightarrow$$
  1.  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$

2.  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
  3.  $\text{O}_2$
  4.  $\text{H}_2\text{O}$
  5.  $\text{HNO}_3$
  6.  $\text{Na}_2\text{O}_2$
7. Какую степень окисления имеет сера в ромбической аллотропной модификации?
1. -2
  2. 0
  3. 2
  4. 4
  5. 6
8. Количество электронов на внешнем электронном уровне одинаково для частиц:
1.  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{K}^0$
  2.  $\text{Sc}^{3+}$  и  $\text{K}^+$
  3.  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Sc}^{3+}$
  4.  $\text{Cd}^{2+}$  и  $\text{Sn}^{2+}$
  5.  $\text{Cd}^0$  и  $\text{Sn}^{4+}$
  6.  $\text{Sn}^{2+}$  и  $\text{Cd}^0$
9. Несколько десятилетий назад основным сырьем для производства этой неорганической кислоты являлся пирит, а в настоящее время ее получают из продуктов, образующихся при очистке сырой нефти и природного газа перед переработкой. Что это за кислота?
1. Азотная
  2. Серная
  3. Хлороводородная
  4. Фосфорная
10. В воду внесены 19,6 г серной кислоты и 52,2 г нитрата бария. Вычислите массовую долю вещества в конечном растворе массой 252 г в процентах. Ответ округлите до целых (например, 12).
11. Смесь карбоната, сульфата и сульфита одного и того же металла массой 9,17 г растворили в избытке соляной кислоты. Выделившиеся газы пропустили через 103 г 3%-ного водного раствора перманганата калия. В результате массовые доли солей марганца сравнялись. Непрореагировавший газ пропустили через избыток баритовой воды и получили 5,91 г осадка. Известно, что содержание сульфита металла в смеси на 0,31 г больше, чем сульфата.
1. Запишите химическую формулу карбоната металла (например,  $\text{CuCO}_3$ ).
  2. Рассчитайте массу карбоната металла в исходной смеси. Результат округлите до сотых (например, 0,99).
  3. Рассчитайте массу сульфата металла в исходной смеси. Результат округлите до сотых (например, 0,99).
  4. Рассчитайте массовую долю сульфита металла в исходной смеси в %. Результат округлите до десятых (например, 12,2).
12. 3,25 г металла А смешали с эквивалентным количеством элементарной серы и сплавляли, при этом получили соединение Б, металл в котором имеет валентность равную двум. Соединение Б растворили при нагревании в азотной кислоте,

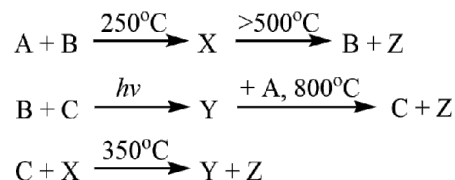
полученный раствор выпарили и прокалили, при этом получили 4,05 г твердого вещества В.

1. Определите металл А. В ответе укажите его атомную массу, округленную до целых (например, 25).
2. Определите соединение Б. В ответе укажите его формулу (например, H<sub>2</sub>O).
3. Вычислите массу элементарной серы, которую необходимо взять для реакции. Ответ округлите до десятых (например, 2,5).
4. Определите соединение В. В ответе укажите его формулу (например, H<sub>2</sub>O).



Вещество X имеет серо-стальной цвет, с соляной кислотой реагирует с образованием желто-зеленого газа.

1. Определите вещество X. Укажите в ответе его брутто-формулу (например, h<sub>2</sub>s)
  2. Расставьте коэффициенты в полученном уравнении химической реакции и укажите в ответе их сумму (например, 21).
  3. Укажите в ответе брутто-формулу вещества, которое является восстановителем в данной реакции (например, h<sub>2</sub>s)
  4. Укажите в ответе число электронов, которое отдает 1 молекула восстановителя в данной реакции (например, 6)
14. Бинарные соединения X, Y, Z могут содержать только элементы А, В, С. Известно, что X- темно-красные кристаллы, Y-газообразное вещество, Z - белые кристаллы. Содержание одного и того же элемента в соединениях Y, Z составляет 97,26 и 55,54 % мас. соответственно. Взаимодействие этих веществ можно отразить следующей схемой.



