

Материалы заданий олимпиады 2023–2024 учебного года

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

Предмет (комплекс предметов): Химия

Порядковый номер олимпиады в Перечне: 38

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА	2
1.1 Задания Отборочного теоретического тура	2
1.1.1 Задания 7-8 класса	2
1.1.2 Задания 9 класса	3
1.1.3. Задания 10 класса	5
1.1.4. Задания 11 класса	7
1.2 Задания Теоретического тура	9
1.2.1 Задания 7-8 класса	9
1.2.2 Задания 9 класса	11
1.2.3. Задания 10 класса	13
1.2.4. Задания 11 класса	15
1.3. Задания Экспериментального тура	18
1.3.1. Задание 8-9 класса	18
1.3.2. Задание 10 класса	18
1.3.3. Задание 11 класса	19
2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА	19
2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура	20
2.1.1. Задания 7-8 класса	20
2.1.2. Задания 9 класса	22
2.1.3. Задания 10 класса	27
2.1.4. Задания 11 класса	31
2.2. Критерии оценивания заданий Теоретического тура	36
2.2.1. Задания 7-8 класса	36
2.2.2. Задания 9 класса	40
2.2.3. Задания 10 класса	45
2.2.4. Задания 11 класса	49
2.3. Критерии оценивания заданий Экспериментального тура	54
2.3.1. Задание 8-9 класса	54
2.3.2. Задание 10 класса	54
2.3.3. Задание 11 класса	55
3. ЗАДАНИЯ ПЕРВОГО (ОТБОРОЧНОГО) ЭТАПА	57
3.1 Задания Интернет-тура	57
3.1.1. Задания 6-8 класса	57
3.1.2. Задания 9 класса	60
3.1.3 Задания 10 класса	61
3.1.4 Задания 11 класса	64
3.2 Критерии оценки заданий Интернет-тура	67
3.2.1 Задания 6-8 класса	67
3.2.2 Задания 9 класса	68
3.2.3 Задания 10 класса	69
3.2.4 Задания 11 класса	70

1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

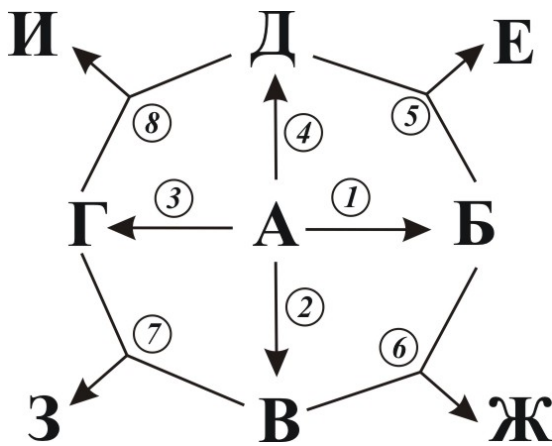
1.1 Задания Отборочного теоретического тура

1.1.1 Задания 7-8 класса

Задача № 8-1

Сколько электронов, протонов и нейтронов содержит ион ClO_4^- , если принять, что в состав иона входят только изотопы ^{35}Cl и ^{16}O ? Как изменится число электронов, протонов и нейтронов, если ион ClO_4^- будет содержать только изотопы ^{37}Cl и ^{18}O ? Назовите ион ClO_4^- .

Задача №8-2



Простое вещество А образовано самым распространённым элементом во Вселенной. Вещества Б, В, Г, Д и З – бинарные соединения. Вещества Е, Ж и И содержат по три элемента. В реакции 1, 2, 3 и 4 вступают только простые вещества. Все эти простые вещества хорошо знакомы любому, кто даже не увлекался химией. Известно, что разница молекулярных масс веществ Д и Б равна 1 г/моль, веществ Б и В – 19,5 г/моль, веществ В и Г – 12,5 г/моль, а веществ Д и Г – 6 г/моль. Соединения Б и В газы, хорошо растворимые в воде (раствор Б в воде окрашивает лакмус в синий цвет, раствор В в воде окрашивает

лакмус в красный цвет). Соединения Е, Ж, З и И хорошо растворимы в воде. Вещество Е часто называют "спиртом" вещества Ж. Тривиальное название вещества И включает в себя слово "сода".

1. Определите все зашифрованные вещества А-И.
2. Напишите уравнения реакций 1-8.

Задача №8-3

К 81 г 18,5%-ного раствора неизвестной кислоты Х добавили до полной нейтрализации 40 г 10%-ного раствора гидроксида натрия и 35 г 13,6%-ного раствора гидроксида калия.

1. Определите кислоту Х.
2. Рассчитайте массовые доли солей, образовавшихся в растворе после смешения всех реагентов.

Задача № 8-4

В переводе с персидского название этого минерала означает "минерал счастья" или "камень победы". В зависимости от возраста, этот минерал зеленеет. С древнейших времён этот полудрагоценный минерал используется в качестве поделочного камня. Существует поверье, что, тускнея, камень предупреждает владельца о начинающейся болезни. Химический состав минерала, являющегося гидратированной солью алюминия и меди, следующий (масс. %): Cu – 7,6923%, Al – 19,4712 %, P – 14,9038%, H – 2,1635%.

1. Определите химическую формулу минерала.

Задача №9-5

В	Р	Е	Т	С	Н	П	В
Х	Л	А	Й	Е	Н	Е	Н
А	В	И	Ж	А	И	Р	О
Й	А	Т	Й	М	О	И	Н
О	З	У	С	Р	Н	И	У
Й	Р	И	А	И	Т	Е	Й
Е	О	Т	П	Л	П	О	И
Ь	Л	Д	Н	Ц	Д	Т	Й

Юный химик Серёжа составил названия одиннадцати химических элементов из отдельных букв. При этом одинаковые буквы, использованные для названия одного элемента, в названии другого не использовал. Пришедший к нему в гости друг Дима нечаянно перемешал буквы и названия элементов были утеряны. К счастью, Серёжа оставил описание названных им элементов, что помогло Диме восстановить прежние названия. Вот, что написал Сережа: 1) элемент побочной подгруппы V группы, образует соединения с красивой окраской, что и послужило основанием для названия его в честь скандинавской богини красоты; 2) один из

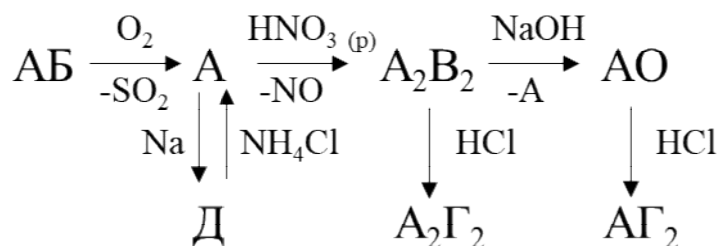
металлов древности, большое значение имеет для производства аккумуляторных батарей; 3) с другими металлами образует амальгамы; 4) входит в состав поваренной соли; 5) назван в честь той части света, где и был открыт; сумма протонов и электронов в атоме этого элемента равна 126; 6) назван потому, что оксид этого металла "плохо пахнет", один из самых тяжёлых металлов; 7) назван в честь восьмой, самой дальней от Солнца планеты Солнечной системы; 8) придаёт запах водопроводной воде; 9) название этого элемента буквально означает "маленькое серебро", однако стоит в настоящее время в 42 раза дороже серебра, в периодической таблице Д.И. Менделеева имеет благородного соседа по адресу 79; 10) "небесный металл", существует миф, что этого элемента много в яблоках; 11) присутствует в каждом доме, первым приходит на помощь в случае порезов и других повреждений кожи.

1. Определите элементы, загаданные в таблице.

1.1.2 Задания 9 класса

Задача № 9-1

В приведенной ниже схеме превращений А представляет собой металл, а Б, В, Г – различные кислотные остатки. Также известно, что соединение A_2B_2 тяжелее AG_2 в 1,739 раза.



1. Определите все зашифрованные вещества, ответ подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения реакций, отраженных на схеме (всего 7 реакций).
3. Приведите тривиальные названия соединений AB , AG_2 , A_2G_2 .

Задача №9-2

В переводе с персидского название этого минерала означает "минерал счастья" или "камень победы". В зависимости от возраста, этот минерал зеленеет. С древнейших времён этот полудрагоценный минерал используется в качестве поделочного камня. Существует поверье, что, тускнея, камень предупреждает владельца о начинающейся болезни. Химический состав минерала, являющегося гидратированной солью

алюминия и меди, следующий (масс. %): Cu – 7,6923%, Al – 19,4712 %, P – 14,9038%, H – 2,1635%.

1. Определите химическую формулу минерала.
2. Предложите химическое название минерала.

Задача №9-3

Металл X вступает в реакцию с соляной кислотой (реакция 1) и с гидроксидом натрия (реакция 2), причем из 5,4 г металла в обоих случаях образуется 6,72 л (при н.у.) водорода. При осторожном добавлении гидроксида натрия к продукту первой реакции выпадает аморфный осадок Y (реакция 3), который растворяется в избытке щелочи (реакция 4) с получением вещества Z, идентичного продукту реакции 2. Пропускание избытка углекислого газа через раствор Z (реакция 5) снова приводит выпадению Y. При прокаливании Y теряет 34,62% массы и превращается в вещество K (реакция 6).

1. Определите металл X, ответ подтвердите расчетом. Для X укажите количество протонов в ядре и запишите электронную конфигурацию атома в виде $1s^2 2s^2 \dots$
2. Определите формулы веществ Y, Z и K. Назовите вещество Z.
3. Напишите уравнения реакций 1–6.
4. Один из сплавов содержит 90% X и 10% кремния по массе. Рассчитайте массовые доли (в %) веществ в растворе, полученном при взаимодействии 3,6 г такого сплава с 91,25 г 20% соляной кислоты. Какой объем газа (прин.у.) выделится при этом?

Задача № 9-4

Вещества А, В, Д, З и К содержат в своём составе элемент X. Для веществ характерны следующие реакции:



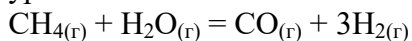
О веществах А-К дополнительно известно:

Соединение	Состав	$\omega_X, \%$	Плотность	Агрегатное состояние ($p=1$ атм, $t = 25^\circ\text{C}$)
А	простое	100,00	1,25 г/л	газ
Б	простое	-	0,0893 г/л	газ
В	бинарное	82,35	0,7589 г/л	газ
Г	простое	-	2,1429 г/л	газ
Д	трехэлементное	35,00	1,725 г/см ³	твёрдое
Е	простое	-	1,4286 г/л	газ
Ж	бинарное	-	1,000 г/см ³	жидкость
З	бинарное	63,64	1,9643 г/л	газ
И	бинарное ($\omega_O = 36,78 \%$)	-	5,026 г/см ³	твёрдое
К	трехэлементное	15,64	1,536 г/см ³	твёрдое

1. Укажите химические вещества А-К.
2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения (1)-(6).

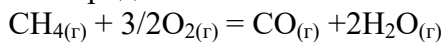
Задача №9-5

Паровая конверсия метана является эндотермической реакцией и протекает согласно уравнению:



1. Рассчитайте тепловой эффект реакции конверсии метана, зная, что теплоты образования $\text{CH}_4(\text{г})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{г})$ и $\text{CO}(\text{г})$ из простых веществ равны 74,85; 241,81 и 110,53 кДж/моль соответственно.

Для устранения эндотермичности можно использовать реакции, протекающие с выделением тепла, например, реакцию неполного сгорания метана в атмосфере кислорода:



2. Рассчитайте при каком мольном соотношении метана и кислорода тепловой эффект реакции паровой конверсии компенсируется реакцией неполного горения.

3. Смесь метана с кислородом имеет относительную плотность по воздуху 0,77. Рассчитайте тепловой эффект реакции взаимодействия данной смеси с парами воды.

1.1.3. Задания 10 класса

Задача №10-1

Соль **A** при нагревании до 400°C теряет 25,636% массы, при этом выделяется газ **B** (реакция 1) и остается твердый остаток **B**. Водные растворы **A** и **B** имеют слабокислую реакцию среды, причем раствор **B** нельзя хранить в стеклянной посуде из-за протекания реакции с диоксидом кремния с образованием сильной комплексной кислоты **Г** (реакция 2). Если вещество **B** растворить в воде и обработать соляной кислотой, то образуется вещество **Д**, содержащее 47,65% хлора по массе (реакция 3). Электролиз расплава соли **A** (реакция 4) позволяет получить желто-зеленый газ **Е** с плотностью по воздуху 1,31.

1. Определите вещества **A–E**, ответ подтвердите расчетом. Назовите вещества **A–E**. Напишите уравнения реакций 1–4.

2. Запишите уравнения реакций, протекающих на катоде и на аноде при электролизе расплава соли **A**.

3. Какой процесс будет протекать при растворении газа **Е** в воде? Запишите соответствующее уравнение реакции.

Задача №10-2

Металл **X** с плотностью 0,534 г/см³ кристаллизуется в кубической объемноцентрированной ячейке с параметром $a = 3,5 \text{ \AA}$. Образец металла **X** массой 28 г оставили на воздухе на некоторое время, в результате чего его масса увеличилась до 42,8 г. Полученный образец **X'** разделили на две равные части. Первую часть образца полностью растворили в избытке соляной кислоты, при этом выделилась смесь **Y** двух газов объемом 19,04 л при н.у. ($M_{\text{ср.}} = 6,94 \text{ г/моль}$), окрашивающая влажную индикаторную бумагу в красный цвет. Вторую часть образца полностью растворили в горячей воде, при этом выделилась смесь **Z** двух газов того же объема, что и в первом случае ($M_{\text{ср.}} = 3,765 \text{ г/моль}$), но окрашивающая влажную индикаторную бумагу в синий цвет.

1. Определите металл **X**, ответ подтвердите расчетом

2. Определите составы газовых смесей **Y** и **Z** (в моль), ответ аргументируйте и подтвердите расчетом.

3. Напишите уравнения реакций, протекающих при хранении **X** на воздухе, а также при обработке **X'** соляной кислотой и водой. Установите качественный и количественный (в масс. %) состав образца **X'**.

Задача №10-3

Стекломагнезитовые листы или цементно-магниево-магнезитовые плиты, основным достоинством которых является огнестойкость, получают из синтетических тканей или стеклоткани в

качестве армирующего компонента и цемента Сореля в качестве связующего компонента.

Цемент Сореля может быть получен смешением оксида магния, бишофита (**A**) и воды. Оксид магния обычно получают прокаливанием магнезита (**B**) или доломита (**B**), содержащий дополнительно щелочноземельный металл. Доломит является менее предпочтительным, так как образующееся при прокаливании помимо оксида магния вещество **Г** оказывает негативное влияние на прочность изделий из цемента. Бишофит представляет собой кристаллогидрат вещества **Д**, которое может быть получено при пропускании газообразного хлора через смесь оксида магния с углем.

1. Установите формулы веществ **A–Д**, если известно, что при прокаливании магнезита и доломита выделяется газ, 1 г которого при 25°C и давлении 95,5 кПа занимает объем 0,59 л, в состав доломита входит 40 мас. % **Г** и 28,6% оксида магния, а бишофит содержит 46,8 мас. % **Д**.

2. Напишите уравнения реакций прокаливания магнезита, доломита, получения вещества **Д**.

Основным компонентом застывшего цемента является вещество **Е**, которое содержит 17,2 мас. % хлора и 47,9 мас. % воды, хотя его состав может и варьироваться в зависимости от используемого сырья, количества добавленной воды и условий схватывания.

3. Определите формулу вещества **Е** и рассчитайте, в каком соотношении нужно взять оксид магния и бишофит, а также какое минимальное количество воды следует добавить к этой смеси для получения цемента Сореля.

Задача № 10-4

Использование соединения **A** в органической химии сводится как к установлению структуры органических соединений, так и применению этого реагента для получения альдегидов и кетонов. Соединение **A** можно получить в лаборатории из воздуха (реакция 1) приложив для этого несколько киловольт. Проверить, что соединение **A** образуется, возможно прибавляя его к смеси растворов нитрата свинца и сульфида натрия, при этом наблюдается изменение черного цвета осадка на белый с массовой долей кислорода 21,10% (реакция 2).

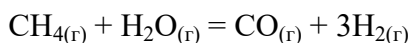
Применение соединения **A** в качестве реагента для получения альдегидов и кетонов возможно при действии его на органическое бинарное соединение **B**, массовая доля водорода в котором – 14,37%. В результате реакции соединений **A** и **B**, с последующим гидролизом, получен единственный продукт, в котором массовая доля водорода на 3,19% меньше, чем в **B**, а массовая доля кислорода на 22,19% больше (реакция 3). Получившийся продукт не вступает во взаимодействие с реактивом Толленса – $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2](\text{OH})$.

Установление строения соединения **C** с помощью соединения **A** проводили при их первоначальном взаимодействии с последующим гидролизом промежуточного соединения. В результате реакции в реакционной массе обнаружены формальдегид, пропандиаль и ацетон (реакция 4).

1. Напишите формулу и название соединения **A**, если известно, что проверить его образование возможно не только реакцией с смесью сульфида натрия и нитрата свинца, а также смоченной в воде йодкрахмальной бумагой.
2. Напишите уравнения реакций 1-4.
3. Напишите структурные формулы и названия соединений **B** и **C**.

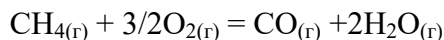
Задача №10-5

Паровая конверсия метана является эндотермической реакцией и протекает согласно уравнению:



1. Рассчитайте тепловой эффект реакции конверсии метана, зная, что теплоты образования $\text{CH}_4(\text{г})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{г})$ и $\text{CO}(\text{г})$ из простых веществ равны 74,85; 241,81 и 110,53 кДж/моль соответственно.

Для устранения эндотермичности можно использовать реакции, протекающие с выделением тепла, например, реакцию неполного сгорания метана в атмосфере кислорода:



2. Рассчитайте при каком мольном соотношении метана и кислорода тепловой эффект реакции паровой конверсии компенсируется реакцией неполного горения.

3. Смесь метана с кислородом имеет относительную плотность по воздуху 0,77. Рассчитайте тепловой эффект реакции взаимодействия данной смеси с парами воды.

1.1.4. Задания 11 класса

Задача №11-1

Получение серной кислоты в промышленности протекает по нескольким стадиям. Одной из них является каталитическое окисление оксида серы (IV). В настоящее время катализатором данной реакции выступает оксид ванадия (V).

Раньше процесс окисления оксида серы (IV) и кислорода протекал в присутствии воды и летучего бинарного катализатора **A**, причем образовывались промежуточные вещества **B** и **B**, которые распадались с образованием H_2SO_4 .

Массовая концентрация кислорода в веществе **B** составляет 62,95 %, оно легко окисляет оксид серы (IV) в присутствии воды, превращаясь при этом в вещество **B**, некоторые источники называют его фиолетовой кислотой из-за темно-фиолетовой окраски. Массовая концентрация кислорода в **B** равна 62,46 %.

1. Приведите уравнения химических реакций, лежащих в основе промышленного получения серной кислоты (3 реакции).

2. Установите состав и названия веществ **A-B**, если содержание кислорода в **A** составляет 53,33 % масс.

3. Приведите уравнения реакции получения серной кислоты из оксида серы (IV) при помощи катализатора **A** с последовательным образованием промежуточных веществ **B** и **B** (3 реакции).

Задача №11-2

Соль **A** содержит 22,73% кальция, 27,27% углерода, 4,55% водорода и кислород. При осторожном нагревании она теряет 10,23% массы и образует соль **B** (реакция 1), которая при дальнейшем нагревании выше 160°C разлагается с образованием паров органического вещества **B** и соли **Г** (реакция 2). Пары **B** массой 14,5 г при 58°C и 99,7 кПа занимают объем 6,9 л, обладают специфическим запахом, легко воспламеняются, а при охлаждении конденсируются, образуя прозрачную жидкость, широко используемую в качестве растворителя.

1. Выведите брутто-формулу соли **A**, назовите ее.

2. Рассчитайте молярную массу вещества **B**. Определите вещества **B-Г**, приведите структурные формулы **B** и **B**.

3. Запишите уравнения реакций 1 и 2.

4. Предложите способ превращения соли **Г** в соль **A**, кратко опишите процесс и запишите уравнение соответствующей реакции.

Задача № 11-3

Использование соединения **A** в органической химии сводится как к установлению структуры органических соединений, так и применению этого реагента для получения альдегидов и кетонов. Соединение **A** можно получить в лаборатории из воздуха

(реакция 1) приложив для этого несколько киловольт. Проверить, что соединение **A** образуется, возможно прибавляя его к смеси растворов нитрата свинца и сульфида натрия, при этом наблюдается изменение черного цвета осадка на белый с массовой долей кислорода 21,10% (реакция 2).

Применение соединения **A** в качестве реагента для получения альдегидов и кетонов возможно при действии его на органическое бинарное соединение **B**, массовая доля водорода в котором – 14,37%. В результате реакции соединений **A** и **B**, с последующим гидролизом, получен единственный продукт, в котором массовая доля водорода на 3,19% меньше, чем в **B**, а массовая доля кислорода на 22,19% больше (реакция 3). Получившийся продукт не вступает во взаимодействие с реактивом Толленса – $[Ag(NH_3)_2](OH)$.

Установление строения соединения **C** с помощью соединения **A** проводили при их первоначальном взаимодействии с последующим гидролизом промежуточного соединения. В результате реакции в реакционной массе обнаружены формальдегид, пропандиаль и ацетон (реакция 4).

1. Напишите формулу и название соединения **A**, если известно, что проверить его образование возможно не только реакцией с смесью сульфида натрия и нитрата свинца, а также смоченной в воде йодкрахмальной бумагой.

2. Напишите уравнения реакций 1-4.

3. Напишите структурные формулы и названия соединений **B** и **C**.

4. В результате реакции 4 возможно образование побочных соединений. Для предотвращения этого рекомендуется проводить реакцию в уксуснокислой среде с добавлением цинка. Укажите роль цинка и уксусной кислоты в этой реакции?

Задача №11-4

Фармацевтический препарат «Муравьиный спирт» является жидкой смесью трех веществ: муравьиной кислоты, **X** и воды. В лаборатории был проведен анализ образца данного препарата, который показал, что на нейтрализацию (реакция 1) 10 мл «муравьиного» спирта ($\rho = 0,8$ г/мл) требуется 24,35 мл 0,1 М раствора гидроксида натрия. При добавлении к такой же порции «муравьиного» спирта избытка гидроксида диамминсеребра (реакция 2) выпадает темный осадок **Y**.

Если к такой же порции «муравьиного спирта» добавить раствор перманганата калия, подкислить серной кислотой и нагреть (реакции 3 и 4), то раствор обесцвечивается, и в нем обнаруживается только одно органическое соединение массой 7,2 г, являющееся ближайшим гомологом муравьиной кислоты.

1. Установите формулу и название вещества **X**.

2. Напишите уравнения реакций 1–4.

3. Рассчитайте массу осадка **Y**.

4. Установите массовые доли всех веществ (%) в исследованном образце «муравьиного» спирта.

5. Напишите два уравнения реакций, которые могут протекать при нагревании **X** в присутствии концентрированной серной кислоты, укажите условия их протекания.

Задача №11-5

Технология важнейшего промышленного процесса синтеза аммиака была предложена Ф. Габером и К. Бошем более 100 лет назад, но с тех пор она не претерпела значительных изменений. Исходным сырьем для получения аммиака в методе Габера являются атмосферный азот и природный газ, который подвергают конверсии с водяным паром (реакция 1). Далее газовую смесь из азота и водорода нагревают до 450°C и под давлением 20-30 МПа пропускают через колонну синтеза, содержащую катализатор – губчатое железо (реакция 2). Данная реакция обратимая, и за один проход через колонну синтеза выход аммиака составляет только 10–20%.