1. Напишите химическую формулу вещества X (например, CuSO<sub>4</sub>).
  2. Напишите химическую формулу вещества Y (например, CuSO<sub>4</sub>).
  3. Напишите химическую формулу вещества Z (например, CuSO<sub>4</sub>).
  4. Напишите химический символ элемента А (например, Cu).
15. Негашеная известь (оксид кальция) находит широкое применение в строительстве. В промышленности его получают термическим разложением известняка (карбоната кальция). Для получения 56 г оксида кальция из карбоната кальция требуется затратить 177,4 кДж теплоты. Источником энергии, необходимой для разложения может служить природный газ, основным компонентом которого является метан.
- Примечание. Стандартные теплоты образования веществ

Вещество	CH <sub>4</sub> (г)	CO <sub>2</sub> (г)	H <sub>2</sub> O(г)
Q <sub>обр</sub> , кДж/кг	74,85	393,5	241,84

1. Рассчитайте какая масса (в т) известняка, содержащего 96 % карбоната кальция потребуется для получения 1 т оксида кальция. Ответ округлите до десятых (например, 2,0)
2. Какое количество теплоты потребуется для разложения 1 кг карбоната кальция. Ответ округлите до целых (например, 15)
3. Какое количество теплоты (в кДж) выделяется при сжигании 1 л (при н.у.) метана. Ответ округлите до целых (например, 15)
4. Какой объем метана (при н.у. в л) требуется сжечь, чтобы получить 1 кг оксида кальция. Ответ округлите до целых (например, 2)

### 3.1.2 Задания 10 класса

1. Аномально высокие температуры плавления и кипения водородных соединений фтора и кислорода в сравнении с аналогами в группах обусловлены .... связями.
  1. Ван-дер-ваальсовыми
  2. Ковалентными
  3. Водородными
  4. Ионными
  5. Металлическими
2. Выберите химические явления из перечисленного списка:
  1. Скисание молока
  2. Замерзание воды
  3. Горение бумаги
  4. Плавление свечного воска
3. Отравление этой кислотой приводит к смерти из-за прекращения усвоения кислорода клетками. Впервые эту кислоту описал К. Шееле, она и стала причиной его смерти.
  1. Серная кислота
  2. Уксусная кислота
  3. Анисовая кислота
  4. Синильная кислота
4. Навеску 1 г минерала, аналогичного малахиту по качественному составу, нагрели до образования трех оксидов. Выделились: вода,  $\text{CO}_2$  – 0,254 г, и 0,694 г –  $\text{CuO}$ . Определите массовую долю меди в минерале в процентах. Ответ округлите до целых. (например, 12).
5. Водная суспензия гидроксида меди (II) позволяет различить растворы:
  1. Хлороводородной и уксусной кислот
  2. Глицерина и этанола
  3. Аммиака и гидроксида калия
  4. Уксусной кислоты и глюкозы
6. Выберите возможные продукты реакции :  
 $\text{Si} + \text{HNO}_3 + \text{HF} \rightarrow$ 
  1.  $\text{SiO}_2$
  2.  $\text{H}_2\text{O}$
  3.  $\text{H}_2$

4.  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$
  5.  $\text{NO}_2$
  6.  $\text{SiF}_4$
7. Какие валентности может иметь сера?
1. -2
  2. 0
  3. 2
  4. 4
  5. 6
8. Какие из частиц имеют одинаковое количество электронов:
1.  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{K}^0$
  2.  $\text{Sc}^{3+}$  и  $\text{K}^+$
  3.  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Sc}^{3+}$
  4.  $\text{Cd}^{2+}$  и  $\text{Sn}^{2+}$
  5.  $\text{Cd}^0$  и  $\text{Sn}^{4+}$
  6.  $\text{Sn}^{2+}$  и  $\text{Cd}^0$
9. Древесина широко используется в химической промышленности. Из основного ее компонента – целлюлозы получают бумагу, из отходов бумажного производства – лигносульфонатов производят синтетический ванилин. Какое вещество в промышленности получали сухой перегонкой древесины?
1. Этанол
  2. Уксусную Кислоту
  3. Метанол
  4. Формальдегид
10. Вещество А, при взаимодействии с уксусной кислотой образует вещество, придающее запах бананам. При сильном нагревании вещества А с концентрированной серной кислотой образуется углеводород разветвленного строения, содержащий 85,71% углерода. Назовите вещество А по ИЮПАК (например, 2-этилгексанол).
11. Смесь карбоната, сульфата и сульфита одного и того же металла массой 9,17 г растворили в избытке соляной кислоты. Выделившиеся газы пропустили через 103 г 3%-ного водного раствора перманганата калия. В результате массовые доли солей марганца сравнялись. Непрореагировавший газ пропустили через избыток баритовой воды и получили 5,91 г осадка. Известно, что содержание сульфита металла в смеси на 0,31 г больше, чем сульфата.
1. Запишите химическую формулу карбоната металла (например,  $\text{CuCO}_3$ ).
  2. Рассчитайте массу карбоната металла в исходной смеси. Результат округлите до сотых (например, 0,99).
  3. Рассчитайте массу сульфата металла в исходной смеси. Результат округлите до сотых (например, 0,99).
  4. Рассчитайте массовую долю сульфита металла в исходной смеси в %. Результат округлите до десятых (например, 12,2).
12. 3,25 г металла А смешали с эквивалентным количеством элементарной серы и сплавляли, при этом получили соединение Б, металл в котором имеет валентность равную двум. Соединение Б растворили при нагревании в азотной кислоте,