1. Запишите уравнение реакции 1 и рассчитайте ее тепловой эффект, если теплоты образования метана, газообразной воды и угарного газа составляют 74.8, 241.8 и 110.5 кДж/моль, соответственно.
2. При получении 1 кг аммиака по методу Габера выделяется 2706 кДж теплоты. Рассчитайте тепловой эффект в кДж на 1 моль синтезируемого аммиака и запишите термохимическое уравнение реакции 2.
3. В колонну синтеза аммиака была введена смесь азота и водорода с начальными концентрациями 0.5 моль/л и 2 моль/л. После установления равновесия концентрация аммиака составила 0.15 моль/л. Рассчитайте выход аммиака в данных условиях (%), равновесные концентрации азота и водорода и значение константы равновесия.
4. Как повлияет на выход аммиака в данном процессе: а) повышение давления; б) повышение температуры; в) увеличение количества катализатора? Ответы аргументируйте, используя принцип Ле Шателье.
5. Рассчитайте, во сколько раз увеличится скорость реакции синтеза аммиака, если повысить температуру реакционной смеси от 450 до 500 °С, если температурный коэффициент Вант-Гоффа равен трем. Почему в реальном процессе не повышают температуру синтеза выше 450 °С?

1.2 Задания Теоретического тура

1.2.1 Задания 7-8 класса

Задача №8-1

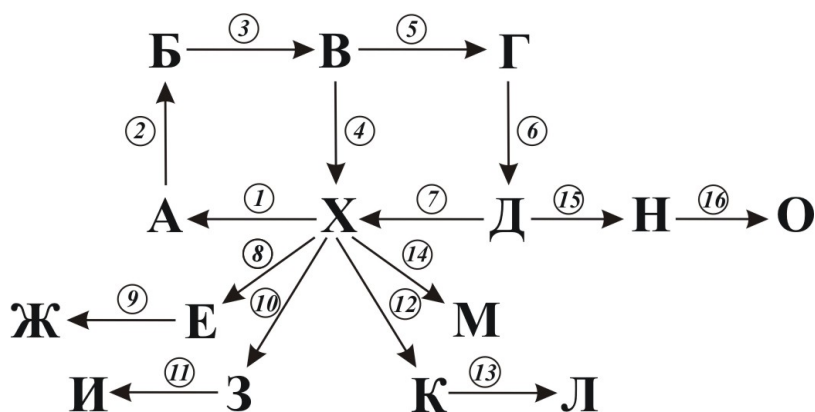
К 160 г 6.125%-ного водного раствора кислоты **К** (массовая доля фосфора 31.6327%) добавили 125 г 11.360%-ного водного раствора натриевой соли **С** (массовая доля натрия 32.3944%). В результате получили раствор соли **Д**. Определите соединения **К**, **С** и **Д**; опишите процессы, протекающие при смешении растворов; рассчитайте массовую долю **Д** в полученном растворе.

Задача №8-2

В 1887 году известный немецкий химик Отто Шотт, работавший в городе Йена, впервые синтезировал так называемое "... стекло", которое поначалу называлось *йенское стекло*. Полученное стекло обладало повышенной ударопрочностью и предназначалось для проведения реакций при высокой температуре. В состав "... стекла" входит три оксида **A1**, **B1** и **C1**. Взяв 100 г этого стекла на экспертизу обнаружили, что при растворении в избытке плавиковой кислоты образуется 28.792 г осадка **B2**, содержащего 48.718% фтора по массе. Анализ раствора над осадком показал, что в нём растворены два сложных соединения **A2** и **C2**, массовая доля водорода в которых равна 1.1364% и 1.3889%, соответственно. При кипячении этого раствора с избытком соды получили осадок **C1** массой 66.6 г. Анализ показал, что **C1** является одним из самых распространённых соединений, образующих земную кору. Из оставшегося раствора при кристаллизации количественно было выделено 35.2395 г соли **A3**, представляющей собой декагидрат с массовой долей кислорода 71.2% и известное под названием *аптекарьская бура*. Определите состав "... стекла" (соединения **A1**, **B1**, **C1**), соединения **A2**, **A3**, **B2** и **C2**, а также приведите уравнения описанных реакций. Приведите название "... стекла".

Задача №8-3

На схеме приведены превращения элемента X:



- 1) $X + V \xrightarrow{1100-1400^\circ\text{C}} A + \dots;$
- 2) $A + \text{AgClO}_4 + \text{HF}_{\text{изб.}} \rightarrow B + \dots;$
- 3) $B + \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{конц.}) \xrightarrow{t^\circ\text{C}} V + \dots;$
- 4) $V + \text{Mg} \xrightarrow{700-900^\circ\text{C}} X + \dots;$
- 5) $V + \text{Mg}_{\text{изб.}} \xrightarrow{700-900^\circ\text{C}} G + \dots;$
- 6) $G + \text{HCl}_{\text{p-p}} \rightarrow D + \dots;$
- 7) $D \xrightarrow{>400^\circ\text{C}} X + \dots;$
- 8) $X + \text{C} \xrightarrow{1200-1300^\circ\text{C}} E;$
- 9) $E + \text{F}_2 \rightarrow J + \dots;$
- 10) $X + \text{Cl}_2 \xrightarrow{340-420^\circ\text{C}} Z;$
- 11) $Z + \text{NH}_3 \xrightarrow{400^\circ\text{C, аргон}} I + \dots;$
- 12) $X + Z \xrightarrow{\text{разряд}} K + \dots;$
- 13) $K + \text{LiAlH}_4 \rightarrow L + \dots;$
- 14) $X + \text{Na} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} M;$
- 15) $D + \text{AgCl} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} H + \dots;$
- 16) $H + \text{Na} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} O + \dots$

О веществах А-О известно следующее:

- 1) вещество А, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, К, Л, М, О - бинарные;
- 2) вещества Д, О и Л – гомологи (их молекулы отличаются на одинаковый структурный фрагмент, масса фрагмента 30 г/моль);
- 3) вещество В – сильная двухосновная кислота;
- 4) молекулярная масса вещества Н равна 66.5 г/моль;
- 5) в таблице перечислены данные по составу некоторых приведённых на схеме веществ:

вещество	$\omega_X, \%$	вещество	$\omega_X, \%$
А	63.64	З	16.47
В	46.67	И	60.00
Г	36.84	К	22.83
Д	87.50	Л	91.30
Е	70.00	М	54.90
Ж	26.92	О	90.32

Определите элемент X, качественный и количественный состав соединений А-Н (ответ подтвердите расчетом или логичным рассуждением). Напишите уравнения реакций 1-16.

Задача № 8-4

Смесь трёх карбонатных минералов (малахит (А), отавит (Б) и витерит (В)) массой 50.5 г прокалили (реакции 1-3). Потеря массы в результате составила 20.99%. Выделившийся газ пропустили через известковую воду (Г). Образовался осадок (Д) массой 20 г (реакция 4). Оставшийся после прокаливания исходной смеси минералов остаток обработали избытком раствора соляной кислоты. Смесь полностью растворилась (реакции 5-7). К полученному раствору добавили раствор сульфита натрия. Выпал белый осадок (Е) массой 21.7 г (реакция 8), массовая доля серы в котором 14.7465%. Осадок отфильтровали и к полученному раствору добавили избыток водного раствора аммиака (реакции 9-10). Образовался белый осадок (Ж), а раствор над осадком приобрёл насыщенный синий цвет (З). Осадок Ж отделили, прокалили

(реакция 11) и получили 6.4 г оксида **И**, в котором массовая доля металла составляет 87.5%. Определите соединения **А-И**, состав малахита, отавита и витерита ($M(\text{витерит})/M(\text{отавит}) = 1.1453$) и составьте уравнения реакций 1-11.

Задача №8-5

Гидратированный двойной сульфат $X_2SO_4 \cdot Y_2(SO_4)_3 \cdot zH_2O$ нагрели при температуре выше 600°C до постоянной массы с образованием твёрдого оксида **А**. При этом потеря массы составила 60.5114% от первоначальной. При действии на исходный сульфат избытком раствора гидроксида натрия выделился газ **Б** (плотность 0.759 г/л) и образовался осадок **В**. Определите элементы **Х** и **У**, состав твёрдых веществ **А** и **В**, а также газа **Б**.

1.2.2 Задания 9 класса

Задача №9-1

В химической лаборатории были обнаружены три неподписанные банки с желтыми порошками веществ **А**, **Б** и **В**. Для установления их состава была проведена серия опытов. Выяснилось, что порошок **А** окрашивает пламя спиртовки в желто-оранжевый цвет, хорошо растворяется в воде с образованием желтого раствора **1**, который становится оранжевым (раствор **2**) при добавлении к нему серной кислоты (реакция 1).

Порошок **Б** не растворяется в воде, при внесении в пламя спиртовки загорается с образованием газа **Х** с резким запахом (реакция 2). При пропускании газа **Х** через раствор **2** образуется зеленый раствор **3** (реакция 3). При нагревании порошка **Б** с концентрированной серной кислотой (реакция 4) также выделяется газ **Х**. Пропускание газа **Х**, полученного при растворении 1.6 г порошка **Б** в серной кислоте, через избыток известковой воды приводит к выпадению белого осадка массой 18 г (реакция 5).

Вещество **В** является бинарным, оно имеет очень низкую растворимость в холодной воде, но при нагревании раствора **В** полностью растворяется, причем последующее медленное охлаждение горячего раствора приводит к выпадению красивых желтых кристаллов в виде «золотого дождя». При смешении горячих растворов **В** и **А** выпадет желтый осадок **Г** (реакция 6), который содержит 64.09% металла по массе.

1. Определите формулы веществ **А-Г**, ответ аргументируйте.
2. Определите газ **Х**, ответ подтвердите расчетом.
3. Напишите уравнения реакций 1–6.
4. Предложите способ превращения зеленого раствора **3** в желтый раствор **1** в одну стадию, запишите соответствующее уравнение реакции.

Задача №9-2

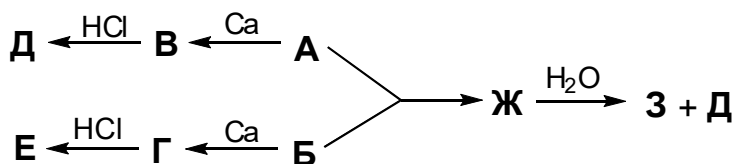
В 1887 году известный немецкий химик Отто Шотт, работавший в городе Йена, впервые синтезировал так называемое "... стекло", которое поначалу называлось *йенское стекло*. Полученное стекло обладало повышенной ударопрочностью и предназначалось для проведения реакций при высокой температуре. В состав "... стекла" входит три оксида **А1**, **В1** и **С1**. Взяв 100 г этого стекла на экспертизу, обнаружили, что при растворении в избытке плавиковой кислоты образуется 28.792 г осадка **В2**, содержащего 48.718% фтора по массе. Анализ раствора над осадком показал, что в нём растворены два сложных соединения **А2** и **С2**, массовая доля водорода в которых равна 1.1364% и 1.3889%, соответственно. При кипячении этого раствора с избытком соды получили осадок **С1** массой 66.6 г. Анализ показал, что **С1** является одним из самых распространённых соединений, образующих земную кору. Из оставшегося раствора при кристаллизации количественно было выделено 35.2395 г соли **А3**, представляющей собой декагидрат с массовой долей кислорода 71.2% и известное под названием *аптека́рская бу́ра*.

1. Определите состав "... стекла" (соединения **А1**, **В1**, **С1**).
2. Определите формулы соединений **А2**, **А3**, **В2** и **С2**.
3. Приведите уравнения всех описанных реакций.

4. Какое название носит это стекло?

Задача №9-3

Твердые простые вещества **A** и **B** желтого цвета образованы элементами-соседями в Периодической системе химических элементов имени Д.И. Менделеева, причем $M(A) : M(B) = 2.0645 : 1$. При сплавлении их с кальцием (реакции 1 и 2) образуются соединения **B** и **Г** соответственно, которые легко разлагаются соляной кислотой (реакции 3 и 4) с выделением газов **Д** и **Е** с неприятным запахом плотностью 1.518 г/л (н.у.). При сплавлении веществ **A** и **B** друг с другом образуется соединение **Ж** (реакция 5), содержащее 72.07% более тяжелого элемента. **Ж** реагирует с избытком воды (реакция 6) с образованием кислоты **З** и газа **Д**. Известно, что соединения **B**, **Г**, **Д**, **Е** и **Ж** являются бинарными. Описанные превращения отражены на схеме:



1. Определите формулы веществ **A** и **B**, ответ подтвердите расчетом. Приведите названия соответствующих аллотропных модификаций этих веществ.
2. Определите формулы веществ **B–З**.
3. Напишите уравнения реакций 1–6.
4. Рассчитайте количества молекул **A** и **B**, которые потребуются для получения по 56 л (н.у.) газов **Д** и **Е** соответственно при использовании описанных превращений.

Задача № 9-4

Соединения **A–В** являются солями одной и той же неустойчивой кислоты **Г**. Известно, что соли **A** и **Б** бесцветны, растворимы в воде и окрашивают пламя спиртовки в желто-оранжевый цвет. В отличие от них, соль **В** имеет зеленую окраску и нерастворима в воде. Массовая доля кислорода в **В** составляет 36.036%. Соль **A** термически устойчива, а соли **Б** и **В** уже при небольшом нагревании начинают разлагаться (реакции 1 и 2) с выделением бесцветного газа **Д**, вызывающего помутнение известковой воды (реакция 3). При этом соль **Б** превращается в **A**, а после прокаливания **В** остается черный порошок оксида **Е** с массовой долей кислорода 20% и капельки воды на стенках пробирки. Соль **A** можно снова превратить в **Б**, если пропустить через ее водный раствор избыток газа **Д** (реакция 4). Для получения соли **В** следует сначала растворить оксид **Е** в серной кислоте (реакция 5), а затем к полученному раствору добавить при перемешивании соль **A** (реакция 6).

1. Определите формулы солей **A–В** и веществ **Г–Е**, подтвердите расчетом.
2. Для каждой из солей **A–В** приведите химическое и тривиальное название.
3. Запишите уравнения реакций 1–6.
4. Соль **A** образует кристаллогидрат состава $A \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Какую массу данного кристаллогидрата и какой объем воды нужно смешать, чтобы получить 50 г раствора с массовой долей 10.6% растворенного вещества?

Задача №9-5

В одном химическом институте утилизировали криогенную установку. При вскрытии её корпуса из нержавеющей стали, внутри обнаружили "жидкий металл" (температура плавления $+3^\circ\text{C}$), который вначале приняли за ртуть. Однако проведённый анализ показал, что это не ртуть (1 литр этой жидкости весил около 6.4 кг, в то время как 1 литр ртути весит 13.5 кг), а смесь четырёх металлов, атомные массы которых относятся как 1.077 : 1.7692 : 1.8308 : 1.000, а мольное соотношение металлов в смеси 56 : 14 : 7 : 1. Образец жидкости, массой 64.28 г, окислили кислородом, в результате чего образовался белый порошок массой

83.48 г. Известно, что белый порошок представляет собой смесь бинарных соединений, в которых валентности металлов относятся как 3 : 3 : 4 : 2.

1. Определите какие металлы входят в состав "жидкого металла".
2. Рассчитайте количество моль каждого из них.
3. Определите массовые доли каждого металла в "жидком металле".

1.2.3. Задания 10 класса

Задача №10-1

В химической лаборатории были обнаружены три неподписанные банки с желтыми порошками веществ **A**, **B** и **B**. Для установления их состава была проведена серия опытов. Выяснилось, что порошок **A** окрашивает пламя спиртовки в желто-оранжевый цвет, хорошо растворяется в воде с образованием желтого раствора **1**, который становится оранжевым (раствор **2**) при добавлении к нему серной кислоты (реакция **1**).

Порошок **B** не растворяется в воде, при внесении в пламя спиртовки загорается с образованием газа **X** с резким запахом (реакция **2**). При пропускании газа **X** через раствор **2** образуется зеленый раствор **3** (реакция **3**). При нагревании порошка **B** с концентрированной серной кислотой (реакция **4**) также выделяется газ **X**. Пропускание газа **X**, полученного при растворении 1.6 г порошка **B** в серной кислоте, через избыток известковой воды приводит к выпадению белого осадка массой 18 г (реакция **5**).

Вещество **B** является бинарным, оно имеет очень низкую растворимость в холодной воде, но при нагревании раствора **B** полностью растворяется, причем последующее медленное охлаждение горячего раствора приводит к выпадению красивых желтых кристаллов в виде «золотого дождя». При смешении горячих растворов **B** и **A** выпадет желтый осадок **Г** (реакция **6**), который содержит 64.09% металла по массе.

1. Определите формулы веществ **A–Г**, ответ аргументируйте.
2. Определите газ **X**, ответ подтвердите расчетом.
3. Напишите уравнения реакций **1–6**.
4. Предложите способ превращения зеленого раствора **3** в желтый раствор **1** в одну стадию, запишите соответствующее уравнение реакции.

Задача №10-2

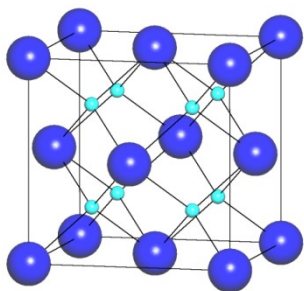
Для проведения опыта в пробирку засыпают сухую соль калия **A**, содержащую 40,51 % кислорода по массе и осторожно её нагревают. При температуре 200°C соль **A** разлагается с образованием соли **B**, оксида **C** и газа (реакция **1**). Известно, что из **C** можно получить соль **A** в две стадии. Первая стадия заключается в сплавлении вещества **C** щелочью в токе кислорода, в результате образуется вещество **B** (реакция **2**). Вторая стадия включает в себя электролиз водного раствора **B**. Электролиз ведут несколько часов, кристаллы **A** из-за низкой растворимости оседают на дне электролизера, при этом на катоде выделяется водород (реакция **3**). Известно, что содержание металлов в соединениях в ряду **C→B→A**, вначале увеличивается на 4,29% масс., а затем уменьшается на 8,02 % масс.

Из-за сильной окислительной способности растворы соли **A** плохо хранятся, в закрытой бутылке протекает химический процесс (реакция **4**). Реальную концентрацию **A** необходимо проверять перед экспериментом, её устанавливают титрованием со стандартным раствором щавелевой кислоты, подкисленным серной кислотой с концентрацией 1 моль/л (реакция **5**).

1. Определите формулу веществ **A, B, C**.
2. Напишите все описанные уравнения реакций (5 реакций).
3. Какая масса соли **A** (содержащая 97 % основного вещества по массе) необходима для получения 10 л (при н.у.) газа, если выход реакции составляет 90 %.
4. Определите концентрацию раствора соли **A** (в г/л), если для титрования 10 мл раствора щавелевой кислоты с концентрацией 0,1 моль/л потребовалось 4,4 мл раствора.

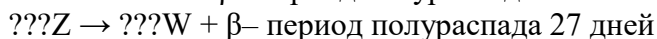
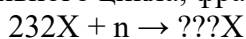
Задача №10-3

Элемент X образует бесцветный оксид, кристаллическая структура которого изображена на рисунке. Атомы **X** расположены в вершинах и в центрах каждой грани кубической элементарной ячейки ($a = 5.596 \text{ \AA}$), а атомы кислорода – в центрах всех восьми октантов. Плотность оксида составляет 10.008 г/см^3 .



Указанный оксид способен растворяться в концентрированной азотной кислоте (реакция 1). При сильном нагревании оксид элемента **X** вступает в реакцию с фтороводородом (реакция 2) и сероводородом (реакция 3), а при спекании – с диоксидом кремния (реакция 4) и с гидросульфатом калия (реакция 5). В присутствии CO оксид взаимодействует с хлором (реакция 6).

Элемент **X** используется для осуществления ядерно-топливного цикла, фрагмент которого представлен ниже:



β^- - электрон.

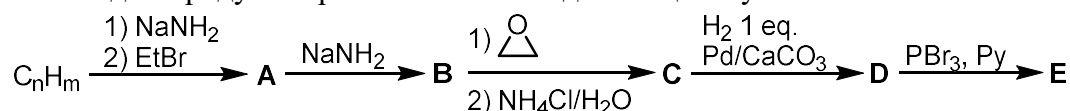
1. Определите формулу оксида, напишите упомянутые реакции 1–6, учитывая, что во всех соединениях **Элемент X** проявляет одну и ту же степень окисления.

2. Определите изотопы элементов $???X$, $???Z$ и $???W$ с указанием их атомной массы (???)

Задача № 10-4

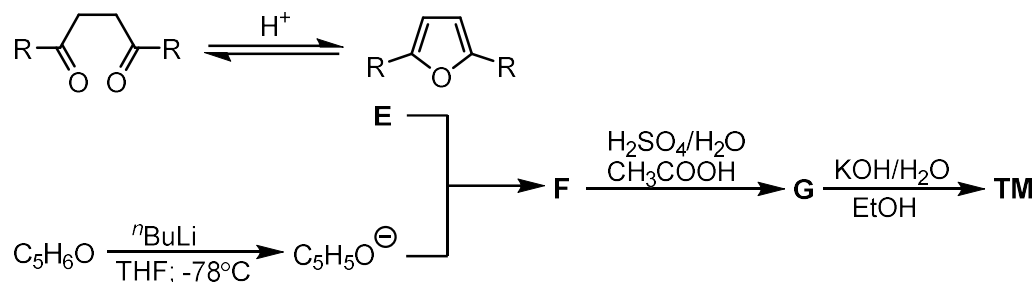
Терпеноиджасмон в природе находится в масле цветов жасмина. Именно этому веществу они обязаны своим запахом. В промышленности он применяется для производства духов и пищевых ароматизаторов.

Схема синтеза промежуточного продукта из углеводорода C_nH_m , получаемого при обработке водой продукта прокалывания оксида кальция с углем:



Py – пиридин

Полупродукт **E** вступает в реакцию нуклеофильного замещения с предварительно приготовленным из 2-метилфурана карбанионом, взаимодействуя с атомом углерода в α -положении кольца. Далее следует характерная для фурана ретро-реакция Пааля-Кнорра:



Известно, что реакция $\text{G} \rightarrow \text{TM}$ протекает по тому же механизму, что и реакция ацетофенона с бензальдегидом.

О соединении **TM**, жасмоне, известно следующее:

1. Имеет брутто-формулу $\text{C}_{11}\text{H}_{16}\text{O}$.
2. Реагирует с 2,4-динитрофенилгидразином.
3. 1 моль жасмона присоединяет 2 моль брома.
4. Содержит циклический фрагмент.

1. Изобразите структуры веществ C_nH_m , 2-метилфурана, **A** – **G** и **TM**.

2. Укажите конфигурацию заместителей при двойной связи. Чем достигается селективное получение этого изомера.

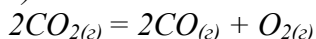
Задача №10-5

При температуре 400°C и суммарном давлении 101,3 кПа протекает реакция восстановления оксида никеля (II) в токе угарного газа (реакция 1). В момент равновесия парциальное давление угарного газа составило 38,1 кПа. При аналогичной температуре для реакции разложения оксида никеля (II) (реакция 2) парциальное давление кислорода составило $5 \cdot 10^{-10}$ кПа.

Примечание. При расчете констант равновесия давление подставлять в кПа.

1) Составьте уравнения реакции 1 и 2, рассчитайте их константы равновесия.

2) Рассчитайте константу равновесия для реакции 3:



3) Определите равновесный состав смеси (в кПа) для реакции 3, если общее давление в системе будет составлять 90 кПа.

1.2.4. Задания 11 класса

Задача №11-1

Бинарное соединение X желтовато-красного цвета часто входит в состав шампуней против перхоти. Для установления его состава порцию вещества X массой 7.15 г сожгли в избытке кислорода (реакция 1). Среди продуктов сжигания были обнаружены белый порошок А, хорошо растворимый в воде с образованием раствора кислоты В (реакция 2), и 2.24 л (н.у.) бесцветного газа Б с резким запахом. При пропускании газа Б в раствор кислоты В (реакция 3) выпадает 3.95 г осадка простого вещества Y красного цвета. Пропускание газа Б в раствор слабой бескислородной кислоты Г (реакция 4) приводит к выпадению осадка простого вещества Z желтого цвета, а при смешении растворов кислот В и Г выпадает осадок вещества X (реакция 5).

Продукты сгорания А и Б хорошо растворяются в растворе гидроксида натрия (реакции 6 и 7) с образованием солей Д и Е, соответственно. При длительном нагревании простого вещества Z с раствором соли Д (реакция 8) и простого вещества Y с раствором соли Е (реакция 9) можно получить соль Ж, анион которой имеет две изомерные формы.