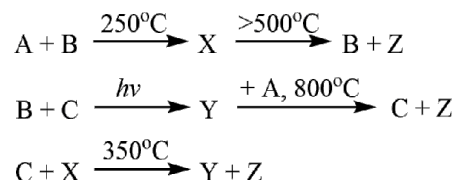


полученный раствор выпарили и прокалили, при этом получили 4,05 г твердого вещества В.

1. Определите металл А. В ответе укажите его атомную массу, округленную до целых (например, 25).
  2. Определите соединение Б. В ответе укажите его формулу (например, H<sub>2</sub>O).
  3. Вычислите массу элементарной серы, которую необходимо взять для реакции. Ответ округлите до десятых (например, 2,5).
  4. Определите соединение В. В ответе укажите его формулу (например, H<sub>2</sub>O).
13. 
$$\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{KNO}_3 + \text{X} \rightarrow \text{Y} + \text{KNO}_2 + \text{CO}_2$$

Вещество Y имеет желтый цвет, при нагревании с концентрированной соляной кислотой реагирует с образованием желто-зеленого газа.

1. Определите вещество Y. Укажите в ответе его брутто-формулу (например, h<sub>2</sub>s)
  2. Расставьте коэффициенты в полученном уравнении химической реакции и укажите в ответе их сумму (например, 21).
  3. Укажите в ответе брутто-формулу вещества, которое является восстановителем в данной реакции (например, h<sub>2</sub>s)
  4. Определите вещество X. Укажите в ответе его брутто-формулу (например, h<sub>2</sub>s)
14. Бинарные соединения X, Y, Z могут содержать только элементы А, В, С. Известно, что X - темно-красные кристаллы, Y - газообразное вещество, Z - белые кристаллы. Содержание одного и того же элемента в соединениях Y, Z составляет 97,26 и 55,54 % мас. соответственно. Взаимодействие этих веществ можно отразить следующей схемой.




1. Напишите химическую формулу вещества X (например, CuSO<sub>4</sub>).
  2. Напишите химическую формулу вещества Y (например, CuSO<sub>4</sub>).
  3. Напишите химическую формулу вещества Z (например, CuSO<sub>4</sub>).
  4. Напишите химический символ элемента А (например, Cu).
15. Негашеная известь (оксид кальция) находит широкое применение в строительстве. В промышленности его получают термическим разложением известняка (карбоната кальция). Для получения 56 г оксида кальция из карбоната кальция требуется затратить 177,4 кДж теплоты. Источником энергии, необходимой для разложения может служить природный газ, основным компонентом которого является метан.
- Примечание. Стандартные теплоты образования веществ

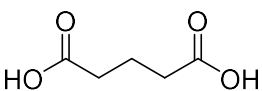
Вещество	CH <sub>4</sub> (г)	CO <sub>2</sub> (г)	H <sub>2</sub> O(г)
Q <sub>обр</sub> , кДж/кг	74,85	393,5	241,84

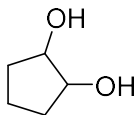
1. Рассчитайте какая масса (в т) известняка, содержащего 96 % карбоната кальция потребуется для получения 1 т оксида кальция. Ответ округлите до десятых (например, 2,0)
2. Какое количество теплоты потребуется для разложения 1 кг карбоната кальция. Ответ округлите до целых (например, 15)
3. Какое количество теплоты (в кДж) выделяется при сжигании 1 л (при н.у.) метана. Ответ округлите до целых (например, 15)
4. Какой объем метана (при н.у. в л) требуется сжечь, чтобы получить 1 кг оксида кальция. Ответ округлите до целых (например, 2)

### 3.1.3 Задания 11 класса

1. Впервые предположение о существовании ... связей было высказано в середине 19 века. Они обусловлены электростатическим взаимодействием и поэтому присущи любым веществам.
  1. Ван-дер-ваальсовых
  2. Ковалентных
  3. Водородных
  4. Ионных
  5. Металлических
2. Выберите химические явления из перечисленного списка:
  1. Переваривание пищи в желудке
  2. Таяние льда
  3. Горение бумаги
  4. Плавление свечного воска
3. Назовите металл, который входит в состав цианокобаламина (витамина группы В).
  1. Медь
  2. Кобальт
  3. Железо
  4. Магний
4. Навеску 1 г минерала, аналогичного малахиту по качественному составу, нагрели до образования трех оксидов. Выделились: вода,  $\text{CO}_2$  – 0,254 г, и 0,694 г –  $\text{CuO}$ . Определите массовую долю меди в минерале в процентах. Ответ округлите до целых. (например, 12).
5. Водная суспензия гидроксида меди (II) позволяет различить растворы:
  1. Хлороводородной и уксусной кислот
  2. Глицерина и этанола
  3. Аммиака и гидроксида калия
  4. Уксусной кислоты и глюкозы
6.
 


 $+ \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{0^\circ\text{C}}$

  1.  $\text{K}_2\text{MnO}_4$
  2. 

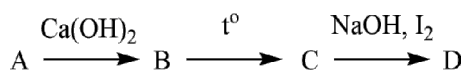


- 3.
4.  $\text{MnO}_2$
5.  $\text{KOH}$
6.  $\text{H}_2\text{MnO}_4$

7. Какую валентность имеет сера в ромбической аллотропной модификации?
  1. -2
  2. 0
  3. 2
  4. 4
  5. 6
8. Какие из частиц имеют одинаковое количество электронов на внешнем электронном уровне:
  1.  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{K}^0$
  2.  $\text{Sc}^{3+}$  и  $\text{K}^+$
  3.  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Sc}^{3+}$
  4.  $\text{Cd}^{2+}$  и  $\text{Sn}^{2+}$
  5.  $\text{Cd}^0$  и  $\text{Sn}^{4+}$
  6.  $\text{Sn}^{2+}$  и  $\text{Cd}^0$
9. Древесина широко используется в химической промышленности. Из основного ее компонента – целлюлозы получают бумагу, из отходов бумажного производства – лигносульфонатов производят синтетический ванилин. Какое вещество в промышленности получали сухой перегонкой древесины?
  1. Этанол
  2. Уксусную Кислоту
  3. Метанол
  4. Формальдегид
10. Вещество А, при взаимодействии с уксусной кислотой образует вещество, придающее запах бананам. При сильном нагревании вещества А с концентрированной серной кислотой образуется углеводород разветвленного строения, содержащий 85,71% углерода. Назовите вещество А по ИЮПАК (например, 2-этилгексанол).
11. Смесь карбоната, сульфата и сульфита одного и того же металла массой 9,17 г растворили в избытке соляной кислоты. Выделившиеся газы пропустили через 103 г 3%-ного водного раствора перманганата калия. В результате массовые доли солей марганца сравнялись. Непрореагировавший газ пропустили через избыток баритовой воды и получили 5,91 г осадка. Известно, что содержание сульфита металла в смеси на 0,31 г больше, чем сульфата.
  5. Запишите химическую формулу карбоната металла (например,  $\text{CuCO}_3$ ).
  6. Рассчитайте массу карбоната металла в исходной смеси. Результат округлите до сотых (например, 0,99).
  7. Рассчитайте массу сульфата металла в исходной смеси. Результат округлите до сотых(например, 0,99).

8. Рассчитайте массовую долю сульфита металла в исходной смеси в %. Результат округлите до десятых (например, 12,2).

12.

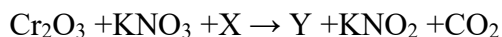


Продукт В содержит следующие массовые доли веществ:

$\omega(\text{C}) = 30,38\%$ ,  $\omega(\text{H}) = 3,80\%$ ,  $\omega(\text{O}) = 40,51\%$ , остальную долю в соединении занимает металл.

1. Напишите название соединения А по номенклатуре ИЮПАК (например, 2-этилгексанол);
2. Напишите название соединения В по номенклатуре ИЮПАК (например, 2-этилгексанол);
3. Напишите название соединения С по номенклатуре ИЮПАК (например, 2-этилгексанол);
4. Напишите название соединения D по номенклатуре ИЮПАК (например, 2-этилгексанол).

13.