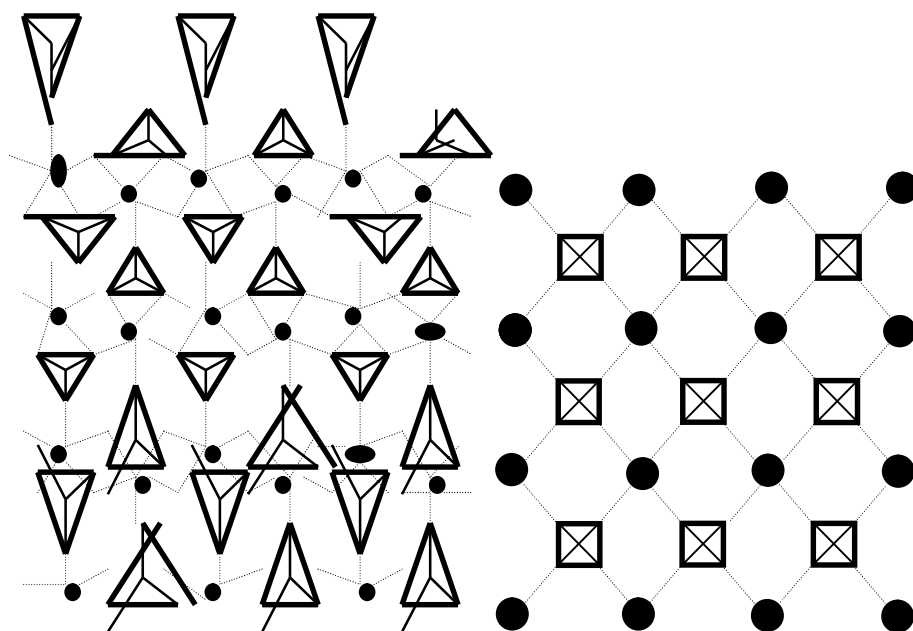
1. Установите формулы веществ X, Y и Z, подтвердите расчетом.

2. Определите формулы веществ А–Ж, запишите уравнения реакций 1–9. Изобразите структурные формулы изомеров аниона соли Ж.

Задача №11-2

Для урана ($U\ 5f^3d^1s^2$) наиболее характерна степень окисления +6, основной формой существования которой является практически линейный катион уранила UO_2^{2+} , проявляющий свойства сильного комплексообразователя.

Известно большое количество комплексов уранила с тетраэдрическими анионами. Силикатные и фосфатные комплексы часто имеют слоистое строение, строение слоев схематически показано на рисунке. Черные кружки – катионы уранила (атомы кислорода не показаны), “треугольники” и “квадраты” – анионы SiO_4^{4-} и PO_4^{4-} .



Строение комплексов уранила часто хорошо описывается с точки зрения правила 18 электронов, в соответствии с которым, наиболее устойчивы комплексы, содержащие 18 электронов в валентной оболочке центрального атома-комплексобразователя. Указанное правило позволяет предсказать состав многих комплексов. Например, зная, что лиганд CO является донором 2 электронов, можно утверждать, что устойчивый карбонил никеля должен иметь состав $\text{Ni}(\text{CO})_4$ (на орбиталях атома никеля имеется 10 электронов ($4s^2 3d^8$), тогда для формирования 18-электронной оболочки необходимо присоединить 4 лиганда CO, предоставляющих 8 электронов). Установлено, что в соединениях уранила средняя электронодонорная способность одного атома кислорода иона уранила составляет 3.9, кислорода молекул воды – 1.9, а одного силикат- и фосфат-иона – 10.5 и 10.4 соответственно. Донорная способность аниона SO_4^{2-} – 8.4.

Кристаллы $[\text{UO}_2\text{XO}_4]$ содержат 4 атома урана в элементарной ячейке объемом 482.57 \AA^3 , а плотность кристаллов составила 5.0389 г/см^3 .

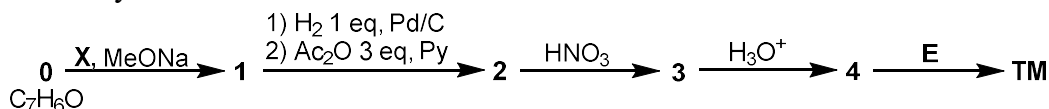
$[\text{UO}_2\text{XO}_4]$ можно получить взаимодействием разбавленной кислоты H_2XO_4 с U_3O_8 в присутствии KMnO_4 (**реакция 1**). Взаимодействие же концентрированной кислоты H_2XO_4 с U_3O_8 при нагревании приводит к образованию не только $[\text{UO}_2\text{XO}_4]$, но и $\text{U}(\text{XO}_4)_2$ (**реакция 2**). При нагревании $\text{U}(\text{XO}_4)_2$ разлагается с образованием двух газообразных продуктов (**реакция 3**). Взаимодействие $\text{U}(\text{XO}_4)_2$ с NaOH и HF приводит к образованию осадков (**реакции 4 и 5**). $\text{U}(\text{XO}_4)_2$ проявляет сильные восстановительные свойства, восстанавливая в водной среде I_2 до HI (**реакция 6**).

1. Укажите состав упомянутых комплексных анионов, содержащих силикат- и фосфат-ионы.
2. Определите состав $[\text{UO}_2\text{XO}_4]$.
3. Воспользовавшись правилом 18 электронов, предскажите способность силикат- и фосфат-содержащих комплексов, а также $[\text{UO}_2\text{XO}_4]$ к гидратации с вхождением воды в координационную сферу уранила и укажите координационные формулы предполагаемых аква-комплексов.
4. Запишите уравнения реакций 1–6.

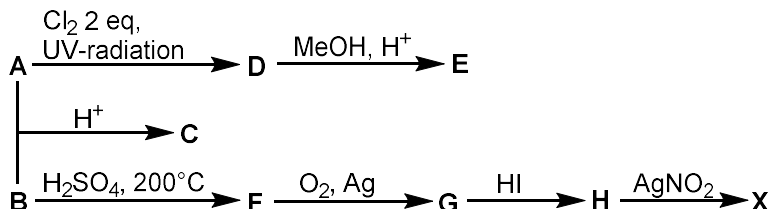
Задача № 11-3

Антибиотик со структурой **ТМ** был выделен в 1947 г. из культуральной жидкости бактерий вида *Streptomyces venezuelae*. Позже, при установлении его структуры, было обнаружено, что в нее входят нехарактерные для природных соединений нитро- и галогеналкильные группы.

Один из методов синтеза целевого соединения включает пять стадий. Исходным веществом служит альдегид **0**:



Для получения веществ **E** и **X** необходимы еще несколько подготовительных операций. Исходными выступают кислота **A**, получаемая при каталитическом окислении *n*-бутана, и этанол **B**, генетически связанный с кислотой **A**. При их взаимодействии получается вещество **C**, применяемое как растворитель.



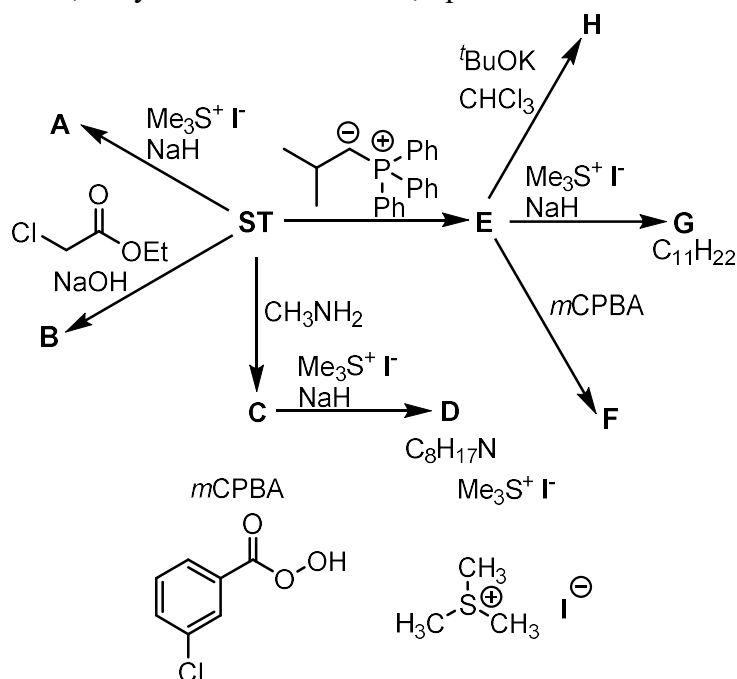
В процессе основного синтеза произведен элементный анализ промежуточного вещества **3**, состав которого определен как $\text{C}_{15}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_7$.

1. Изобразите структуры веществ **A** – **H**, **0** – **4**, **X** и **TM** без учета стереоизомерии.

Задача №11-4

В современной органической химии важное место занимают реакции с участием илидов (серы в реакции Кори-Чайковского и фосфора в реакции Виттига) и реакции малых карбо- и гетероциклов.

Разнообразие реакций, ведущих к этим циклам, представлено на схеме:



Стартовое вещество **STc** брутто-формулой $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$ получается при последовательной обработке ацетона магнием и водным раствором кислоты.

1. Изобразите структуры веществ **A** – **H** и **ST** без учета стереоизомерии.
2. Напишите механизм реакции образования вещества **ST** и перехода **ST** – **B**.
3. Какая частица участвует в реакции **E** – **H**? Укажите название и формулу. Какой она несет заряд?

Задача №11-5

При температуре 400°C и суммарном давлении 101,3 кПа протекает реакция восстановления оксида никеля (II) в токе угарного газа (*реакция 1*). В момент равновесия парциальное давление угарного газа составило 38,1 кПа. При аналогичной температуре для реакции разложения оксида никеля (II) (*реакция 2*) парциальное давление кислорода составило $5 \cdot 10^{-10}$ кПа.

Примечание. При расчете констант равновесия давление подставлять в кПа.

1) Составьте уравнения реакции 1 и 2, рассчитайте их константы равновесия.

2) Рассчитайте константу равновесия для реакции 3:



3) Определите равновесный состав смеси (в кПа) для реакции 3, если общее давление в системе будет составлять 90 кПа.

1.3. Задания Экспериментального тура

1.3.1. Задание 8-9 класса

В четырех пробирках, обозначенных от «1» до «4» находятся растворы веществ из следующего списка: хлорид магния, нитрат бария, нитрат цинка, нитрат алюминия, нитрат свинца. В четырех пробирках, обозначенных буквами от «А» до «Г» находятся растворы следующих соединений: карбонат натрия, хлорид натрия, сульфат калия, гидроксид калия.

1. Заполните таблицу, отражающую возможные взаимодействия между веществами в двух наборах пробирок (укажите в таблице наблюдаемые визуальные эффекты протекающих реакций) и напишите уравнения протекающих реакций.

	MgCl ₂	Ba(NO ₃) ₂	Al(NO ₃) ₃	Zn(NO ₃) ₂	Pb(NO ₃) ₂
Na ₂ CO ₃					
NaCl					
K ₂ SO ₄					
KOH					

2. Определите соответствие между обозначениями пробирок и веществами, растворы которых в них находятся. Ответы представьте в виде таблицы:

Обозначение	Вещество	Обозначение	Вещество
1		А	
2		Б	
3		В	
4		Г	

1.3.2. Задание 10 класса

Олеум (раствор триоксида серы в безводной серной кислоте) представляет собой вязкую бесцветную маслянистую жидкость, дымящую на воздухе и выделяющую тепло при разбавлении водой. В его состав входят полисерные кислоты, имеющие общую формулу H₂O·nSO₃, где n = 1–4. Олеум используется для промышленного производства концентрированной серной кислоты, а также в органическом синтезе в качестве сульфатирующего и водоотнимающего агента.

Для определения состава олеума можно использовать следующую методику: Около 0,5 г олеума переносят в мерную колбу, содержащую около 50 мл дистиллированной воды, аккуратно перемешивают и разбавляют водой до метки. Аликвоту полученного раствора объемом 10,0 мл переносят в колбу для титрования, разбавляют дистиллированной водой до объема около 50 мл, добавляют 2-3 капли индикатора метилового оранжевого и

титруют раствором гидроксида натрия с концентрацией 0,100 моль/л до перехода окраски индикатора из красной в желтую.

Реактивы: 0,100 моль/л раствор гидроксида натрия, метиловый оранжевый (0,1 % раствор).

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

Задания:

1. Приведите примеры реакций, описывающих применение олеума (сульфирование и дегидратация).

2. В мерной колбе вместимостью 100 мл находится раствор, полученный при растворении 0,5 г олеума (точную массу навески уточните у дежурных в аудитории). Проведя анализ, описанный выше, определите массовую долю триоксида серы в образце олеума и определите, какие полисерные кислоты в нем содержались.

1.3.3. Задание 11 класса

Промышленное производство фосфорной кислоты заключается в обработке апатитов концентрированной серной кислотой и последующим экстракционным выделением образовавшейся фосфорной кислоты. Полученный продукт, как правило, представляет собой раствор, содержащий 80–85 мас.% фосфорной кислоты и некоторое количество серной кислоты. Анализ готового продукта проводят по следующей методике:

0,7–1,0 г продукта переносят в мерную колбу, содержащую около 20 мл дистиллированной воды, аккуратно перемешивают и разбавляют водой до метки. Аликвоту полученного раствора объемом 10,0 мл переносят в колбу для титрования, разбавляют дистиллированной водой до объема около 50 мл, добавляют 2–3 капли индикатора фенолфталеина и титруют раствором гидроксида натрия с концентрацией 0,100 моль/л до появления бледно-розовой окраски. Вторую аликвоту объемом 10,0 мл переносят в колбу для титрования, разбавляют дистиллированной водой до объема около 50 мл, добавляют 2–3 капли индикатора метилового оранжевого и титруют раствором гидроксида натрия с концентрацией 0,100 моль/л до перехода окраски индикатора из красной в желтую. Учитывая, что фосфорная кислота титруется по одной ступени в присутствии метилоранжа и по двум ступеням в присутствии фенолфталеина, рассчитывают массовую долю фосфорной и серной кислоты в продукте.

Реактивы: 0,1 моль/л раствор гидроксида натрия, метиловый оранжевый (0,1 % раствор), фенолфталеин (0,1 % раствор).

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

Задания:

1. Напишите уравнения реакций получения фосфорной кислоты из гидроксиапатита $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, а также уравнения реакций, протекающих при титровании с метилоранжем и фенолфталеином.

2. В мерной колбе вместимостью 100 мл находится раствор, полученный при растворении 0,5 г экстракционной фосфорной кислоты (точную массу навески уточните у дежурных в аудитории). Проведя анализ, описанный выше, определите массовую долю фосфорной и серной кислоты в полученном образце.

2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура

2.1.1. Задания 7-8 класса

Задача №8-1

1. Ион ClO_4^- , состоящий только из изотопов ^{35}Cl и ^{16}O будет содержать:
 электронов (e): $17 + 4 \cdot 8 + 1 = 50$,
 протонов (p): $17 + 4 \cdot 8 = 49$,
 нейтронов (n): $18 + 4 \cdot 8 = 50$.
2. Ион ClO_4^- , состоящий только из изотопов ^{37}Cl и ^{18}O будет содержать:
 электронов (e): $17 + 4 \cdot 8 + 1 = 50$,
 протонов (p): $17 + 4 \cdot 8 = 49$,
 нейтронов (n): $20 + 4 \cdot 10 = 60$.
3. ClO_4^- - перхлорат ион, кислотный остаток хлорной кислоты (HClO_4) – одной из самых сильных минеральных кислот.

Разбалловка

Элемент ответа	Баллы
Число e, p, n для ^{35}Cl и ^{16}O	$1,5 \times 3 = 4,5$ б.
Число e, p, n для ^{37}Cl и ^{18}O	$1,5 \times 3 = 4,5$ б.
Название иона ClO_4^-	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №8-2

1. **А** - самое распространённое вещество во Вселенной. Это водород (H_2).
2. Под описание бинарного вещества **Б** подходит аммиак (NH_3), дробное значение разницы молекулярных масс **Б** и **В** (19,5 г/моль), указывает на то, что в состав вещества входит хлор (Cl). Логично предположить, что вещество **В** – хлороводород (HCl):
 $M(\text{HCl}) - M(\text{NH}_3) = 36,5 \text{ г/моль} - 17 \text{ г/моль} = 19,5 \text{ г/моль}$.
- Отсюда следует, что вещество **Ж** – это продукт взаимодействия **Б** и **В**. **Ж** – хлорид аммония (*нашатырь* – трив. название)
3. Нетрудно рассчитать, что $M(\text{Г})=24$ г/моль, что удовлетворяет молекулярной массе гидрида натрия (NaN). Отсюда следует, что вещество **З** – хлорид натрия (NaCl).
4. Молекулярная масса вещества **Д** равна 18 г/моль или 30 г/моль. Если $M(\text{Д})=18$ г/моль, то это соответствует воде (H_2O). Исходя из этого легко определяются **И** – гидроксид натрия (NaOH), **Е** – гидроксид аммония (NH_4OH).
5. Реакции, указанные на схеме, приведены ниже:
- $$3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3 \uparrow, \quad (1)$$
- $$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}, \quad (2)$$
- $$\text{H}_2 + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{NaN}, \quad (3)$$
- $$\text{H}_2 + 0,5\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}, \quad (4)$$
- $$\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \text{ (или } \text{NH}_4\text{OH}), \quad (5)$$
- $$\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}, \quad (6)$$
- $$\text{NaN} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2 \uparrow, \quad (7)$$
- $$\text{NaN} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow. \quad (8)$$

Ответ: **А** – H_2 , **Б** – NH_3 , **В** – HCl , **Г** – NaN , **Д** – H_2O , **Е** – NH_4OH , **Ж** – NH_4Cl , **З** – NaCl , **И** – NaOH .

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Определение вещества А	2 б.
2	Определение веществ Б-И	$8 \times 0,5 = 4$ б.

3.	Уравнения реакций (1)-(8)	8×0,5 = 4 б.
	ИТОГО	10 б.

Задача №8-3

1. Определим числа молей щелочей, вступивших в реакцию с неизвестной кислотой:

$$n(\text{NaOH}) = 40 \cdot 0,1 / 40 = 0,1 \text{ моль,}$$

$$n(\text{KOH}) = 35 \cdot 0,136 / 56 = 0,085 \text{ моль,}$$

$$n(\text{NaOH}) + n(\text{KOH}) = 0,1 + 0,085 = 0,185 \text{ моль.}$$

2. Определим массу неизвестной кислоты X:

$$m(\text{X}) = 81 \cdot 0,185 = 14,985 \text{ г.}$$

3. Предположим, что кислота X – одноосновная кислота, т.е. в реакции нейтрализации в ней может замещаться только один атом водорода. Тогда число молей кислоты равно общему числу молей щелочей, необходимых для её нейтрализации:

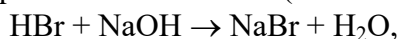
$$n(\text{X}) = n(\text{NaOH}) + n(\text{KOH}) = 0,185 \text{ моль.}$$

Отсюда, молекулярная масса неизвестной кислоты X равна:

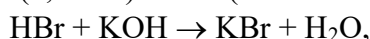
$$M(\text{X}) = m(\text{X}) / n(\text{X}) = 14,985 / 0,185 = 81 \text{ г/моль.}$$

Если в состав кислоты X входит один атом водорода, тогда масса кислотного остатка равна 80 г/моль, что соответствует массе бромид-иона (Br^-). Таким образом, неизвестная кислота бромоводородная кислота (HBr).

4. Определим массовые доли образовавшихся солей (NaBr и KBr):



$$\omega(\text{NaBr}) = (0,1 \cdot 103) \cdot 100\% / (81 + 40 + 35) = 6,60\%;$$



$$\omega(\text{KBr}) = (0,085 \cdot 119) \cdot 100\% / (81 + 40 + 35) = 6,48\%.$$

Ответ: X – HBr; $\omega(\text{NaBr}) = 6,60\%$; $\omega(\text{KBr}) = 6,48\%$.

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Определение количества вещества KOH и NaOH	1×2 = 2 б.
2.	Определение кислоты X	3 б.
3.	Определение массовых долей солей	2×2,5 = 5 б.
	ИТОГО	10 б.

Задача №8-4

1. Рассчитаем сумму массовых долей меди, алюминия, фосфора и водорода в минерале:

$$\omega(\text{Cu}) + \omega(\text{Al}) + \omega(\text{P}) + \omega(\text{H}) = 7,6923\% + 19,4712\% + 14,9038\% + 2,1635\% = 44,2308\%.$$

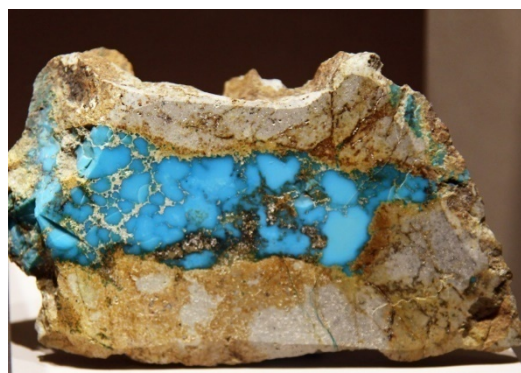
Отсюда следует, что в состав минерала входит(ят) ещё элемент(ы). Логика подсказывает, что одним из неуказанных элементов является кислород, который принадлежит к числу самых распространённых элементов земной коры. Если кроме кислорода в состав минерала не входят другие элементы, то его массовая доля равна: $\omega(\text{O}) = 100 - 44,2308\% = 55,7692\%$.

2. Составим выражение для атомного фактора соединения состава $\text{Cu}_x\text{Al}_y\text{P}_z\text{O}_k\text{H}_n$:

$$x : y : z : k : n = v(\text{Cu}) : v(\text{Al}) : v(\text{P}) : v(\text{O}) : v(\text{H}) =$$

$$\frac{\omega(\text{Cu})}{A(\text{Cu})} : \frac{\omega(\text{Al})}{A(\text{Al})} : \frac{\omega(\text{P})}{A(\text{P})} : \frac{\omega(\text{O})}{A(\text{O})} : \frac{\omega(\text{H})}{A(\text{H})} =$$

$$= \frac{7,6923}{64} : \frac{19,4712}{27} : \frac{14,9038}{31} : \frac{55,7692}{16} : \frac{2,1635}{1} =$$



$$= 0,12019 : 0,72116 : 0,48077 : 3,4856 : 2,1635 =$$

$$= 1 : 6 : 4 : 29 : 18.$$

Таким образом, молекулярная формула неизвестного минерала – $\text{CuAl}_6\text{P}_4\text{O}_{29}\text{H}_{18}$ – гидратированный двойной гидроксофосфат алюминия и меди ($\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Этот минерал известен как *бирюза*,

Ответ: $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Гипотеза о наличии кислорода в минерале	2 б.
2.	Составление атомного фактора	6 б.
3.	Установление химической формулы бирюзы (в любой форме)	2 б.
	Итого	10 б.

Задача № 8-5

1. Ванадий. 2. Свинец. 3. Ртуть. 4. Натрий. 5. Европий. 6. Осмий. 7. Нептуний. 8. Хлор. 9. Платина. 10. Железо. 11. Йод.

В	Р	Е	Т	С	Н	П	В
Х	Л	А	Й	Е	Н	Е	Н
А	В	И	Ж	А	И	Р	О
Й	А	Т	Й	М	О	И	И
О	З	У	С	Р	Н	И	У
Й	Р	И	А	И	Т	Е	Й
Е	О	Т	П	Л	Ш	О	И
Ь	Л	Д	Н	Ц	Д	Т	Й

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Разгадка названий элементов (последний элемент определяется автоматически из оставшихся букв)	10×1 б = 10 б.
	ИТОГО	10 б.

2.1.2. Задания 9 класса

Задача №9-1

(Определим вещества AG_2 и A_2G_2 . Отметим, что хлор является одновалентным, а элемент А в одном случае будет одновалентным, а в другом двухвалентным.

Обозначим атомный вес элемента А за x , тогда:

$$\frac{M(\text{A}_2\text{G}_2)}{M(\text{AG}_2)} = \frac{2x + 71}{x + 71} = 1,739$$

откуда $x = 201$ г/моль, что соответствует ртути Hg. Тогда А – Hg; AG_2 – HgCl_2 ; A_2G_2 – Hg_2Cl_2 .

Поскольку при сжигании исходного вещества АБ образуется сернистый газ, логично сделать вывод, что АБ – HgS.

При растворении ртути в азотной кислоте образуется соль A_2B_2 – $Hg_2(NO_3)_2$, обработка которой щелочью приводит к оксиду AO – HgO .

Необычным свойством ртути является взаимодействие с металлами с образованием амальгам, следовательно, D – амальгама натрия $Na(Hg)$.

2. Уравнения реакций:

- (1) $HgS + O_2 \rightarrow Hg + SO_2$;
- (2) $Hg + Na \rightarrow Na(Hg)$;
- (3) $2Na(Hg) + 2NH_4Cl = 2NH_3 + 2NaCl + H_2 + 2Hg$
- (4) $6Hg + 8HNO_{3(p)} = 3Hg_2(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$;
- (5) $Hg_2(NO_3)_2 + 2HCl = Hg_2Cl_2 + 2HNO_3$;
- (6) $Hg_2(NO_3)_2 + 2NaOH = HgO + Hg + 2NaNO_3 + H_2O$;
- (7) $HgO + 2HCl = HgCl_2 + H_2O$.

3. AB – HgS – киноварь;

AG_2 – $HgCl_2$ – сулема;

A_2G_2 – Hg_2Cl_2 – каломель.

Разбалловка

Определение вещества A с расчетом	2 б.
Определение веществ AB , A_2B_2 , A_2G_2 , AG_2 , AO , D	$0,5 \times 6 = 3$ б.
Уравнения реакций (1) – (7)	$0,5 \times 7 = 3,5$ б.
Тривиальные названия AB , AG_2 , A_2G_2	$1 \times 1,5 = 1,5$ б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-2

1. Рассчитаем сумму массовых долей меди, алюминия, фосфора и водорода в минерале:

$$\omega(Cu) + \omega(Al) + \omega(P) + \omega(H) = 7,6923\% + 19,4712\% + 14,9038\% + 2,1635\% = 44,2308\%.$$

Отсюда следует, что в состав минерала входит(ят) ещё элемент(ы). Логика подсказывает, что одним из неуказанных элементов является кислород, который принадлежит к числу самых распространённых элементов земной коры. Если кроме кислорода в состав минерала не входят другие элементы, то его массовая доля равна: $\omega(O) = 100 - 44,2308\% = 55,7692\%$.

2. Составим выражение для атомного фактора соединения состава $Cu_xAl_yP_zO_kH_n$:

$$x : y : z : k : n = \frac{\omega(Cu)}{A(Cu)} : \frac{\omega(Al)}{A(Al)} : \frac{\omega(P)}{A(P)} : \frac{\omega(O)}{A(O)} : \frac{\omega(H)}{A(H)} =$$

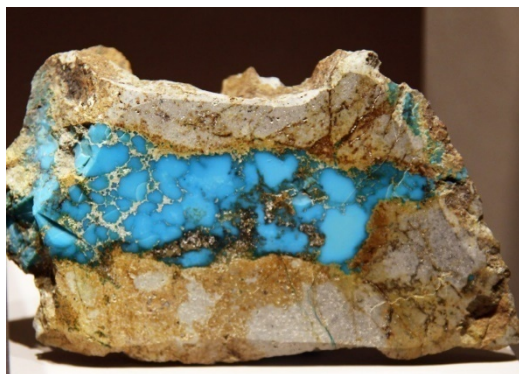
$$= \frac{7,6923}{64} : \frac{19,4712}{27} : \frac{14,9038}{31} : \frac{55,7692}{16} : \frac{2,1635}{1} =$$

$$= 0,12019 : 0,72116 : 0,48077 : 3,4856 : 2,1635 =$$

$$= 1 : 6 : 4 : 29 : 18.$$

Таким образом, молекулярная формула неизвестного минерала – $CuAl_6P_4O_{29}H_{18}$ – гидратированный двойной гидроксофосфат алюминия и меди ($CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8 \cdot 5H_2O$). Этот минерал известен как бирюза,

Ответ: $CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8 \cdot 5H_2O$.



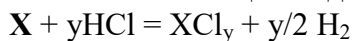
Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Гипотеза о наличии кислорода в минерале	2 б.
2.	Составление атомного фактора	4 б.
3.	Установление химической формулы бирюзы (в любой форме)	2 б.

4.	Установление названия бирюзы (в любой форме)	2 б.
	ИТОГО	10 б.

Задача №9-3

1. Запишем в общем виде реакцию взаимодействия металла **X** с соляной кислотой:



Как видим из уравнения реакции, $n(\mathbf{X}) = 2/yn(\text{H}_2)$

$$n(\text{H}_2) = V/V_m = 6.72 / 22.4 = 0.3 \text{ моль}$$

$$n(\mathbf{X}) = 2/y \times n(\text{H}_2) = 0.6/y \text{ моль}$$

Если $y = 1$, то $n(\mathbf{X}) = 0.6$ моль, $M(\mathbf{X}) = m/n = 5.4 / 0.6 = 9$ г/моль, что соответствует бериллию, но он не одновалентный металл, поэтому не подходит.

Если $y = 2$, то $n(\mathbf{X}) = 0.3$ моль, $M(\mathbf{X}) = 5.4 / 0.3 = 18$ г/моль – элемента с такой молярной массой нет.

Если $y = 3$, то $n(\mathbf{X}) = 0.2$ моль, $M(\mathbf{X}) = 5.4 / 0.2 = 27$ г/моль, что соответствует алюминию, следовательно, **X – Al**

Алюминий является амфотерным металлом, способен растворяться в щелочах с выделением водорода, что также соответствует условию задачи.

Число протонов в ядре атома химического элемента определяет заряд ядра атома и равно порядковому номеру элемента в Периодической системе. Порядковый номер алюминия – 13, следовательно, в ядре атома алюминия содержится **13 протонов**.

Конфигурация электронной оболочки алюминия: **$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$** .

2. Если алюминий реагирует с соляной кислотой, то образуется хлорид алюминия, который при действии щелочи превращается в гидроксид алюминия (вещество **Y**), который при избытке щелочи переходит в комплексную соль – тетра (гекса-) гидроксоалюминат натрия (вещество **Z**). Разложение гидроксида при нагревании приводит к получению оксида алюминия (вещество **K**), что можно подтвердить расчетом:

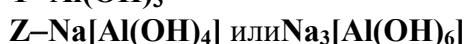
Возьмем 1 моль $\text{Al}(\text{OH})_3$

$$m(\text{Al}(\text{OH})_3) = n \times M = 1 \times 78 = 78 \text{ г. Из схемы } 2\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ следует, что}$$

$$n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0.5n(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0.5 \text{ моль, } m(\text{Al}_2\text{O}_3) = n \times M = 0.5 \times 102 = 51 \text{ г}$$

$$\text{Потеря массы} = (78 - 51) / 78 = 0.3462 (34.62\%), \text{ что соответствует условию.}$$

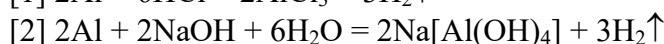
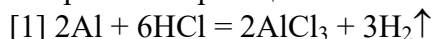
Таким образом,



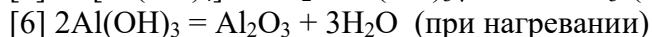
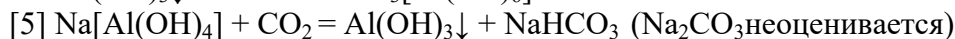
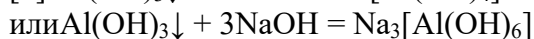
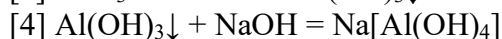
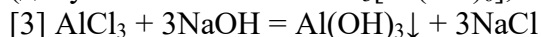
тетрагидроксоалюминат натрия или гексагидроксоалюминат натрия



3. Уравнения реакций:



(допустимо написание $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$, $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]$)



4. Кремний не реагирует с соляной кислотой, в реакцию будет вступать только алюминий:

$$\text{В } 3.6 \text{ г сплава содержится: } m(\text{Al}) = 3.6 \times 0.9 = 3.24 \text{ г}$$

$$n(\text{Al}) = m / M = 3.24 / 27 = 0.12 \text{ моль}$$

В 91.25 г 20% соляной кислоты:

$$m(\text{HCl}) = 91.25 \times 0.2 = 18.25 \text{ г}$$

$$n(\text{HCl}) = m / M = 18.25 / 36.5 = 0.5 \text{ моль}$$

Алюминий в недостатке, поэтому расчет ведем по нему:

$$n(\text{AlCl}_3) = n(\text{Al}) = 0.12 \text{ моль}$$

$$m(\text{AlCl}_3) = n \times M = 0.12 \times 133.5 = 16.02 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2) = 1.5n(\text{Al}) = 0.12 \times 1.5 = 0.18 \text{ моль (0.36 г)}$$

$$V(\text{H}_2) = n \times V_M = 0.18 \times 22.4 = 4.032 \text{ л}$$

$$\text{В реакцию с } 0.12 \text{ моль Al вступит: } n(\text{HCl})_{\text{прореаг}} = 3n(\text{Al}) = 0.36 \text{ моль}$$

$$\text{Останется: } n(\text{HCl})_{\text{ост.}} = 0.5 - 0.36 = 0.14 \text{ моль}$$

$$m(\text{HCl})_{\text{ост.}} = n \times M = 0.14 \times 36.5 = 5.11 \text{ г}$$

$$\text{Масса раствора: } m(\text{р-ра}) = 91.25 + 3.24 - 0.36 = 94.13 \text{ г}$$

$$\omega(\text{AlCl}_3) = 16.02 / 94.13 = 0.1702 \text{ (17.02\%)}$$

$$\omega(\text{HCl}) = 5.11 / 94.13 = 0.0543 \text{ (5.43\%)}$$

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Определение металла X	1 б.
	Количество протонов в ядре	0,5 б.
	Электронная конфигурация	0,5 б.
2	Формулы веществ Y , Z и K	3×0,5=1,5 б.
	Название вещества Z	0,5 б.
3.	Уравнения реакций	6×0,5 = 3 б.
4.	Массовые доли веществ в растворе	2×1 = 2 б.
	Объем газа	1 б.
	ИТОГО	10 б.

Задача №9-4

Возможно несколько вариантов решений. Одно из них выглядит следующим образом.

1. Из приведённых в таблице из условия задачи данных по плотности веществ (d , г/л), можно рассчитать молекулярные массы (M , г/моль) газообразных веществ ($M = d \cdot V_m$, где $V_m = 22,4$ л/моль). Простые и бинарные вещества, удовлетворяющие полученным молекулярным массам приведены в таблице ниже:

Газ	A	B	B	Г	Е	З
M , г/моль	28	2	17	48	32	44
Вещество	N_2	H_2	NH_3	O_3	O_2	N_2O
ω_N , %	100	-	82,35	-	-	63,64

Таким образом, неизвестный элемент **X** – азот.

2. Определим остальные неизвестные вещества. Исходя из уравнения реакции (2) возможным продуктом **D** является NH_4NO_3 :



(вывод о том, что **Ж** – вода (H_2O), можно сделать исходя из плотности и жидкого агрегатного состояния, указанных в таблице из условий).

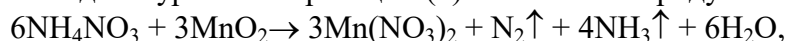
Вещество **D** – нитрат аммония (NH_4NO_3), что подтверждается массовой долей N ($\omega_N = 35\%$).

Бинарное вещество **И** – оксид. Выполненные расчеты по определению состава **И** приведём в таблице:

Оксид	$\text{Э}_2\text{O}$	ЭO	$\text{Э}_2\text{O}_3$	ЭO_2	$\text{Э}_2\text{O}_5$	ЭO_3	$\text{Э}_2\text{O}_7$
$M(\text{Э}_x\text{O}_y)$	43,5	43,5	130,5	87,00	217,5	130,5	304,5
$A(\text{Э})$	13,75	27,50	41,25	55,00	68,75	82,5	96,26
Э	-	-	-	Mn	-	-	-

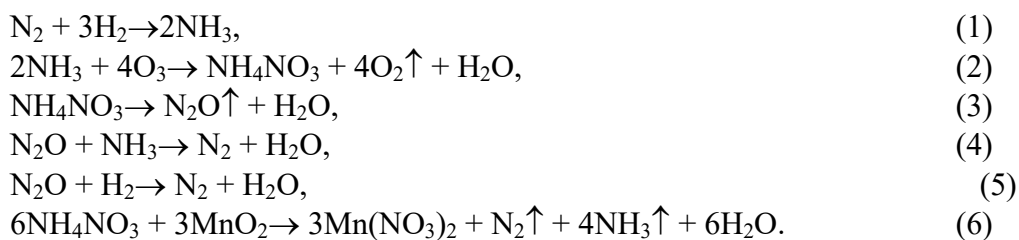
Таким образом, оксид **И** – диоксид марганца (IV) (MnO_2).

Исходя из уравнения реакции (6) возможным продуктом **K** является $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$:



Вещество **И** – нитрат марганца ($\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$), что подтверждается массовой долей N ($\omega_N = 15,64\%$).

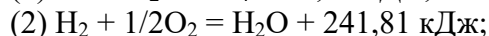
3. Перечисленные в условии задачи схемы превращений можно представить следующими уравнениями реакций:

**Разбалловка**

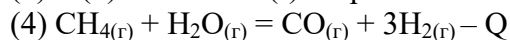
№	Элемент ответа	Баллы
1.	Определение элемента X	2 б.
2	Определение веществ А-К	10×0,5 = 5 б.
3.	Уравнения реакций (1)-(6)	6×0,5 = 3 б.
	Итого	10 б.

Задача № 9-5

1. Под теплотами образования подразумевается тепловой эффект получения вещества из простых веществ:



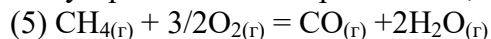
Согласно закону Гесса можно из трех уравнений составить уравнение (4), для этого возьмем (1) и (2) со знаком (-) и прибавим к ним выражение (3), в итоге получим:



Для расчета теплового эффекта совершим те же математические операции:

$$Q_4 = Q_3 - Q_2 - Q_1 = 110,53 - 74,85 - 241,81 = -206,13 \text{ кДж} - \text{реакция эндотермическая}.$$

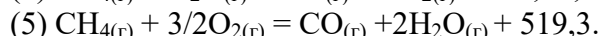
2. Реакция неполного сгорания метана выглядит следующим образом, если она используется для устранения эндотермичности, значит, реакция – экзотермическая:



Рассчитаем по аналогии ее тепловой эффект:

$$Q = Q_3 + 2Q_2 - Q_4 = 110,53 + 2 \cdot 241,81 - 74,85 = 519,3 \text{ кДж}.$$

Необходимо рассчитать в каких соотношениях нужно взять реакции (4) и (5), что их суммарный тепловой эффект был равен 0.



Умножим (4) на x , а (5) на y . Произведем расчет теплоты.

$$-206,13 \cdot x + 519,3 \cdot y = 0$$

$x = 2,52 \cdot y$, т.е. если в реакции (5) принимает участие 1 моль CH_4 , то в реакции (4) принимает участие 2,52 моль, суммарное число 3,52 моль.

Кислород является только участником реакции (5), если в ней участвует 1 моль метана, то количество вещества кислорода составит 1,5 моль.

$$\text{Мольное соотношение будет равно: } \frac{n_{\text{CH}_4}}{n_{\text{O}_2}} = \frac{3,52}{1,5} = 2,35 \text{ или } n_{\text{CH}_4} : n_{\text{O}_2} = 2,35 : 1$$

3. Средняя молекулярная масса смеси равна $M_{\text{cp}} = 29 \cdot 0,77 = 22,33 \text{ г/моль}$

Найдем соотношение метана и кислорода:

x – мольная доля метана; y – мольная доля кислорода

$$\begin{cases} x + y = 1 \\ 16x + 32y = 22,33 \end{cases}$$

Решаем систему уравнений: $x = 0,60$; $y = 0,40$, т.е. на 3 моль метана приходится 2 моль кислорода.

Согласно (5) реакции, для сжигания 2 моль кислорода нужно 1,33 моль метана, значит оставшийся метан будет реагировать по реакции (4) – 1,67 моль.

Тепловой эффект процесса будет равен:

$$Q = 1,33 \cdot 519,3 - 1,67 \cdot 206,13 = 346,4 \text{ кДж.}$$

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Расчет теплового эффекта паровой конверсии метана	2 б.
2	Расчет теплового эффекта реакции неполного сгорания метана	2 б.
3.	Определение соотношения объемов метана и кислорода	3 б.
4.	Расчет мольного соотношения метан:кислород для условия 3	1 б.
5.	Расчет теплового эффекта	2 б.
	Итого	10 баллов

2.1.3. Задания 10 класса

Задача №10-1

1. Вещество **Б**, способное растворить диоксид кремния, – вероятнее всего фтороводород HF (его водный раствор – плавиковую кислоту – нельзя хранить в стеклянной посуде). Тогда по потере массы при прокаливании можно определить молярную массу соли **А**. Составим уравнение:

$$\frac{20n}{M(A)} = 0,25636,$$

откуда $M(A) = 78n$.

Вещество **Д** – хлорид ЭCl_x .

$$1: x = \frac{52,35}{A_r(\text{Э})} : \frac{47,65}{35,5} = \frac{52,35}{A_r(\text{Э})} : 1,34$$

$$A_r(\text{Э}) = \frac{52,35x}{1,34} = 39x$$

При $x = 1$ $A_r(\text{Э}) = 39$ а.е.м, что соответствует калию, следовательно, **Д** – это хлорид калия KCl. Тогда соединение **В** – это фторид калия KF, а исходная соль **А** – гидрофторид калия KHF_2 (при $n = 1$ $M(A) = 78$ г/моль). При электролизе гидрофторида калия образуется **Е** – фтор F_2 : $M(\text{Е}) = 1,31 \cdot 29 = 38$ г/моль – соответствует F_2

Таким образом,

А – KHF_2 – гидрофторид калия;

Б – HF – фтороводород (плавиковая кислота – незачет);

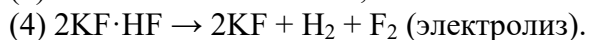
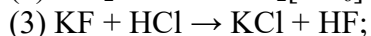
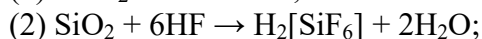
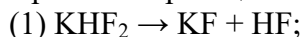
В – KF – фторид калия;

Г – $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ – гексафторосиликат водорода (гексафторкремниевая кислота);

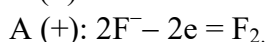
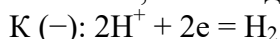
Д – KCl – хлорид калия;

Е – F_2 – фтор.

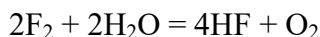
Уравнения реакций:



2. При электролизе расплава гидрофторида калия на катоде происходит восстановление ионов H^+ , а на аноде – окисление фторид-ионов:



3. Фтор – сильный окислитель, поэтому при растворении в воде он будет окислять воду согласно уравнению:



Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Вещества А–Е с названиями	0,5×6 = 3 б.
2	Уравнения реакций (1) – (4)	1×4 = 4 б.
3.	Процессы на катоде и на аноде	1×2 = 2б.
4.	Уравнение реакции окисления воды	1 б.
	Итого	10 баллов

Задача №10-2

1. Из кристаллографических данных можно рассчитать молярную массу металла **X**. Учитывая, что кубическая объемноцентрированная ячейка содержит два атома **X** ($Z = 2$), получим:

$$M(X) = \rho \cdot N_A \cdot a^3 / Z = 0.534 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \cdot (3.5 \cdot 10^{-8})^3 / 2 = 6.9 \text{ г/моль, что соответствует литию Li.}$$

2. При хранении на воздухе литий может взаимодействовать с компонентами воздуха – кислородом, азотом, и углекислым газом. Прирост массы будет обусловлен возможным образованием Li_2O , Li_3N , Li_2CO_3 .

Так как M_{cp} газовых смесей малы, логично предположить, что в их составе есть водород, который выделяется при взаимодействии лития с водой или кислотой. Второй компонент смеси **Y** обладает кислотными свойствами, это может быть только углекислый газ, образующийся при разложении карбоната лития кислотой. Второй компонент смеси **Z**, напротив обладает основными свойствами, это может быть только аммиак, образующийся при разложении нитрида лития водой (при разложении кислотой аммиак связывается в хлорид аммония).

$$n(Y) = n(Z) = 19.04 / 22.4 = 0.85 \text{ моль}$$

Пусть в каждой смеси $\varphi(H_2) = x$, тогда для второго газа $\varphi = 1-x$

$$M_{cp}(Y) = 6.94 = 2x + 44 \cdot (1-x), \text{ откуда } x = 0.8824$$

В смеси **Y** содержатся $n(H_2) = 0.85 \cdot 0.8824 = \mathbf{0.75 \text{ моль}}$

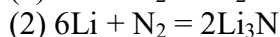
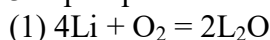
$$n(CO_2) = 0.85 \cdot 0.1176 = \mathbf{0.1 \text{ моль}}$$

$$M_{cp}(Z) = 3.765 = 2x + 17 \cdot (1-x), \text{ откуда } x = 0.8824$$

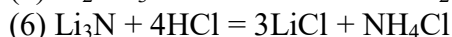
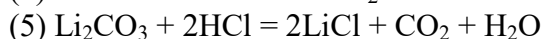
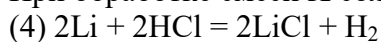
В смеси **Z** содержатся $n(H_2) = 0.85 \cdot 0.8824 = \mathbf{0.75 \text{ моль}}$

$$n(NH_3) = 0.85 \cdot 0.1176 = \mathbf{0.1 \text{ моль}}$$

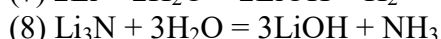
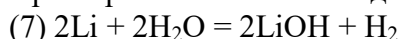
3. При хранении на воздухе протекают реакции (нумерация произвольная):



При обработке смеси **X'** соляной кислотой протекают реакции:



При обработке смеси **X'** водой протекают реакции:



Таким образом, образец **X'** содержит литий **Li**, карбонат лития Li_2CO_3 и нитрид лития Li_3N .

$$\text{Из уравнений (4) и (7) } n(Li)_{от} = 2n(H_2) = 2 \cdot 0.75 = 1.5 \text{ моль}$$

$$\text{Из уравнений (2), (8) и (1), (3), (5) } n(Li)_{реак.} = 3n(NH_3) + 2n(CO_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$n(Li)_{общ} = (1.5 + 0.5) \cdot 2 = 4 \text{ моль} - \text{соответствует исходному количеству}$$

В образце **X'**:

$$m(\text{Li}) = 2 \cdot 1,5 \cdot 7 = 21 \text{ г}$$

$$w(\text{Li}) = 21 / 42,8 = 0,49 \text{ (49\%)}$$

$$m(\text{Li}_2\text{CO}_3) = 2 \cdot 0,1 \cdot 74 = 14,8 \text{ г} \quad w(\text{Li}_2\text{CO}_3) = 14,8 / 42,8 = 0,346 \text{ (34,6\%)}$$

$$m(\text{Li}_3\text{N}) = 2 \cdot 0,1 \cdot 35 = 7 \text{ г} \quad w(\text{Li}_3\text{N}) = 7 / 42,8 = 0,164 \text{ (16,4\%)}$$

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Определение металла X	1 б.
2	Составы газовых смесей Y и Z	4×0,5 = 2 б.
3.	Уравнения реакций	8×0,5 = 4 б.
	Качественный состав образца X'	3×0,5 = 1,5 б.
	Количественный состав образца X'	3×0,5 = 1,5 б.
	Итого	10 баллов

Задача № 10-3

Очевидно, что основными компонентами цемента Сореля являются соединения магния. Определим какой газ выделяется при прокаливании:

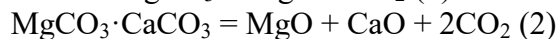
$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow M = \frac{mRT}{pV} = \frac{1 \cdot 8,314 \cdot (273 + 25)}{95500 \cdot 0,59 \cdot 10^{-3}} = 43,97 \approx 44 \text{ г/моль.}$$

При прокаливании выделяется углекислый газ, тогда магнезит – это карбонат магния (**Б**).