Вещество Y имеет желтый цвет, при нагревании с концентрированной соляной кислотой реагирует с образованием желто-зеленого газа.

5. Определите вещество Y. Укажите в ответе его брутто-формулу (например, h2s)
6. Расставьте коэффициенты в полученном уравнении химической реакции и укажите в ответе их сумму (например, 21).
7. Укажите в ответе брутто-формулу вещества, которое является восстановителем в данной реакции (например, h2s)
8. Определите вещество X. Укажите в ответе его брутто-формулу (например, h2s)

14.

В промышленности для ускорения созревания бананов используют смесь двух газов (95:5 об.). Плотность газовой смеси по водороду составляет 14. При совместном нагревании 1 м<sup>3</sup> газовой смеси с парами воды в присутствии серной кислоты приводит к образованию жидкости объемом 130 мл ( $\rho = 0,79$  г/мл) органического вещества, содержащего 34,78% кислорода.

1. Определите молекулярную массу жидкости с точностью до целых (например, 21)
2. Напишите название жидкости по ИЮПАК (например, 2-этилгексанол)
3. Напишите формулу газа, массовая доля которого наибольшая. (например, h2s)
4. Напишите фамилию химика, предложившего использовать такой способ получения описанной жидкости (например, Марковников).

15.

Реакция получения иодоводорода из паров иода и водорода является обратимой. В закрытом сосуде объемом 1 литр смешали 0,75 моль водорода и 1,0 моль иода. При некоторой температуре равновесие установилось, когда прореагировало 65 % от исходного количества иода.

1. Вычислите равновесную концентрацию иода (моль/л). Ответ округлите до сотых (например, 0,10).

2. Вычислите равновесную концентрацию водорода (моль/л). Ответ округлите до сотых (например, 0,10).
3. Вычислите равновесную концентрацию иодоводорода (моль/л). Ответ округлите до сотых (например, 0,10).
4. Вычислите константу равновесия реакции. Ответ округлите до десятых (например, 0,1).

### 3.2 Критерии оценки заданий Интернет-тура

#### 3.2.1 Задания 9 класса

<i>№</i>	<i>Балл</i>	
1	6	5
2	4	13
3	4	2
4	6	57,6
5	6	13
6	6	14
7	4	2
8	6	236
9	4	2
10	6	10
11.1	4	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
11.2	4	3,18
11.3	4	2,84
11.4	4	34,4
12.1	4	65
12.2	4	ZnS
12.3	4	1,6
12.4	4	ZnO
13.1	4	MnO <sub>2</sub>
13.2	4	14

13.3	4	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
13.4	4	2
14.1	4	FeCl <sub>3</sub>
14.2	4	HCl
14.3	4	FeCl <sub>2</sub>
14.4	4	Fe
15.1	4	1,9
15.2	4	1774
15.3	4	36
15.4	4	88
<b>ИТОГО</b>	<b>130</b>	

### 3.2.2 Задания 10 класса

<i>№</i>	<i>Балл</i>	
1	6	3
2	4	13
3	4	4
4	6	56
5	6	234
6	6	245
7	4	345
8	6	236
9	4	3
10	6	2-метилпропанол
11.1	4	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
11.2	4	3,18
11.3	4	2,84
11.4	4	34,4
12.1	4	65

<i>№</i>	<i>Балл</i>	
12.2	4	ZnS
12.3	4	1,6
12.4	4	ZnO
13.1	4	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>
13.2	4	13
13.3	4	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
13.4	4	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
14.1	4	FeCl <sub>3</sub>
14.2	4	HCl
14.3	4	FeCl <sub>2</sub>
14.4	4	Fe
15.1	4	1,9
15.2	4	1774
15.3	4	36
15.4	4	88

### 3.2.3 Задания 11 класса

<i>№</i>	<i>Балл</i>	
1	6	1
2	4	13
3	4	2
4	6	56
5	6	234
6	6	345
7	4	3
8	6	236
9	4	3
10	6	2-метилпропанол

№	Балл	
11.1	4	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
11.2	4	3,18
11.3	4	2,84
11.4	4	34,4
12.1	4	этановая кислота
12.2	4	этанонат кальция
12.3	4	пропан-2-он
12.4	4	триiodметан
13.1	4	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>
13.2	4	13
13.3	4	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
13.4	4	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
14.1	4	46
14.2	4	Этанол
14.3	4	N <sub>2</sub>
14.4	4	Бутлеров
15.1	4	0,35
15.2	4	0,10
15.3	4	1,30
15.4	4	48,3

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

 И.Ю. Макарихин