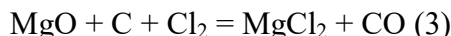
Очевидно, что доломит содержит карбонат магния и карбонат какого-то другого щелочноземельного металла, скорее всего кальция, тогда **Г** – оксид кальция. Представим формулу доломита следующим образом $\text{MgO} \cdot x\text{CaO} \cdot (1+x)\text{CO}_2$, тогда:

$$1 : x = \frac{21,7}{40} : \frac{30,4}{56} = 0,54 : 0,54 = 1 : 1$$

Тогда формулу доломита (**В**) можно представить как $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$



Вещество **Д** – хлорид магния:



Допустим, что бишофит имеет формулу $\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, тогда

$$1 : x = \frac{46,8}{95} : \frac{100 - 46,8}{18} = 0,49 : 2,96 = 1 : 6 ;$$

Тогда формула **А** – $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Выведем формулу вещества **Е**, представив ее как $x\text{MgCl}_2 \cdot y\text{MgO} \cdot z\text{H}_2\text{O}$. Зная массовую долю хлора в соединении, мы можем вычислить массовую долю хлорида магния:

в 100 г **Е** содержится X г MgCl_2 , что соответствует 17,2 г хлора

в 1 моль = 95 г MgCl_2 содержится 71 г хлора

$$X = \frac{95 \cdot 17,2}{71} = 23,0$$

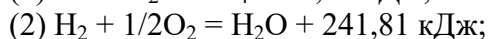
То есть **Е** содержит 23,0 % MgCl_2 , тогда доля MgO

$$w(\text{MgO}) = 100 - 23 - 47,9 = 29,1 \text{ \%}.$$

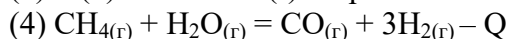
Отсюда:

$$x : y : z = \frac{23}{95} : \frac{29,1}{40} : \frac{47,9}{18} = 0,242 : 0,728 : 2,667 = 1 : 3 : 11$$

1. Под теплотами образования подразумевается тепловой эффект получения вещества из простых веществ:



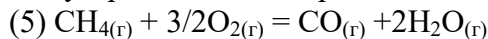
Согласно закону Гесса можно из трех уравнений составить уравнение (4), для этого возьмем (1) и (2) со знаком (-) и прибавим к ним выражение (3), в итоге получим:



Для расчета теплового эффекта совершим те же математические операции:

$$Q_4 = Q_3 - Q_2 - Q_1 = 110,53 - 74,85 - 241,81 = -206,13 \text{ кДж} - \text{реакция эндотермическая}.$$

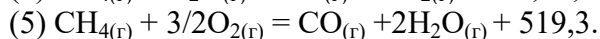
2. Реакция неполного сгорания метана выглядит следующим образом, если она используется для устранения эндотермичности, значит, реакция – экзотермическая:



Рассчитаем по аналогии ее тепловой эффект:

$$Q = Q_3 + 2Q_2 - Q_4 = 110,53 + 2 \cdot 241,81 - 74,85 = 519,3 \text{ кДж}.$$

Необходимо рассчитать в каких соотношениях нужно взять реакции (4) и (5), что их суммарный тепловой эффект был равен 0.



Умножим (4) на x , а (5) на y . Произведем расчет теплоты.

$$-206,13 \cdot x + 519,3 \cdot y = 0$$

$x = 2,52 \cdot y$, т.е. если в реакции (5) принимает участие 1 моль CH_4 , то в реакции (4) принимает участие 2,52 моль, суммарное число 3,52 моль.

Кислород является только участником реакции (5), если в ней участвует 1 моль метана, то количество вещества кислорода составит 1,5 моль.

Мольное соотношение будет равно: $\frac{n_{\text{CH}_4}}{n_{\text{O}_2}} = \frac{3,52}{1,5} = 2,35$ или $n_{\text{CH}_4} : n_{\text{O}_2} = 2,35 : 1$

3. Средняя молекулярная масса смеси равна $M_{\text{ср}} = 29 \cdot 0,77 = 22,33 \text{ г/моль}$

Найдем соотношение метана и кислорода:

x – мольная доля метана; y – мольная доля кислорода

$$\begin{cases} x + y = 1 \\ 16x + 32y = 22,33 \end{cases}$$

Решаем систему уравнений: $x = 0,60$; $y = 0,40$, т.е. на 3 моль метана приходится 2 моль кислорода.

Согласно (5) реакции, для сжигания 2 моль кислорода нужно 1,33 моль метана, значит оставшийся метан будет реагировать по реакции (4) – 1,67 моль.

Тепловой эффект процесса будет равен:

$$Q = 1,33 \cdot 519,3 - 1,67 \cdot 206,21 = \mathbf{346,4 \text{ кДж}}.$$

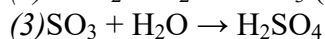
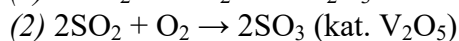
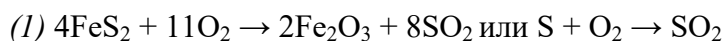
Разбалловка

1.	Расчет теплового эффекта паровой конверсии метана	2 б.
2.	Расчет теплового эффекта реакции неполного сгорания метана	2 б.
3.	Определение соотношения объемов метана и кислорода	3 б.
4.	Расчет мольного соотношения метан:кислород для условия 3	1 б.
5.	Расчет теплового эффекта	2 б.
	Итого:	10б

2.1.4. Задания 11 класса

Задача №11-1

1. В промышленности цикл получения серной кислоты состоит из следующих стадий (в зависимости от сырья первое исходное вещество может отличаться):



2. Так как соединение **A** – бинарное, необходимо установить его состав.



$$2: y = \frac{46,67}{A(\text{Э})} : \frac{53,33}{16} = \frac{46,67}{A(\text{Э})} : 3,33$$

$A(\text{Э}) = 7y$, $y = 1$, $A(\text{Э}) = 7$ а.е.м. – литий, тогда **A** – оксид лития не является летучим.

$y = 2$, $A(\text{Э}) = 14$ а.е.м. – азот, тогда **A** – оксид азота (II);

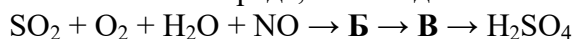
$y = 3$, $A(\text{Э}) = 21$ а.е.м. – нет ближайшего элемента.

В соединениях **B** и **B** наблюдается близкое содержание кислорода:

$$M(\text{B}) = \frac{16}{0,6295} = 25,42 \text{ a}$$

$$M(\text{B}) = \frac{16}{0,6246} = 25,62 \text{ b}$$

Вероятно, соединения имеют схожий состав. Так как процесс многостадийный, протекает в окислительной среде, то оксид азота может иметь разные степени окисления.



Если число атомов кислорода в этих веществах одинаково, то оно должно быть 5 и более (так как наиболее легкий элемент - водород – имеет $M = 1$ г/моль).

Если $a = b = 5$, $M(\text{B}) = 25,42 \cdot 5 = 127,1$ г/моль; $M(\text{B}) = 25,62 \cdot 5 = 128,1$ г/моль.

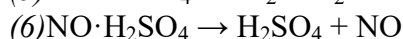
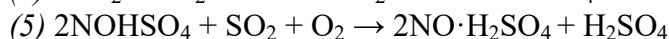
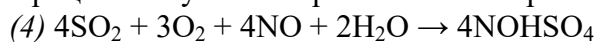
Тогда состав **B** и **B** может быть следующим HNSO_5 и H_2NSO_5 .

Учитывая происхождение этих интермедиатов, более точно их состав можно представить следующим образом:

B – $(\text{NO})\text{HSO}_4$ – гидросульфат нитрозония (катион NO^+ и анион HSO_4^-);

B (фиолетовая кислота) – $\text{NO} \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ – молекулярный комплекс монооксида азота и серной кислоты.

Процесс получения серной кислоты при помощи NO :



Можно засчитать другие варианты реакций. Только в последней стадии катализатор (NO) должен выйти в неизменном виде, так как не участвует в процессе.

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Уравнения реакций промышленного получения серной кислоты	0,5×3 = 1,5 б.
2	Вывод формулы и названия катализатора A	1,5 б.
3.	Вывод формулы и названия веществ B и B	2×2 = 4 б.
4.	Уравнения реакции получения серной кислоты при помощи катализатора A	1×3 = 3 б.
	Итого	10 баллов

Задача №11-2

1. Рассчитаем состав исходной соли

$$n(\text{Ca}):n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{O}) = 22,73/40:27,27/12:4,55/1:45,45/16 = 0,568:2,273:4,55:2,841 = 1:4:8:5$$

=> $\text{CaC}_4\text{H}_8\text{O}_5$ или, с учетом кристаллизационной воды – $\text{CaC}_4\text{H}_6\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Молярная масса кристаллогидрата $M(\text{CaC}_4\text{H}_6\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 40 + 4 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 4 \cdot 16 + 18 = 176$ г/моль.

Безводной соли $M(\text{CaC}_4\text{H}_6\text{O}_4) = 158$ г/моль.

2. Рассчитаем состав соли – продукта разложения

Рассчитаем молярную массу **B**, исходя из уравнения Клапейрона-Менделеева ($PV = mRT/M$):

$$M(C_xH_yO_z) = \frac{mRT}{PV} = \frac{14,5 \cdot 8,314 \cdot 331}{99,7 \cdot 6,9} = 58 \text{ г/моль.}$$

Значение молярной массы соответствует кетону с формулой C_3H_6O или ацетону (диметилкетону) $(CH_3)_2CO$.

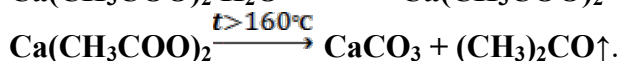
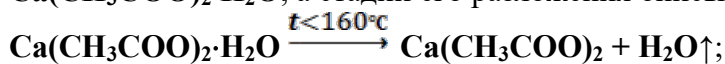
По разности молярных масс находим массу соли кальция Г:

$$M(CaC_4H_6O_4) - M(C_3H_6O) = 158 - 58 = 100 \text{ г/моль.}$$

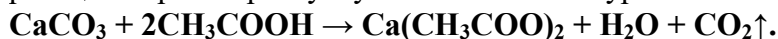
Единственный вариант, это $CaCO_3$ (карбонаткальция).

$$M(CaCO_3) = 40 + 12 + 3 \cdot 16 = 100 \text{ г/моль.}$$

3. Поскольку термическое разложение на карбонат кальция и ацетон характерно для ацетата кальция, то и исходной солью является его моногидрат с формулой $Ca(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$, а стадии его разложения описываются уравнениями:



4. Для получения исходного ацетата из Г, то есть карбоната кальция, достаточно провести реакцию с раствором уксусной кислоты по уравнению



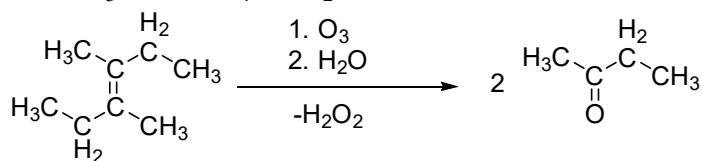
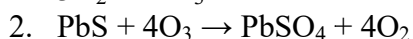
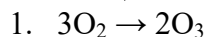
и, в заключении, осторожно упарить раствор, до получения прозрачных кристаллов $Ca(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$ (моногидрата ацетата кальция).

Разбалловка

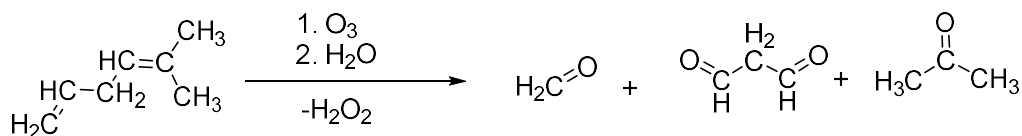
№	Элемент ответа	Баллы
1.	Вывод брутто-формулы А	1 б.
	Название соли А	1 б.
2.	Расчет молярной массы В	1 б.
	Вещества Б–Г	3×0,5 = 1,5 б.
3.	Структурные формулы Б и В	2×1 = 2 б.
	Уравнения реакций 1 и 2	2×1 = 2 б.
4.	Уравнение реакции получения А из Г	1 б.
	Условие получения моногидрата А	0,5 б.
	ИТОГО	10б.

Задача №11-3

Исходя из описанных реакций можно предположить, что речь идет об озоне (O_3). Образование озона возможно при пропускании тихого электрического разряда через воздух, а лучше через кислород. Образующийся озон способен окислять даже сульфид свинца до сульфата свинца.



3. 3,4-диметилгекс-3-ен



4. 5-метилгекса-1,4-диен

Цинк с уксусной кислотой при взаимодействии выделяют водород, который в момент образования является атомарным и нейтрализует избыток озона, что не позволяет окисляться альдегидам до карбоновых кислот или CO_2 .

Разбалловка

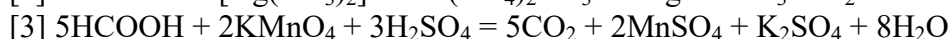
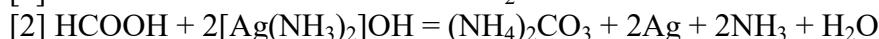
№	Элемент ответа	Баллы
1.	Написание реакций 1 – 4	4×1 = 4 б.
2.	Формула и название соединения А	2×1 = 2 б.
3.	Формулы и названия соединений В-С	4×0,5 б = 2 б.
4.	Объяснение роли цинка в уксусной кислоте	2 б.
	Итого	10 баллов

Задача №11-4

1. Муравьиная кислота HCOOH , содержащаяся в фармацевтическом препарате, окисляется перманганатом калия в кислой среде до углекислого газа, а ее ближайшим гомологом является уксусная кислота CH_3COOH , которая может получиться при окислении этанола $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ либо уксусного альдегида CH_3CHO . Но альдегид является легкокипящей жидкостью (т. кип. 20°C), и по этой причине вряд ли мог входить в состав препарата. Исходя из названия препарата, можно сделать вывод, что веществом **X** является этиловый спирт, который часто используется для приготовления растворов в фармации в качестве растворителя.

Таким образом, **X** – $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ – этанол (этиловый спирт)

2. Уравнения реакций:



3. Осадок **Y** – это металлическое серебро. Рассчитаем его массу.

Масса порции «муравьиного спирта», взятой для анализа:

$$m(\text{порции}) = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ г}$$

$$n(\text{NaOH}) = 0,1 \cdot 0,02435 = 0,002435 \text{ моль}$$

$$\text{По уравнению реакции } 1n(\text{HCOOH}) = n(\text{NaOH}) = 0,002435 \text{ моль}$$

$$\text{По уравнению реакции } 2n(\text{Ag}) = 2n(\text{HCOOH}) = 0,00487 \text{ моль}$$

$$m(\text{Ag}) = 108 \cdot 0,00487 = \mathbf{0,526 \text{ г}}$$

4. С учетом данных предыдущего пункта рассчитаем содержание муравьиной кислоты в препарате:

$$m(\text{HCOOH}) = 0,002435 \cdot 46 = 0,112 \text{ г}$$

$$\omega(\text{HCOOH}) = 0,112 / 8 = \mathbf{0,014 (1,4\%)}$$

Содержание этанола в препарате можно рассчитать по уравнению реакции 4

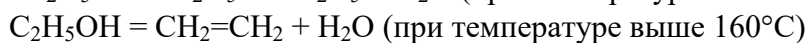
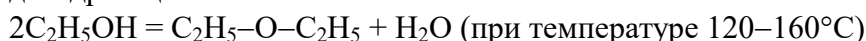
$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 7,2 / 60 = 0,12 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,12 \cdot 46 = 5,52 \text{ г}$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 5,52 / 8 = \mathbf{0,69 (69\%)}$$

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 1.4 - 69 = 29.6\%$$

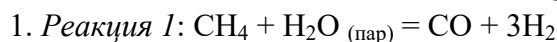
5. При нагревании этанола в присутствии концентрированной серной кислоты в зависимости от температуры могут протекать процессы межмолекулярной и внутримолекулярной дегидратации:



Разбалловка

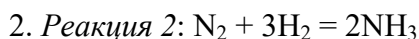
№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формула X Название X	1,5 б. 1 б.
2	Уравнения реакций	4×1 = 4 б.
3.	Масса осадка Y	1 б.
4.	Массовые доли веществ	3×0,5=1,5 б.
5.	Уравнения реакций	2×0,5 = 1 б.
	ИТОГО	10 б

Задача № 11-5



По следствию из закона Гесса

$$Q_r = Q_f(\text{CO}) + 3Q_f(\text{H}_2) - Q_f(\text{CH}_4) - Q_f(\text{H}_2\text{O}) = 110.5 + 3 \cdot 0 - 74.8 - 241.8 = -206.1 \text{ кДж/моль}$$

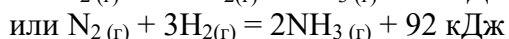
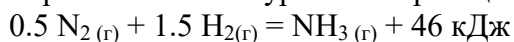


Рассчитаем тепловой эффект реакции 2 на 1 моль аммиака

$$n(\text{NH}_3) = 1000 / 17 = 58.82 \text{ моль}$$

$$Q = 2706 / 58.82 = 46 \text{ кДж/моль}$$

Термохимическое уравнение реакции:



3. Из стехиометрии реакции 2 видим, что водород взят в избытке, поэтому расчет теоретического выхода аммиака будем вести по азоту.

$$C(\text{NH}_3)_{\text{теор.}} = 2C(\text{N}_2) = 1 \text{ моль/л}$$

$$\eta(\text{NH}_3) = C(\text{NH}_3)_{\text{прак.}} / C(\text{NH}_3)_{\text{теор.}} = 0.15 / 1 = 0.15 \text{ (15\%)}$$

Для достижения равновесной концентрации $[\text{NH}_3] = 0.15 \text{ моль/л}$ должны израсходоваться:

$$C(\text{N}_2) = 0.5C(\text{NH}_3) = 0.075 \text{ моль/л}$$

$$C(\text{H}_2) = 1.5C(\text{NH}_3) = 0.225 \text{ моль/л}$$

Тогда равновесные концентрации исходных веществ:

$$[\text{N}_2] = 0.5 - 0.075 = 0.425 \text{ моль/л}$$

$$[\text{H}_2] = 2 - 0.225 = 1.775 \text{ моль/л}$$

Запишем выражение для константы равновесия реакции 2 и рассчитаем ее:

$$K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} = \frac{0.15^2}{0.425 \cdot 1.775^3} = 0.0095$$

4. а) Синтез аммиака осуществляется в газовой фазе, причем из 4 моль исходных веществ образуется 2 моль продукта. В соответствии с принципом Ле Шателье при повышении давления равновесие смещается в сторону уменьшения количества газообразных веществ, т.е. в нашем случае вправо, следовательно, повышение давления приведет к **увеличению** выхода аммиака.

б) В соответствии с принципом Ле Шателье повышение температуры смещает равновесие в сторону эндотермической реакции. Синтез аммиака – экзотермическая реакция, поэтому равновесие будет смещаться влево, что приведет к **уменьшению** выхода аммиака.

в) Катализатор оказывает влияние только на скорость реакции, следовательно, и на время достижения равновесия, но не оказывает влияние на его смещение. Поэтому при увеличении количества катализатора выход аммиака **не изменится**.

5. В соответствии с правилом Вант-Гоффа при повышении температуры на каждые 10° скорость реакции возрастает в 2-4 раза. Для реакции синтеза аммиака температурный коэффициент Вант-Гоффа $\gamma = 3$, следовательно, при повышении температуры на 50° скорость реакции увеличится в $3^5 = 243$ раза.

В данном случае возникает противоречие между термодинамическим и кинетическим аспектами процесса синтеза аммиака – с ростом температуры увеличивается скорость процесса, но при этом равновесие смещается влево, что **снижает выход аммиака**. Поэтому в реальном процессе поддерживают оптимальную температуру 450°C .

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Уравнение реакции	1 б.
	Тепловой эффект	1 б.
2.	Тепловой эффект	1 б.
	Термохимическое уравнение	1 б.
3.	Выход аммиака	1 б.
	Равновесные концентрации азота и водорода	$2 \times 0,5 = 1$ б.
	Константа равновесия	1 б.
4.	Анализ изменения выхода (аргументированный!)	$3 \times 0,5 = 1,5$ б.
5.	Расчет увеличения скорости	1 б.
	Объяснение про реальный процесс	0,5 б.
	Итого	10 баллов

2.2. Критерии оценивания заданий Теоретического тура

2.2.1. Задания 7-8 класса

Задача №8-1

1. Кислота **К**, содержащая 31.6327% по массе фосфор – ортофосфорная. Количество кислоты: $(160 \cdot 0.06125) / 98 = 0.1$ моль. Итак, **К** – H_3PO_4 .

2. Поскольку после смешения растворов ортофосфорной кислоты и соли **С** образуется раствор соли **Д**, то логично предположить, что соль **С** – одна из солей ортофосфорной кислоты. Из возможных вариантов (Na_2HPO_4 и Na_3PO_4) подходит гидрофосфат натрия - Na_2HPO_4 ($\omega_{\text{Na}} = 32.3944\%$). Количество соли: $(125 \cdot 0.1136) / 141 = 0.1$ моль. Итак, **С** – Na_2HPO_4 .

3. Между кислотой и солью в растворе протекает реакция:



Поскольку вещества взяты в эквимольных количествах, то количество образовавшегося дигидрофосфата натрия (NaH_2PO_4) (вещество **Д**) равно 0.2 моль. Массовая доля полученной соли в растворе: $120 \cdot 0.2 \cdot 100\% / (160 + 125) = 8.421\%$.

Ответ: К - H_3PO_4 ; С - Na_2HPO_4 ; Д - NaH_2PO_4 ; $\omega(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 8.421\%$.

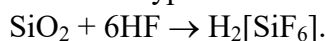
Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Соединения К , С и Д	$2 \times 3 = 6$ б.
2.	Уравнение реакции	2 б.
3.	Расчёт массовой доли соли в конечном растворе	2 б.
	Итого	10 баллов

Задача №8-2

1. Определим фторид **B2**, имеющего состав ЭF_n . Молекулярная масса ЭF_n равна:
 $M(\text{ЭF}_n) = A(\text{F}) \cdot n \cdot 100\% / \omega(\text{F}) = 19 \cdot n \cdot 100\% / 48.718 = 39 \cdot n$
 при $n=1$ получаем $M(\text{ЭF}_n)=39$ г/моль, $A(\text{Э})=20$ г/моль – не подходит;
 при $n=2$ получаем $M(\text{ЭF}_n)=78$ г/моль, $A(\text{Э})=40$ г/моль – соответствует Ca.
 Итак, **B2** – фторид кальция (CaF_2); следовательно, **B1** – оксид кальция (CaO). Числа молей CaO и CaF_2 равны и составляют $28.792/78=0.369$ моль.

2. Судя по описанию (растворяется в плавиковой кислоте и является одним из самых распространённых соединений в земной коре), оксидом **C1** скорее всего является оксид кремния (SiO_2). Реакция SiO_2 с избытком плавиковой кислоты протекает по уравнению:



В $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ массовая доля водорода равна 1.3889%. Таким образом, подтверждается вывод о том, что **C1** это SiO_2 , а соединение **C2** - $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$. Число молей SiO_2 равно $66.6/60=1.11$ моль.

3. *Аптека́рская бу́ра* – одно из самых распространённых соединений бора $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ($\omega_{\text{O}}=71.2\%$). Следовательно, третьим оксидом (**A1**) в составе "... стекла" является оксид бора (B_2O_3). Определим соединение **A2**, имеющего в своём составе m атомов H. Молекулярная масса **A2** равна:

$$M(\text{A2}) = A(\text{H}) \cdot m \cdot 100\% / \omega(\text{H}) = 1 \cdot m \cdot 100\% / 1.1364 = 88 \cdot m.$$

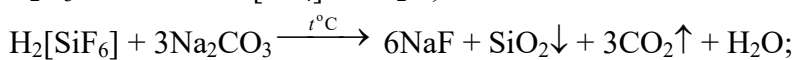
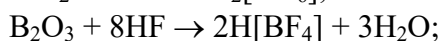
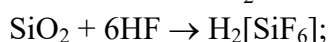
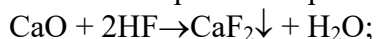
при $m=1$ получаем $M(\text{A2})=88$ г/моль, $M(\text{A2}) - A(\text{H}) - A(\text{B}) = 76$ г/моль, что соответствует массе четырёх атомов F; следовательно **A2** - $\text{H}[\text{BF}_4]$.

Число молей B_2O_3 в 100 г "... стекла" равно $(100 - 66.6 - 0.369 \cdot 56)/70=0.182$ моль.

"... стекло" называется боросиликатное; его состав:

$$v(\text{B}_2\text{O}_3) : v(\text{CaO}) : v(\text{SiO}_2) = 0.182 : 0.369 : 1.11 = 1 : 2 : 6$$

4. Уравнения реакций:



Ответ: боросиликатное стекло – $\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$; **A1** – B_2O_3 ; **B1** - CaO ; **C1** – SiO_2 ; **A2** – $\text{H}[\text{BF}_4]$; **B2** – CaF_2 ; **C2** – $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$; **A3** - $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Соединения A1 , B1 , C1 , A2 , A3 , B2 и C2	$1 \times 7 = 76.$
2	Уравнения реакций	$0.5 \times 5 = 2.56..$
3.	Состав и название боросиликатного стекла	0.5 б.
	Итого	10 баллов

Задача №8-3

1. Определить элемент **X** можно разными способами. Один из них – с помощью вещества **З**. Соединение **З** – бинарное. Из уравнения реакции следует, что это хлорид ($\omega_{\text{Cl}}=83.53\%$).

Представим **З** как XCln , тогда молекулярная масса **З** равна:

$$M(\text{З}) = A(\text{Cl}) \cdot n \cdot 100\% / \omega(\text{Cl}) = 35.5 \cdot n \cdot 100\% / 83.53 = 42.5 \cdot n.$$

при $n=1$ получаем $M(\text{З})=42.5$ г/моль, $A(\text{X})=7$ г/моль – соответствует литию (Li);

при $n=2$ получаем $M(\text{З})=78$ г/моль, $A(\text{X})=14$ г/моль – соответствует азоту (N);

при $n=3$ получаем $M(\text{З})=127.5$ г/моль, $A(\text{X})=21$ г/моль – не подходит;

при $n=4$ получаем $M(\text{З})=170$ г/моль, $A(\text{X})=28$ г/моль – соответствует кремнию (Si).

Из трёх элементов (Li, N и Si) условию задачи удовлетворяет Si, т.к. хлорид азота (II) не известен, а Li не вступает в реакцию с Na (см. реакцию 14). Итак, **X** – кремний (Si), а **З** – хлорид кремния (IV) (SiCl₄).

2. По массовой доле кремния в бинарных соединениях **A, B, Г, Д, Е, Ж, З, И, К, Л, М, О** и участникам соответствующих реакций найдём состав перечисленных соединений. Результаты приведены в таблице (заметим, что при определении соединений **Л** и **О** учтено, что их молекулярные массы отличаются от массы соединения **Д** на величину, кратную 30 г/моль):

вещество	$\omega_{\text{Si}}, \%$	вещество	$\omega_{\text{Si}}, \%$
A	SiO	З	SiCl ₄
B	SiO ₂	И	Si ₃ N ₄
Г	Mg ₂ Si	К	Si ₃ Cl ₈
Д	SiH ₄	Л	Si ₃ H ₈
Е	SiC	М	Na ₄ Si ₄
Ж	SiF ₄	О	Si ₂ H ₆

3. Вещество **Б** - H₂[SiF₆], что следует из описания этого соединения и условий реакции 2.

4. По молекулярной массе **Н** (66.5 г/моль) и условий реакции 15 следует, что **Н** - SiH₃Cl.

5. Уравнения реакций:

- 1) $\text{Si} + \text{SiO}_2 \xrightarrow{1100-1400^\circ\text{C}} 2\text{SiO}$;
- 2) $4\text{SiO} + \text{AgClO}_4 + 24\text{HF}_{\text{изб.}} \rightarrow 4\text{H}_2[\text{SiF}_6] + \text{AgCl}\downarrow + 8\text{H}_2\text{O}$;
- 3) $\text{H}_2[\text{SiF}_6] + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} 6\text{NaF} + \text{SiO}_2\downarrow + 3\text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$;
- 4) $\text{SiO}_2 + 2\text{Mg} \xrightarrow{700-900^\circ\text{C}} \text{Si} + 2\text{MgO}$;
- 5) $\text{SiO}_2 + 4\text{Mg}_{\text{изб.}} \xrightarrow{700-900^\circ\text{C}} \text{Mg}_2\text{Si} + 2\text{MgO}$;
- 6) $\text{Mg}_2\text{Si} + 4\text{HCl}_{\text{p-p}} \rightarrow \text{SiH}_4\uparrow + 2\text{MgCl}_2$;
- 7) $\text{SiH}_4 \xrightarrow{>400^\circ\text{C}} \text{Si} + 2\text{H}_2$;
- 8) $\text{Si} + \text{C} \xrightarrow{1200-1300^\circ\text{C}} \text{SiC}$;
- 9) $\text{SiC} + 4\text{F}_2 \rightarrow \text{SiF}_4\uparrow + \text{CF}_4\uparrow$;
- 10) $\text{Si} + 2\text{Cl}_2 \xrightarrow{340-420^\circ\text{C}} \text{SiCl}_4$;
- 11) $3\text{SiCl}_4 + 4\text{NH}_3 \xrightarrow{400^\circ\text{C, аргон}} \text{Si}_3\text{N}_4 + 12\text{HCl}$;
- 12) $\text{Si} + 2\text{SiCl}_4 \xrightarrow{\text{разряд}} \text{Si}_3\text{Cl}_8$;
- 13) $\text{Si}_3\text{Cl}_8 + 2\text{LiAlH}_4 \rightarrow \text{Si}_3\text{H}_8\uparrow + 2\text{LiCl} + 2\text{AlCl}_3$;
- 14) $4\text{Si} + 4\text{Na} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{Na}_4\text{Si}_4$;
- 15) $\text{SiH}_4 + 2\text{AgCl} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{SiH}_3\text{Cl} + 2\text{Ag} + \text{HCl}$;
- 16) $\text{SiH}_3\text{Cl} + 2\text{Na} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{Si}_2\text{H}_6 + 2\text{NaCl}$.

Ответ: **A** – SiO; **Б** - H₂[SiF₆]; **В** - SiO₂; **Г** – Mg₂Si; **Д** – SiH₄; **Е** – SiC; **Ж** – SiF₄; **З** - SiCl₄; **И** - Si₃N₄; **К** - Si₃Cl₈; **Л** - Si₃H₈; **М** - Na₄Si₄; **Н** - SiH₃Cl; **О** - Si₂H₆.

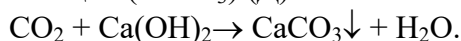
Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Определение элемента X	1 б.
2.	Соединения A-О (кроме Б и Н)	0.25×12 = 3 б.
3.	Соединения Б и Н	1×2 = 2 б.

4.	Уравнения реакций 1-16	0.25×16 = 4 б.
	Итого	10 баллов

Задача № 8-4

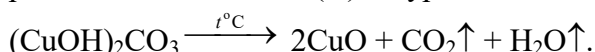
1. При термическом разложении карбонатов всегда выделяется углекислый газ (CO_2), который при взаимодействии с известковой водой ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) (**Г**) образует осадок карбоната кальция (CaCO_3) (**Д**):



По массе образовавшегося CaCO_3 определим число молей и массу CO_2 :

$$\nu(\text{CaCO}_3) = \nu(\text{CO}_2) = 20/100 = 0.2 \text{ моль}; m(\text{CO}_2) = 0.2 \cdot 44 = 8.8 \text{ г}.$$

Потеря массы при прокаливании смеси карбонатных минералов составила $50.5 \cdot 0.2099 = 10.6$ г, что, очевидно, больше массы выделившегося CO_2 . Логично предположить, что разница масс $10.6 - 8.8 = 1.8$ г соответствует массе воды, которая также выделяется при термическом разложении малахита (**А**) по уравнению:



По уравнению реакции видно, что $\nu(\text{H}_2\text{O}) = \nu((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 1.8/18 = 0.1$ моль; $m((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 0.1 \cdot 222 = 22.2$ г.

2. Белый осадок вещества **Е** вероятно труднорастворимый сульфит неизвестного металла. Определим молекулярную массу **Е**:

$$M(\mathbf{E}) = A(\text{S}) \cdot n \cdot 100\% / \omega(\text{S}) = 32 \cdot n \cdot 100\% / 14.7465 = 217 \cdot n,$$

(где n – число атомов серы (SO_3^{2-} -остатков) в сульфите **Е** ($\text{Me}_m(\text{SO}_3)_n$);

при $n=1$ получаем $M(\mathbf{E})=217$ г/моль, $m \cdot A(\text{Me})=M(\mathbf{E}) - M(\text{SO}_3^{2-}) = 217 - 80 = 137$ г/моль – соответствует барию (**В**). Таким образом, одним из минералов может быть BaCO_3 (отавит (**Б**) или витерит (**В**)). Число молей и масса BaCO_3 :

$$\nu(\text{BaCO}_3) = \nu(\text{BaSO}_3) = 21.7/217 = 0.1 \text{ моль}; m(\text{BaCO}_3) = 0.1 \cdot 197 = 19.7 \text{ г}.$$

3. Определим молекулярную массу оксида **И** ($\text{Me}'_n\text{O}_m$):

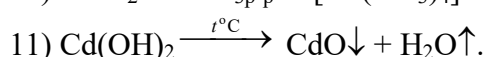
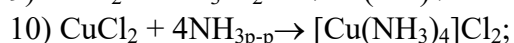
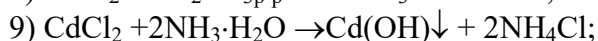
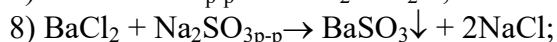
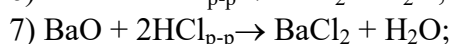
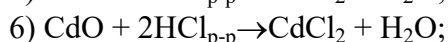
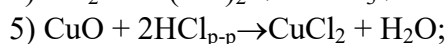
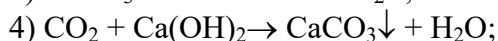
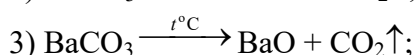
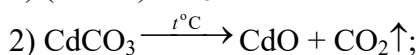
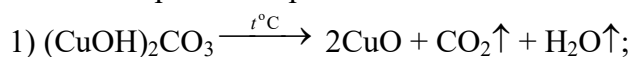
$$M(\mathbf{И}) = A(\text{O}) \cdot m \cdot 100\% / \omega(\text{O}) = 16 \cdot m \cdot 100\% / 12.5 = 128 \cdot m;$$

при $m=1$ получаем $M(\mathbf{И})=128$ г/моль, $n \cdot A(\text{Me}')=M(\mathbf{И}) - A(\text{O}) = 128 - 16 = 112$ г/моль – соответствует кадмию (**В**). Таким образом, третьим из возможных минералов (отавит (**Б**) или витерит (**В**)) может быть CdCO_3 . Число молей и масса CdCO_3 :

$$\nu(\text{CdCO}_3) = \nu(\text{CdO}) = 6.4/100 = 0.05 \text{ моль}; m(\text{CdCO}_3) = 0.05 \cdot 172 = 8.6 \text{ г}.$$

4. Сложив массу найденных карбонатов ($22.2 + 8.6 + 19.7 = 50.5$ г) убеждаемся, что никаких других компонентов в исходной смеси карбонатных минералов нет. Кроме того, по отношению масс витерита и отавита устанавливаем, что BaCO_3 – витерит, а CdCO_3 – отавит. Кроме того, яркую синюю окраску раствору придаёт соединение **З** - $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$.

5 Уравнения реакций:



Ответ: Малахит (**А**) – $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$; отавит (**Б**) – CdCO_3 ; витерит (**В**) – BaCO_3 ; Г – $\text{Ca}(\text{OH})_2$; Д – CaCO_3 ; Е – BaSO_3 ; Ж – $\text{Cd}(\text{OH})_2$; И – CdO ; З - $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$.

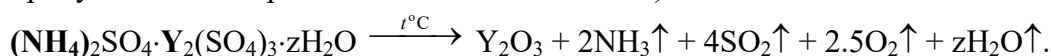
Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Соединения А-И	$0.5 \times 9 = 4.5$ б.
2	Уравнения реакций 1-11	$0.5 \times 11 = 5.5$ б.
	Итого	10 баллов

Задача №8-5

1. Выделившийся газ **Б** – аммиак, что подтверждается расчётом: $M(\text{Б}) = 0.759 \cdot 22.4 = 17$ г/моль. Следовательно, фрагмент **Х** – катион аммония (NH_4^+).

2. Из условия следует, что при прокаливании остаётся только оксид **А**, возможный состав которого Y_2O_3 . Исходя из этого запишем схему реакции разложения (все газообразные продукты можно просто обозначить как "газы"):



Очевидно, что массовая доля Y_2O_3 в $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Y}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ равна $100 - 60.5114 = 39.4886\%$. Отсюда,

$$39.4886 = (2 \cdot A(\text{Y}) + 3 \cdot 16) \cdot 100\% / (2 \cdot 18 + 4 \cdot 96 + 2 \cdot A(\text{Y}) + z \cdot 18),$$

$$39.4886 = (2 \cdot A(\text{Y}) + 3 \cdot 16) \cdot 100\% / (2 \cdot 18 + 4 \cdot 96 + 2 \cdot A(\text{Y}) + z \cdot 18),$$

$$16585.212 + 78.9772 \cdot A(\text{Y}) + 710.7948 \cdot z = 200 \cdot A(\text{Y}) + 4800,$$

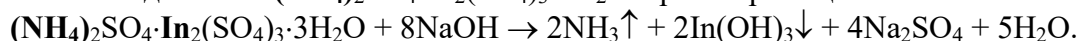
$$11785.212 = 121.0228 \cdot A(\text{Y}) - 710.7948 \cdot z;$$

при $z=1$ получаем $A(\text{Y}) = 103.3$ г/моль – не подходит;

при $z=2$ получаем $A(\text{Y}) = 109.1$ г/моль – не подходит;

при $z=3$ получаем $A(\text{Y}) = 114.9$ г/моль – подходит In (**Y**), следовательно **А** – In_2O_3 ; искомое соединение – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{In}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

3. Взаимодействие $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{In}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ с раствором щелочи описывается уравнением:



Вещество **В** – $\text{In}(\text{OH})_3$.

Ответ: $(\text{NH}_4)_2\text{In}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, **Х** – NH_4^+ ; **Y** – In; **А** – In_2O_3 ; **Б** – NH_3 ; **В** – $\text{In}(\text{OH})_3$.

Разбалловка

1	Определение Б и Х	$1.5 \times 2 = 3$ б.
2	Определение Y	4б.
3	Определение А и В	$1.5 \times 2 = 3$ б.
	Итого:	10 б

2.2.2. Задания 9 класса

Задача №9-1

1. Так как вещество **А** окрашивает пламя спиртовки в желто-оранжевый цвет, то речь идет о соли натрия. Изменение окраски с желтой на оранжевую свидетельствует о том, что мы имеем дело с хроматом натрия Na_2CrO_4 , который хорошо растворим в воде и при подкислении превращается в оранжевый дихромат.

Газом **Х** с резким запахом может быть сернистый газ SO_2 – он обладает выраженными восстановительными свойствами, поэтому восстанавливает оранжевый дихромат до соли хрома (III) зеленого цвета. Тогда желтый порошок **Б**, нерастворимый в воде – это сера S, при сжигании которой и образуется сернистый газ.

Желтый осадок Г– это какой-то хромат; из таблицы растворимости можно заметить, что нерастворимые хроматы образуют, как правило, металлы в степени окисления +2, тогда формула искомого хромата $M\text{CrO}_4$. Составим уравнение:

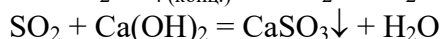
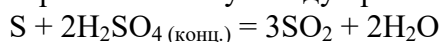
$\omega(M) = x / (x + 116) = 0.6409$, откуда $x = 207$, что соответствует свинцу.

Следовательно, Г– хромат свинца, а В– вероятнее всего, галогенид свинца, так как именно галогениды свинца плохо растворимы в холодной воде, но растворяются при нагревании. Из них только иодид свинца имеет желтую окраску и используется для демонстрации «золотого дождя», значит, В– иодид свинца PbI_2 .

Таким образом,

А – Na_2CrO_4 **Б** – S **В** – PbI_2 **Г** – PbCrO_4

2. Ранее мы предположили, что газ Х– это сернистый газ SO_2 . Подтвердим это расчетом. При окислении серы концентрированной серной кислотой и пропускании выделяющегося газа через известковую воду протекают реакции:



Из уравнений следует, что

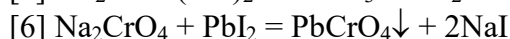
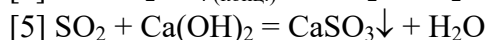
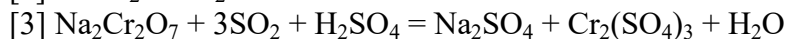
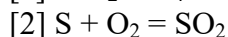
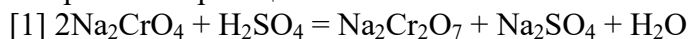
$$n(\text{SO}_2) = 3n(\text{S}) = 3 \cdot 1.6 / 32 = 0.15 \text{ моль}$$

$$n(\text{CaSO}_3) = n(\text{SO}_2) = 0.15 \text{ моль}$$

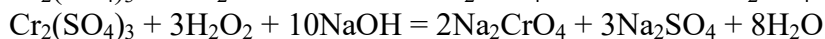
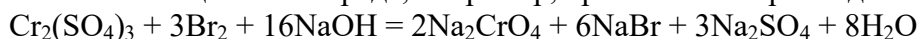
$$m(\text{CaSO}_3) = 0.15 \cdot 120 = 18 \text{ г} - \text{согласуется с условием}$$

Таким образом, Х– SO_2

3. Уравнения реакций:



4. Чтобы превратить зеленую соль хрома (III) в желтый хромат, следует провести ее окисление в щелочной среде, например, бромом или пероксидом водорода:



Примечание: в качестве верной реакции следует засчитывать реакцию с любым подходящим окислителем в щелочной среде

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ	$4 \times 1 = 4 \text{ б}$
2	Газ Х	1 б
3.	Уравнения реакций	$6 \times 0,5 = 3 \text{ б}$
4	Способ превращения раствора 3 в раствор 1	2 б
	Итого	10 баллов

Задача №9-2

1. Определим фторид **В2**, имеющего состав ЭF_n . Молекулярная масса ЭF_n равна:

$$M(\text{ЭF}_n) = A(\text{F}) \cdot n \cdot 100\% / \omega(\text{F}) = 19 \cdot n \cdot 100\% / 48.718 = 39 \cdot n$$

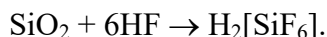
при $n=1$ получаем $M(\text{ЭF}_n)=39 \text{ г/моль}$, $A(\text{Э})=20 \text{ г/моль}$ – не подходит;

при $n=2$ получаем $M(\text{ЭF}_n)=78 \text{ г/моль}$, $A(\text{Э})=40 \text{ г/моль}$ – соответствует Са.

Итак, **В2** – фторид кальция (CaF_2); следовательно, **В1** – оксид кальция (CaO). Числа молей CaO и CaF_2 равны составляют $28.792/78=0.369 \text{ моль}$.

2. Судя по описанию (растворяется в плавиковой кислоте и является одним из самых распространенных соединений в земной коре), оксидом **С1** скорее всего является

оксид кремния (SiO_2). Реакция SiO_2 с избытком плавиковой кислоты протекает по уравнению:



В $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ массовая доля водорода равна 1.3889%. Таким образом, подтверждается вывод о том, что **C1** это SiO_2 , а соединение **C2** - $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$. Число молей SiO_2 равно $66.6/60=1.11$ моль.

3. *Аптекарская бура* – одно из самых распространённых соединений бора $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ($\omega_{\text{O}}=71.2\%$). Следовательно, третьим оксидом (**A1**) в составе "... стекла" является оксид бора (B_2O_3). Определим соединение **A2**, имеющего в своём составе m атомов H. Молекулярная масса **A2** равна:

$$M(\text{A2}) = A(\text{H}) \cdot m \cdot 100\% / \omega(\text{H}) = 1 \cdot m \cdot 100\% / 1.1364 = 88 \cdot m.$$

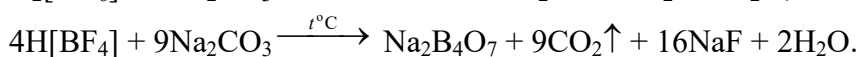
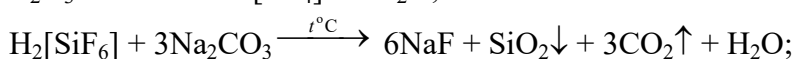
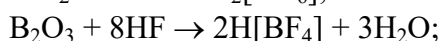
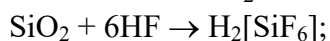
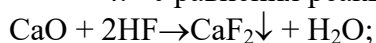
при $m=1$ получаем $M(\text{A2})=88$ г/моль, $M(\text{A2}) - A(\text{H}) - A(\text{B}) = 76$ г/моль, что соответствует массе четырёх атомов F; следовательно **A2** - $\text{H}[\text{BF}_4]$.

Число молей B_2O_3 в 100 г "... стекла" равно $(100 - 66.6 - 0.369 \cdot 56)/70=0.182$ моль.

"... стекло" называется боросиликатное; его состав:

$$v(\text{B}_2\text{O}_3) : v(\text{CaO}) : v(\text{SiO}_2) = 0.182 : 0.369 : 1.11 = 1 : 2 : 6$$

4. Уравнения реакций:



Ответ: боросиликатное стекло – $\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$; **A1** – B_2O_3 ; **B1** – CaO ; **C1** – SiO_2 ; **A2** – $\text{H}[\text{BF}_4]$; **B2** – CaF_2 ; **C2** – $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$; **A3** – $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Соединения A1 , B1 , C1 , A2 , A3 , B2 и C2	$1 \times 7 = 76$.
2	Уравнения реакций	$0.5 \times 5 = 2.56$.
3.	Состав и название боросиликатного стекла	0.5 б.
	Итого	10 баллов

Задача №9-3

1. Расчет молярной массы газов Д и Е:

$$M = \rho \times V_M = 1.518 \times 22.4 = 34 \text{ г/моль}$$

Такую молярную массу имеют сероводород (H_2S) и фосфин (PH_3), следовательно, исходные простые вещества – сера и фосфор. Поскольку эти элементы образуют несколько аллотропных модификаций, в данном случае необходимо определить, какие из них были взяты. Приведенному описанию соответствуют ромбическая (или моноклинная) сера S_8 и белый фосфор P_4 , что подтверждается расчетом соотношения молярных масс:

$$M(\text{S}_8) : M(\text{P}_4) = 256 : 124 = 2.0645 : 1$$

Итак, **A** – S_8

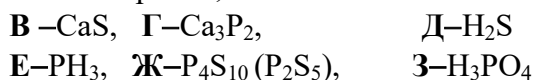
Модификация - **ромбическая (или моноклинная) сера**

Б – P_4

Модификация – **белый фосфор**

2. При сплавлении кальция с серой образуется сульфид кальция CaS , а при сплавлении с фосфором – фосфид кальция Ca_3P_2 , образующие при кислотном гидролизе сероводород (H_2S) и фосфин (PH_3) соответственно. При сплавлении серы с фосфором могут образоваться различные соединения общей формулой P_4S_x . По условию задачи, соединение Ж содержит 72.07% серы по массе, то $\omega(\text{P}) = 100 - 72.07 = 27.93\%$. $M(\text{P}_4\text{S}_x) = 31 \times 4 / 0.2793 = 444$ г/моль, откуда $x = (444 - 31 \times 4) / 32 = 10$, т.е. формула Ж - P_4S_{10} (засчитывается также формула P_2S_5). Гидролиз P_4S_{10} идет без изменения степени окисления фосфора (+5), поэтому кислота 3-ортофосфорная.

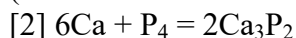
Таким образом,



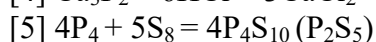
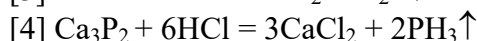
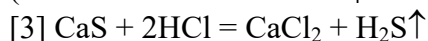
3. Уравнения реакций:



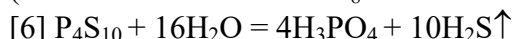
(за написание S вместо S₈ балл не снижается)



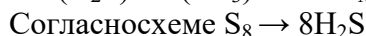
(за написание P вместо P₄ балл не снижается)



(за написание S вместо S₈ и P вместо P₄ балл не снижается)

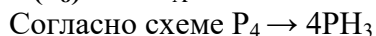


4. $n(\text{H}_2\text{S}) = n(\text{PH}_3) = V / V_M = 56 / 22.4 = 2.5$ моль



$n(\text{S}_8) = 1/8 n(\text{H}_2\text{S}) = 0.3125$ моль

$N(\text{S}_8) = n \times N_A = 0.3125 \times 6.02 \cdot 10^{23} = 1.88 \cdot 10^{23}$ молекул



$n(\text{P}_4) = 1/4 n(\text{PH}_3) = 0.625$ моль

$N(\text{P}_4) = n \times N_A = 0.625 \times 6.02 \cdot 10^{23} = 3.76 \cdot 10^{23}$ молекул

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ А и Б	2×1 = 2 б
	Названия аллотропных модификаций	2×0,5 = 1 б
2	Формулы веществ В–З	6×0,5 = 3 б
3.	Уравнения реакций	6×0,5 = 3 б
4.	Количества молекул А и Б	2×0,5 = 1 б
	Итого	10 баллов

Задача № 9-4

1. Установим формулу оксида Е:

Если обозначить формулу как MO_x, то

$M(\text{MO}_x) = 16x / 0.2 = 80x$ (г/моль)

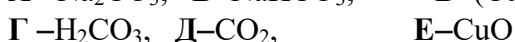
При $x = 1$, $M(\text{MO}_x) = 80$ г/моль, $M(\text{M}) = 80 - 16 = 64$ г/моль, что соответствует меди, то есть оксид Е – CuO (других вариантов нет).

По условию, газ Д вызывает помутнение известковой воды, что характерно для углекислого и сернистого газов. Предположим, что Д – углекислый газ, значит, соль В содержит медь, углерод, водород и, возможно кислород. Такой солью может быть малахит (CuOH)₂CO₃, проверим это расчетом массовой доли кислорода:

$\omega(\text{O}) = 16 \times 5 / 222 = 0.36036$ (36.036%), что соответствует условию.

Следовательно, соли А и Б тоже являются карбонатами (соли неустойчивой угольной кислоты Г), причем в их состав входит натрий, так как именно соли натрия окрашивают пламя спиртовки в желто-оранжевый цвет. Средний карбонат натрия термически устойчив, а гидрокарбонат разлагается при нагревании, то есть А – Na₂CO₃, Б – NaHCO₃.

Таким образом,

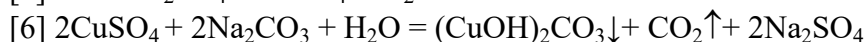
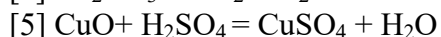
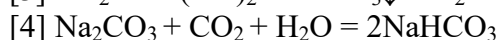
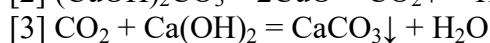


2. **А** –Na₂CO₃ – карбонат натрия – кальцинированная (стиральная) сода

Б–NaHCO₃ – гидрокарбонат натрия – питьевая (пищевая) сода

B–(CuOH)₂CO₃ – гидроксокарбонат меди – малахит

3. Уравнения реакций:



4. В 50 г раствора с массовой долей карбоната натрия 10.6%:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 50 \times 0.106 = 5.3 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) \times M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) / M(\text{Na}_2\text{CO}_3) =$$

$$5.3 \times 286 / 106 = 14.3 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 50 - 14.3 = 35.7 \text{ г}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = m/\rho = 35.7 / 1 = 35.7 \text{ мл}$$

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ	6×0,5 = 3 б
2	Названия	6×0,5 = 3 б
3.	Уравнения реакций	6×0,5 = 3 б
4.	Масса кристаллогидрата	0,5 б
	Объем воды	0,5 б
	Итого	10 баллов

Задача №9-5

1. Запишем схемы реакций четырех различных металлов (**A**, **B**, **B** и **Г**) с кислородом (стехиометрия соединений определяется указанными в условии задачи валентностями элементов). Очевидно, что белый порошок это смесь четырёх оксидов:



2. Пусть в смеси было x моль металла **Г**, тогда число молей **B**, **B** и **A** равно $7x$, $14x$ и $56x$ молей соответственно. Обозначим атомные массы металлов как $A(\mathbf{A})$, $A(\mathbf{B})$, $A(\mathbf{B})$ и $A(\mathbf{Г})$. Тогда масса исходного "жидкого металла" может быть рассчитана следующим образом:

$$m(\mathbf{A} + \mathbf{B} + \mathbf{B} + \mathbf{Г}) = 56x \cdot A(\mathbf{A}) + 14x \cdot A(\mathbf{B}) + 7x \cdot A(\mathbf{B}) + x \cdot A(\mathbf{Г}) = 64.28 \text{ г.}$$

3. Рассуждая аналогичным образом, можем составить аналогичное выражение для массы полученных оксидов:

$$m(\mathbf{A}_2\text{O}_3 + \mathbf{B}_2\text{O}_3 + \mathbf{BO}_2 + \mathbf{ГО}) = 28x \cdot (2 \cdot A(\mathbf{A}) + 48) + 7x \cdot (2 \cdot A(\mathbf{B}) + 48) + 7x \cdot (A(\mathbf{B}) + 32) + x \cdot (A(\mathbf{Г}) + 16) = 83.48 \text{ г}$$

или

$$m(\text{O}) = 28x \cdot 48 + 7x \cdot 48 + 7x \cdot 32 + x \cdot 16 = 83.48 - 64.28 = 19.2 \text{ г.}$$

Откуда, $x = 0.01$ моль.

4. Выразим атомные массы металлов **B** и **B** через атомную массу металла **A**:

$$A(\mathbf{A}) = 1.077 \cdot A(\mathbf{Г}), \quad A(\mathbf{B}) = 1.7692 \cdot A(\mathbf{Г}), \quad A(\mathbf{B}) = 1.8308 \cdot A(\mathbf{Г}).$$

5. Решая совместно уравнения пп. 2 и 4, находим, что $A(\mathbf{Г}) = 65$ г/моль, $A(\mathbf{A}) = 70$ г/моль, $A(\mathbf{B}) = 115$ г/моль и $A(\mathbf{B}) = 119$ г/моль. Отсюда можно сделать вывод о том, что **A** – Ga (галлий), **B** – In (индий), **B** – Sn (олово), **Г** – Zn (цинк). Итак: $n(\text{Ga}) = 0.56$ моль, $n(\text{In}) = 0.14$ моль, $n(\text{Sn}) = 0.07$ моль, $n(\text{Zn}) = 0.01$ моль.

6. Массовые доли металлов в сплаве равны:

$$\omega(\text{Ga}) = (0.56 \cdot 70) \cdot 100\% / 64.28 = 60.98 \%,$$

$$\omega(\text{In}) = (0.14 \cdot 115) \cdot 100\% / 64.28 = 25.05 \%,$$

$$\omega(\text{Sn}) = (0.07 \cdot 70) \cdot 100\% / 64.28 = 12.96 \%,$$

$$\omega(\text{Zn}) = (0.01 \cdot 65) \cdot 100\% / 64.28 = 1.011 \%.$$

7. Уравнения описанных выше химических реакций, следующие:



Ответ: А – Ga; Б – In; В – Sn, Г – Zn.

Разбалловка: (10 баллов)

За определение каждого из металлов (по 1.5 балла за металл) – 6 баллов;

За определение количества (в молях) металлов в смеси (по 0.5 балла за металл) – 2 балла;

За расчёт массовой доли металлов в смеси (за каждую массовую долю по 0.5 балла) – 2 балла.

2.2.3. Задания 10 класса

Задача №10-1

1. Так как вещество А окрашивает пламя спиртовки в желто-оранжевый цвет, то речь идет о соли натрия. Изменение окраски с желтой на оранжевую свидетельствует о том, что мы имеем дело с хроматом натрия Na_2CrO_4 , который хорошо растворим в воде и при подкислении превращается в оранжевый дихромат.

Газом X с резким запахом может быть сернистый газ SO_2 – он обладает выраженными восстановительными свойствами, поэтому восстанавливает оранжевый дихромат до соли хрома (III) зеленого цвета. Тогда желтый порошок Б, нерастворимый в воде – это сера S, при сжигании которой и образуется сернистый газ.

Желтый осадок Г – это какой-то хромат; из таблицы растворимости можно заметить, что нерастворимые хроматы образуют, как правило, металлы в степени окисления +2, тогда формула искомого хромата MCrO_4 . Составим уравнение:

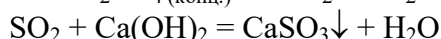
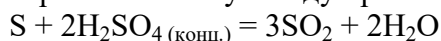
$$\omega(\text{M}) = x / (x + 116) = 0.6409, \text{ откуда } x = 207, \text{ что соответствует свинцу.}$$

Следовательно, Г – хромат свинца, а В – вероятнее всего, галогенид свинца, так как именно галогениды свинца плохо растворимы в холодной воде, но растворяются при нагревании. Из них только иодид свинца имеет желтую окраску и используется для демонстрации «золотого дождя», значит, В – иодид свинца PbI_2 .

Таким образом,



2. Ранее мы предположили, что газ X – это сернистый газ SO_2 . Подтвердим это расчетом. При окислении серы концентрированной серной кислотой и пропускании выделяющегося газа через известковую воду протекают реакции:



Из уравнений следует, что

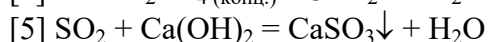
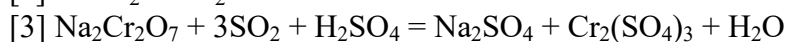
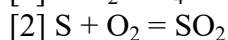
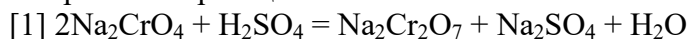
$$n(\text{SO}_2) = 3n(\text{S}) = 3 \cdot 1.6 / 32 = 0.15 \text{ моль}$$

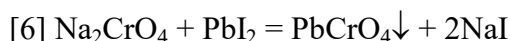
$$n(\text{CaSO}_3) = n(\text{SO}_2) = 0.15 \text{ моль}$$

$$m(\text{CaSO}_3) = 0.15 \cdot 120 = 18 \text{ г} - \text{согласуется с условием}$$

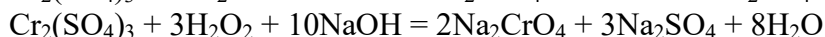
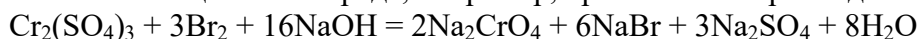
Таким образом, X – SO_2

3. Уравнения реакций:





4. Чтобы превратить зеленую соль хрома (III) в желтый хромат, следует провести ее окисление в щелочной среде, например, бромом или пероксидом водорода:



Примечание: в качестве верной реакции следует засчитывать реакцию с любым подходящим окислителем в щелочной среде

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ	4×1 = 4 б
2	Газ X	1 б
3.	Уравнения реакций	6×0,5 = 3 б
4.	Способ превращения раствора 3 в раствор 1	2 б
	Итого	10 баллов

Задача №10-2

1. $\text{A} = \text{B} + \text{C} + \text{O}_2$

Из условия задачи можно предположить, что соль **A** состоит из калия, кислорода и неизвестного металла.

Если $\omega(\text{O}) = 40,51\%$, то $\omega(\text{металлов}) = 100 - 40,51 = 59,49\%$.

Вещество **C** – это оксид неизвестного металла.

В оксиде **C** $\omega(\text{Me}) = 59,49 + 8,02 - 4,29 = 63,22\%$,

учитывая изменение массовой доли металлов, массовая доля кислорода будет равна 100- $\omega(\text{металлов})$. $\omega(\text{O}) = 36,78\%$

C - Me_xO_y

$$x : y = \frac{63,22}{A(\text{Me})} : \frac{36,78}{16} = \frac{63,22}{A(\text{Me})} : 2,299$$

$$A(\text{Me}) = \frac{63,22x}{2,299} = 27,5y$$

$y = 1$, $A(\text{Me}) = 27,5$ – Алюминий – не подходит;

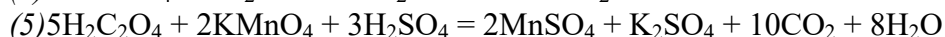
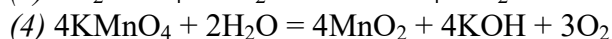
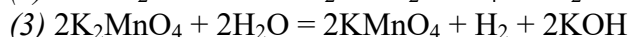
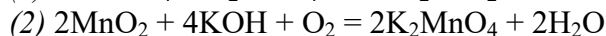
$y = 2$, $A(\text{Me}) = 55$ – Марганец – **C** – MnO_2

Соединения **A**, **B**, **C** – соединения марганца.

В соединении **A** – KMnO_4 ; $\omega(\text{металлов}) = 59,49\%$

B – K_2MnO_4 ; $\omega(\text{металлов}) = 67,51\%$ (больше **A** на 8,02 %).

2. Уравнения реакций:



$$3. n(\text{O}_2) = \frac{10}{22,4} = 0,446 \text{ моль};$$

Согласно уравнению (1), количество вещества

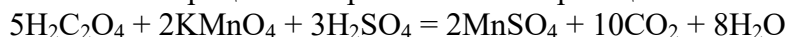
$$n(\text{KMnO}_4) = 0,446 \cdot 2 = 0,892 \text{ моль}.$$

С учетом потерь, $n(\text{KMnO}_4) = 0,892/0,9 = 0,992 \text{ моль}$;

$$m(\text{KMnO}_4) = 0,992 \cdot 158 = 156,74 \text{ г};$$

Масса чистого вещества: $m_{\text{соли}} = 156,74/0,97 = 161,6 \text{ г}$.

4. В основе процесса титрования лежит реакция:



$$n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = C \cdot V = 0,1 \cdot 0,01 = 0,001 \text{ моль};$$

$$n(\text{KMnO}_4) = 0,001 \cdot 2/5 = 0,0004 \text{ моль};$$

$$m(\text{KMnO}_4) = n \cdot M = 0,004 \cdot 158 = 0,0632 \text{ г};$$

$$C(\text{KMnO}_4) = m/V = 0,632/0,0044 = \mathbf{14,36 \text{ г/л}}.$$

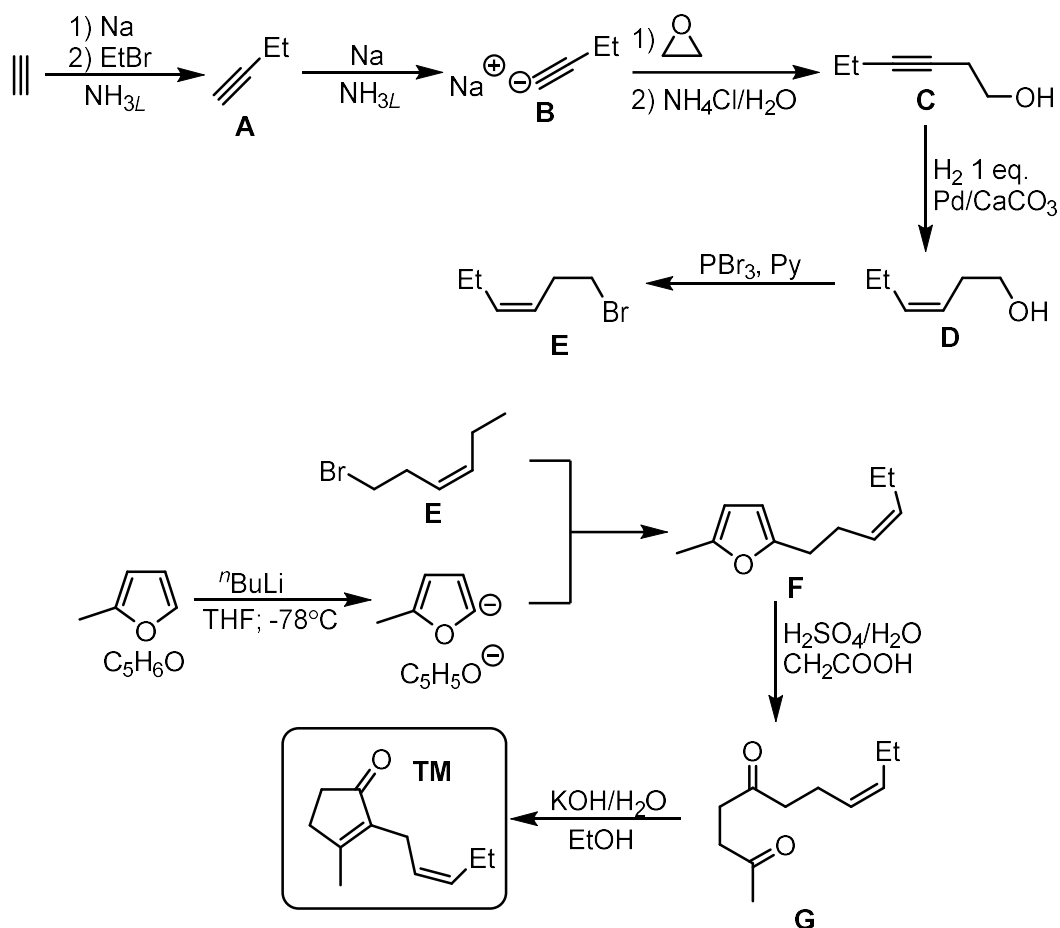
Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ A, B, C	1 × 3 = 3 б.
2	Уравнения реакции (1)-(5)	1 × 5 = 5 б.
3.	Расчет массы KMnO_4 с учетом выхода продукта	0,5 б.
	Расчет массы KMnO_4 с учетом примесей	0,5 б.
4.	Количество вещества KMnO_4	0,5 б.
	Концентрация KMnO_4	0,5 б.
	Итого	10 баллов

Задача №10-3

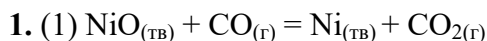
По рисунку – оксид XO_2 , $M = 264 \text{ г/моль}$, следовательно $X = \text{Th}$. (Формулу, см. 11-2)	1 балл
$\text{ThO}_2 + 4\text{HNO}_3 = \text{Th}(\text{NO}_3)_4 + 4\text{H}_2\text{O}$	1 балл
$\text{ThO}_2 + 4\text{HF} = \text{ThF}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$	1 балл
$\text{ThO}_2 + 4\text{H}_2\text{S} = \text{ThS}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	1 балл
$\text{ThO}_2 + \text{SiO}_4 = \text{ThSiO}_4$	1 балл
$\text{ThO}_2 + 4\text{KHSO}_4 = \text{Th}(\text{SO}_4)_2 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
$\text{ThO}_2 + 2\text{Cl}_2 + 2\text{CO} = 2\text{ThCl}_4 + 2\text{CO}_2$	1 балл
??? $X = {}^{233}\text{Th}$	1 балл
??? $Z = {}^{233}\text{Pa}$	1 балл
??? $W = {}^{233}\text{U}$	1 балл

Задача № 10-4



№	Элемент ответа	Баллы
1	Правильные структурные формулы соединений A, B, C , стартового углеводорода, 2-метилфурана и карбаниона	$0.6 \times 6 = 3.6$
2	Правильные структурные формулы (<i>Z</i>)-изомеров соединений D, E, F, G	$0.6 \times 4 = 2.4$
	Правильные структурные формулы (<i>E</i>)-изомеров соединений D, E, F, G	$0.3 \times 4 = 1.2$
3	Структура (<i>Z</i>)-изомера жасмона	3
	Структура (<i>E</i>)-изомера жасмона	1.5
4	Указана конфигурация изомера жасмона «(<i>Z</i>)-, допустимо <i>цис</i> -»	0.5
5	Указан способ осуществления селективного гидрирования «катализатор, допустимо – условия реакции»	0.5
	Итого	10 баллов

Задача №10-5

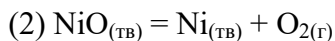


В реакции (1) участвуют 2 газа, тогда выражение для константы равновесия будет иметь вид:

$$K_1 = \frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CO}}}$$

Если парциальное давление углекислого газа равно 63,2 кПа, то парциальное давление CO будет равно: $P(\text{CO}) = 101,3 - 63,2 = 38,1$ кПа.

$$K_1 = \frac{P_{CO_2}}{P_{CO}} = \frac{63,2}{38,1} = 1,659$$



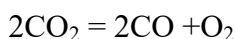
В реакции (2) участвует 1 газ, тогда выражение для константы равновесия будет иметь вид:

$$K_2 = P_{O_2} = 5 \cdot 10^{-1} \text{ кПа}$$

2. Реакцию (3) можно составить, используя реакции (1) и (2):

$$\begin{cases} (2) 2NiO = 2Ni + O_2 \\ - \\ 2 \cdot (1) 2NiO + 2CO = 2Ni + 2CO_2 \end{cases}$$

=



Для расчета константы реакции (3) можно использовать K_1 и K_2 :

$$K_3 = \frac{K_2}{K_1^2} = \frac{5 \cdot 10^{-10}}{1,659^2} = 1,82 \cdot 10^{-1} \text{ кПа}$$

3. Для решения задачи необходимо составить таблицу:

Давление, кПа	CO ₂	CO	O ₂
$t = 0 \text{ с}$	90	0	0
$t_{\text{в}}$ момент равновесия	90-3p	2p	p

$$K_3 = \frac{P_{CO}^2 \cdot P_{O_2}}{P_{CO_2}^2} = \frac{(2p)^2 \cdot p}{(90 - 3p)^2} = 1,82 \cdot 10^{-10}$$

Константа имеет очень низкое значение, значит: $p \ll 90$ кПа.

$$K_3 = \frac{4p^3}{90^2} = 1,82 \cdot 10^{-10}$$

$$p^3 = 3,69 \cdot 10^{-7} \rightarrow p = 7,17 \cdot 10^{-3} \text{ кПа.}$$

Равновесные значения составят:

$$P(CO_2) = 90 - 3 \cdot 7,17 \cdot 10^{-3} = 89,98 \text{ кПа;}$$

$$P(O_2) = 7,17 \cdot 10^{-3} \text{ кПа;}$$

$$P(CO) = 2 \cdot 7,17 \cdot 10^{-3} = 1,43 \cdot 10^{-2} \text{ кПа.}$$

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Уравнения реакции (1), (2)	0,5 × 2 = 1 б.
	Значение константы реакций (1), (2)	1 × 2 = 2 б.
2	Выражение константы реакций (3)	2 б.
	Значение константы реакций	1 б.
3.	Составление таблицы равновесного состава для реакции (3)	1 б.
	Расчет давления продуктов реакции (3)	2 б.
	Равновесный состав реакции (3)	1 б.
	Итого	10 баллов

2.2.4. Задания 11 класса

Задача №11-1

1. Из описания проведенных экспериментов нетрудно догадаться, что простое вещество красного цвета **Y** – это селен Se, а простое вещество желтого цвета **Z** – сера S. Следовательно, в состав соединения **X** входили сера и селен. При сгорании **X** получаются оксид селена (IV) – белый порошок **A** и оксид серы (IV) – бесцветный газ **B** с резким запахом.

$$n(\text{Se}) = 3.95 / 79 = 0.05 \text{ моль}$$

$$n(\text{S}) = n(\text{SO}_2) = 2.24 / 22.4 = 0.1 \text{ моль}$$

$$n(\text{Se}) : n(\text{S}) = 0.05 : 0.1 = 1 : 2$$

Таким образом, **X** – SeS_2 , **Y** – Se, **Z** – S.

2. При растворении диоксида селена в воде образуется селенистая кислота H_2SeO_3 – вещество **B**, пропускание через полученный раствор сернистого газа – стандартный способ получения селена в красной аллотропной модификации. Чтобы получить серу, сернистый газ следует пропускать через раствор вещества, содержащего серу в низшей степени окисления, следовательно, слабая бескислородная кислота **Г** – сероводородная кислота H_2S .

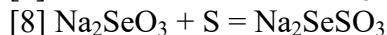
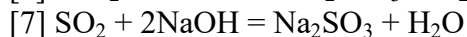
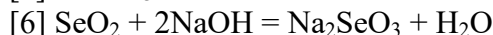
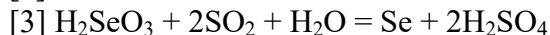
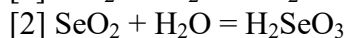
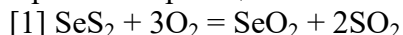
Так как диоксиды серы и селена являются типичными кислотными оксидами, они растворяются в щелочи с образованием солей **Д** – селенита натрия Na_2SeO_3 и **Е** – сульфита натрия Na_2SO_3 .

Известно, что при длительном кипячении сера растворяется в растворе сульфита натрия с образованием тиосульфата натрия. Поскольку сера и селен находятся в одной группе и проявляют схожие свойства, то в *реакциях 8 и 9* протекают аналогичные процессы с образованием солей одинакового качественного состава Na_2SeSO_3 – тиоселената натрия и селеносульфата натрия.

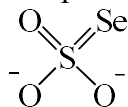
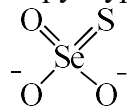
Таким образом, **A** – SeO_2 , **B** – SO_2 , **B** – H_2SeO_3 , **Г** – H_2S

Д – Na_2SeO_3 , **Е** – Na_2SO_3 , **Ж** – Na_2SeSO_3

Уравнения реакций:



Структурные формулы изомеров аниона соли **Ж**:

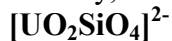


Разбалловка

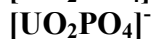
Формулы X , Y , Z	3×0,5 = 1,5 б
Формулы веществ A – Ж	7×0,5 = 3,5 б
Уравнения реакций 1–9	9×0,5 = 4,5 б
Структурные формулы изомеров аниона соли Ж	0,5 б
ИТОГО	10б.

Задача №11-2

В соответствии с рисунками, на один катион уранила приходится по одному силикат- и фосфат-иону, соответственно:



1 балл

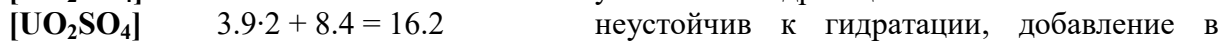


1 балл

$$\rho = \frac{1.66 \cdot M \cdot z}{V}$$

, где ρ – плотность кристаллического вещества, г/см³; M – молярная масса вещества, г/моль; Z – число формульных единиц, содержащихся в одной элементарной ячейке; V – объем элементарной ячейки, Å³. Нахождение в ячейке 4 атомов урана указывает на $Z = 4$, тогда $M \approx 366$, что соответствует $X = S$. **2 балла.**

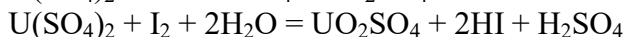
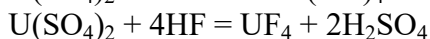
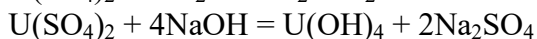
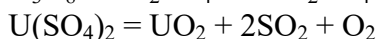
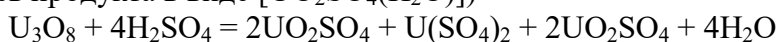
Уран в степени окисления +6 не имеет “собственных” валентных электронов, значит вклады могут давать только уранильные атомы кислорода и лиганды.



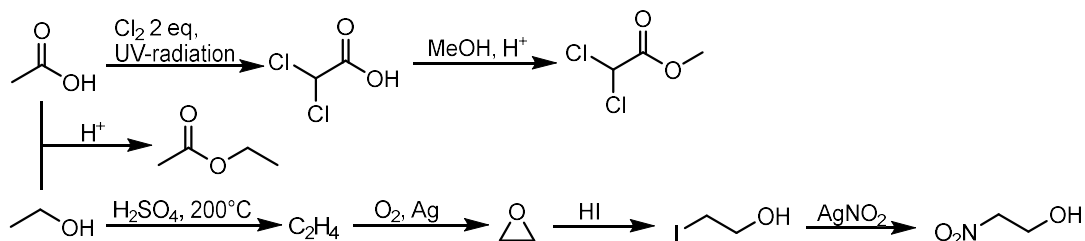
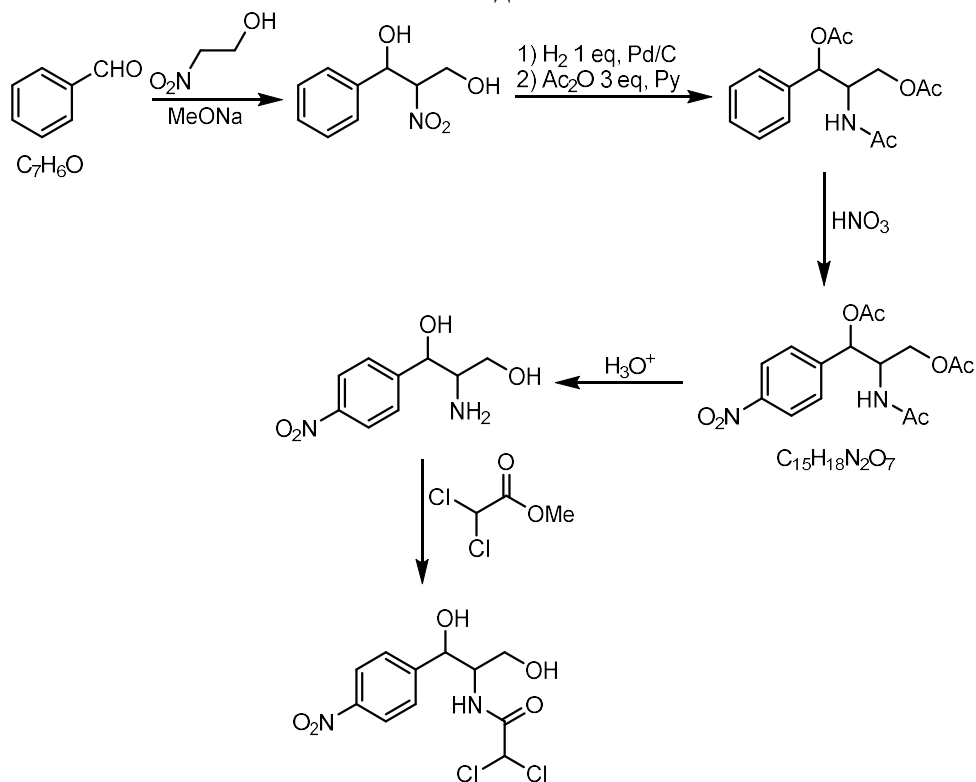
координационную сферу одной молекулы воды приведет к количеству электронов: $3.9 \cdot 2 + 8.4 + 1.9 = 18.1$, соответственно, образуется комплекс $[\text{UO}_2\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})]$ **1 балл**

Каждая реакция – по 0.5 баллов

$5\text{U}_3\text{O}_8 + 18\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KMnO}_4 = 15\text{UO}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + 18\text{H}_2\text{O}$ (допускается запись продукта в виде $[\text{UO}_2\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})]$)



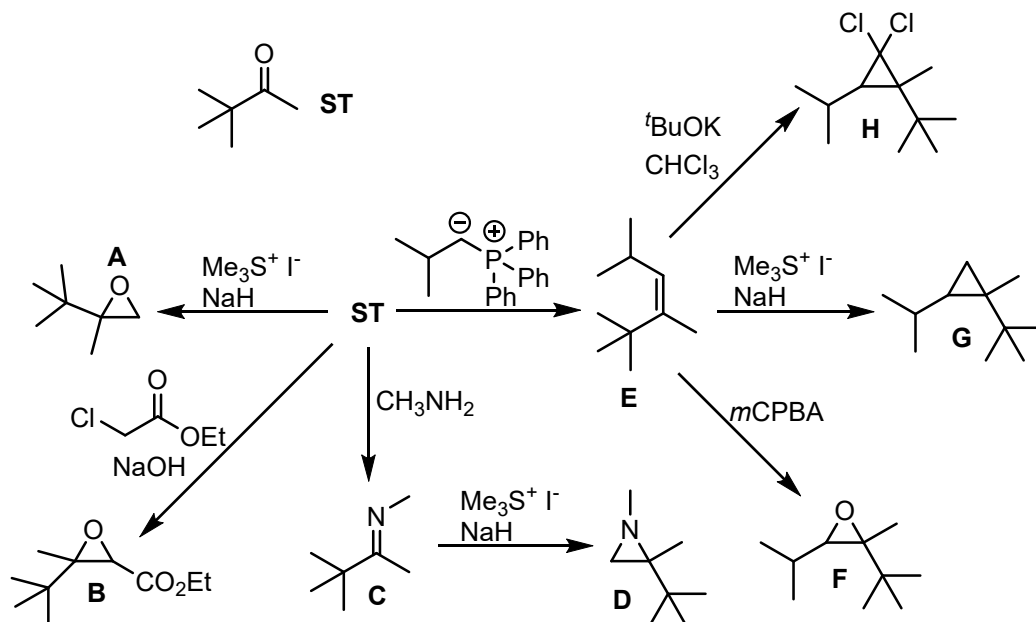
Задача № 11-3



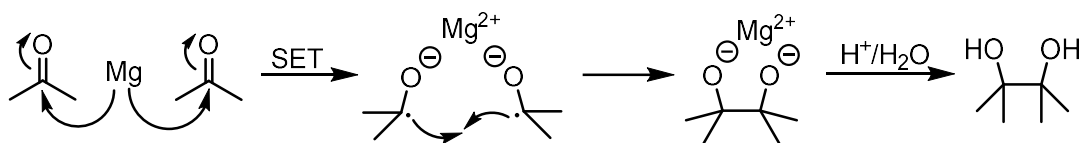
Разбалловка

1	Структуры соединений 0-4	1x5 = 5 б
2	Соединения А-Н, X, ТМ	0,5x10 = 5 б
	ИТОГО	10 б

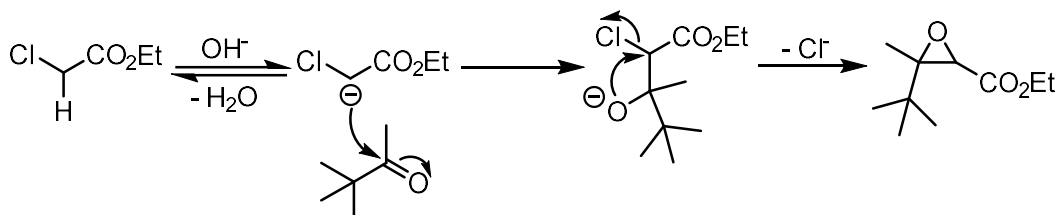
Задача №11-4



Acetone to ST:

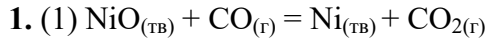


ST to B:



Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Правильные структуры веществ А - Н	1 × 8 = 8
2.	Механизм получения вещества ST	0.25
3.	Механизм перехода ST – В	0.25
4.	Указано название частицы «карбен» или «дихлоркарбен» и/или формула «:CCl ₂ »	0.25
	Указано, что частица электронейтральна	0.25
	Итого	10 баллов

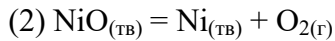
Задача №11-5

В реакции (1) участвуют 2 газа, тогда выражение для константы равновесия будет иметь вид:

$$K_1 = \frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CO}}}$$

Если парциальное давление углекислого газа равно 63,2 кПа, то парциальное давление CO будет равно: $P(\text{CO}) = 101,3 - 63,2 = 38,1$ кПа.

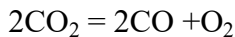
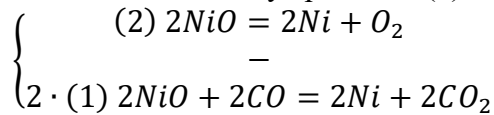
$$K_1 = \frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CO}}} = \frac{63,2}{38,1} = 1,659$$



В реакции (2) участвует 1 газ, тогда выражение для константы равновесия будет иметь вид:

$$K_2 = P_{\text{O}_2} = 5 \cdot 10^{-1} \text{ кПа}$$

2. Реакцию (3) можно составить, используя реакции (1) и (2):



Для расчета константы реакции (3) можно использовать K_1 и K_2 :

$$K_3 = \frac{K_2}{K_1^2} = \frac{5 \cdot 10^{-10}}{1,659^2} = 1,82 \cdot 10^{-10} \text{ кПа}$$

3. Для решения задачи необходимо составить таблицу:

кПа	Давление,	CO ₂	CO	O ₂
	$t = 0$ с	90	0	0
	$t_{\text{в}}$ момент равновесия	90-3p	2p	p

$$K_3 = \frac{P_{\text{CO}}^2 \cdot P_{\text{O}_2}}{P_{\text{CO}_2}^2} = \frac{(2p)^2 \cdot p}{(90 - 3p)^2} = 1,82 \cdot 10^{-10}$$

Константа имеет очень низкое значение, значит: $p \ll 90$ кПа.

$$K_3 = \frac{4p^3}{90^2} = 1,82 \cdot 10^{-10}$$

$$p^3 = 3,69 \cdot 10^{-7} \rightarrow p = 7,17 \cdot 10^{-3} \text{ кПа.}$$

Равновесные значения составят:

$$P(\text{CO}_2) = 90 - 3 \cdot 7,17 \cdot 10^{-3} = 89,98 \text{ кПа;}$$

$$P(\text{O}_2) = 7,17 \cdot 10^{-3} \text{ кПа;}$$

$$P(\text{CO}) = 2 \cdot 7,17 \cdot 10^{-3} = 1,43 \cdot 10^{-2} \text{ кПа.}$$

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Уравнения реакции (1), (2) Значение константы реакций (1), (2)	0,5 × 2 = 1 б. 1 × 2 = 2 б.
2	Выражение константы реакций (3) Значение константы реакций	2 б. 1 б.
3.	Составление таблицы равновесного состава для реакции (3) Расчет давления продуктов реакции (3) Равновесный состав реакции (3)	1 б. 2 б. 1 б.
	Итого	10 баллов

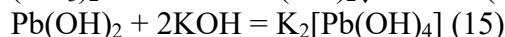
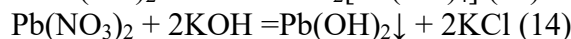
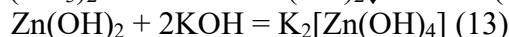
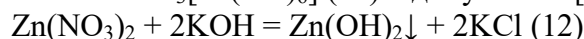
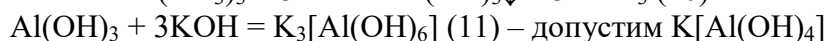
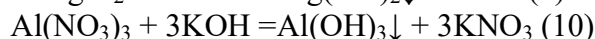
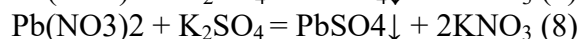
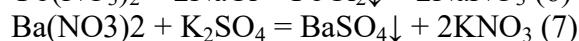
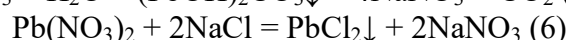
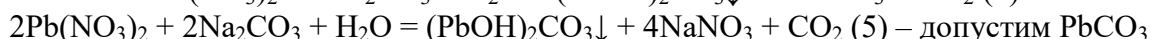
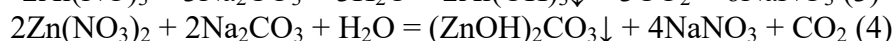
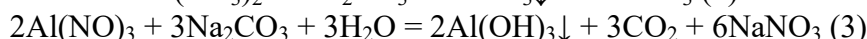
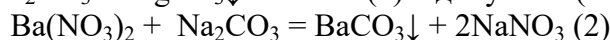
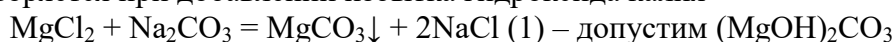
2.3. Критерии оценивания заданий Экспериментального тура

2.3.1. Задание 8-9 класса

1. Заполним таблицу и напишем уравнения возможных реакций:

	MgCl ₂	Ba(NO ₃) ₂	Al(NO ₃) ₃	Zn(NO ₃) ₂	Pb(NO ₃) ₂
Na ₂ CO ₃	↓ белый	↓ белый	↓ белый	↓ белый	↓ белый
NaCl	-	-	-	-	↓ белый
K ₂ SO ₄	-	↓ белый	-	-	↓ белый
KOH	↓ белый	-	↓ белый*	↓ белый*	↓ белый*

* осадок растворяется при добавлении избытка гидроксида калия



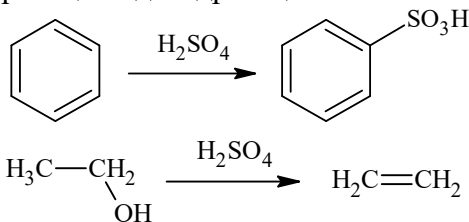
2. Рассмотрим один из вариантов проведения идентификации. В четыре чистые пробирки наливаем растворы из набора «А»–«Г» и добавляем по несколько капель раствора из пронумерованных пробирок. Все наблюдаемые эффекты вносим в таблицу аналогичную построенной выше. Опыт повторяем со всеми оставшимися пробирками. По количеству образующихся осадков можно идентифицировать все вещества.

Разбалловка

Идентификация веществ в наборах «1»–«4» и «А»–«Г»	8 x 1,5 б. = 12 б.
Заполнение таблицы	0,5 б.
Написание уравнений (1)–(15)	15 x 0,5 б. = 7,5 б.
ИТОГО	20 б.

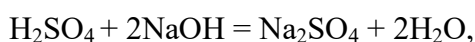
2.3.2. Задание 10 класса

1. Олеум используется для сульфирования органических соединений и в качестве водоотнимающего средства в реакциях дегидратации:

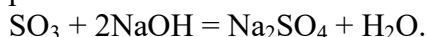


(допускаются другие реакции, протекание которых возможно).

2. При растворении в воде все полисерные кислоты олеума гидролизуются до серной кислоты, которая является сильной и титруется раствором гидроксида натрия сразу по двум ступеням:



или, ведя расчет на триоксид серы:



массу триоксида серы в пробе мы можем вычислить по формуле:

$$m(\text{SO}_3) = C_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot \frac{80,06}{2} \cdot 10 \cdot 0,001,$$

тогда массовая доля триоксида серы в олеуме:

$$w(\text{SO}_3) = \frac{m(\text{SO}_3)}{m(\text{навески})} \cdot 100$$

Определим, какие полисерные кислоты содержатся в образце олеума. Допустим, по итогам анализа установлено, что олеум содержит 85 % SO_3 и 15 % воды, тогда:

$$n(\text{SO}_3) : n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{85}{80} : \frac{15}{18} = 1,0625 : 0,833 = 1,275 : 1$$

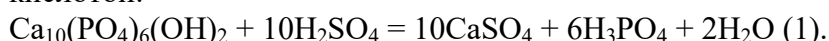
Так как соотношение триоксида серы и воды больше единицы, но меньше двух, то можно предположить, что в состав олеума входят серная (H_2SO_4) и дисерная ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$) кислоты.

Разбалловка

Примеры реакций сульфирования и дегидратации органических веществ (любые реакции, протекание которых возможно)	2 x 1 б. = 2 б.
Расчет массовой доли триоксида серы в растворе (без относительно точности)	4 б.
Расчет состава олеума (проводится на основании полученных участников результатов по массовой доле SO_3 , без учета точности)	2 б.
Оценка результата проведенного анализа (по объему раствора титраната, затраченного на титрование с метилоранжем, x): при $x < 2\%$ – 12 б. если $x \geq 2\%$, за каждые 5 % ошибки оценка снижается на 1 б. при $x > 26\%$ – 0 б.	12 б.
ИТОГО	20 б.

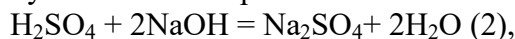
2.3.3. Задание 11 класса

1. Фосфорную кислоту получают обработкой гидроксиапатита концентрированной серной кислотой:

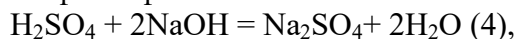


Так как серная кислота является сильной, то она всегда титруется сразу по двум ступеням – до сульфат-иона. Слабая фосфорная кислота с фенолфталеином титруется до дигидрофосфат-иона в присутствии метилоранжа и до гидрфоосфат-иона в присутствии фенолфталеина (что сказано в условиях задачи).

Тогда, при титровании в присутствии метилоранжа:



При титровании в присутствии фенолфталеина:



2. Исходя из уравнений реакций (2)–(5) можем видеть, что разница в объемах титранта между титрованиями с фенолфталеином ($V_{\text{ф.ф.}}$) и метилоранжем ($V_{\text{м.о.}}$) будет эквивалента содержанию фосфорной кислоты, поэтому:

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = C_{\text{NaOH}} \cdot (V_{\text{ф.ф.}} - V_{\text{м.о.}}) \cdot 97,994 \cdot 10 \cdot 0,001,$$

а массовая доля фосфорной кислоты:

$$w(H_3PO_4) = \frac{m(H_3PO_4)}{m(\text{навески})} \cdot 100$$

Так как в присутствии метилоранжа титруется серная кислота по двум ступеням и фосфорная по одной ступени, то массу серной кислоты в пробе мы можем вычислить по формуле:

$$m(H_2SO_4) = C_{NaOH} \cdot (2V_{\text{м.о.}} - V_{\text{ф.ф.}}) \cdot \frac{98,078}{2} \cdot 10^{-3}$$

а массовая доля фосфорной кислоты:

$$w(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{m(\text{навески})} \cdot 100$$

Разбалловка

Написание уравнения реакции (1)–(5)	1 б.
Написание уравнений реакций (2)–(5) с указанием индикатора	4 x 0,5 б = 2 б.
Расчет массовой доли фосфорной и серной кислоты в образце (без относительно точности результатов)	2 x 2,5 б. = 5 б.
Оценка результата проведенного анализа (по объему раствора титраната, затраченного на титрование с фенолфталеином): при $x < 5\%$ – 6 б. если $x \geq 5\%$, за каждые 5% ошибки оценка снижается на 1 б. при $x > 30\%$ – 0 б.	6 б.
Оценка результата проведенного анализа (по объему раствора титраната, затраченного на титрование с метилоранжем): при $x < 5\%$ – 6 б. если $x \geq 5\%$, за каждые 5% ошибки оценка снижается на 1 б. при $x > 30\%$ – 0 б.	6 б.
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.

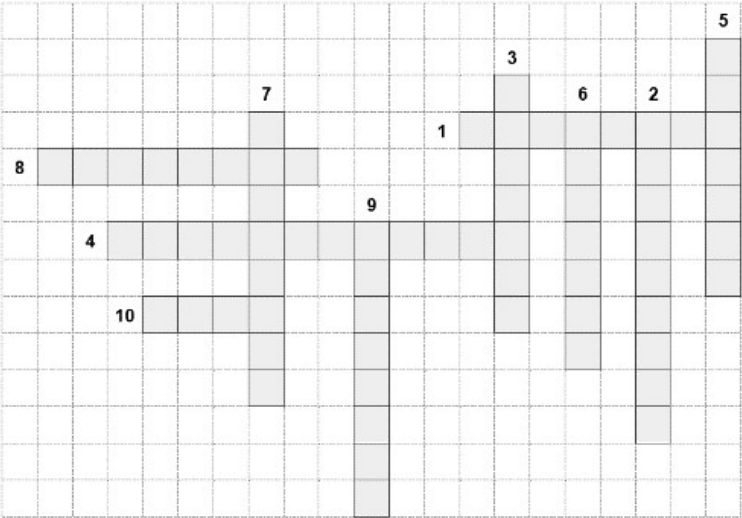
3.1.1. Задания 6-8 класса

№	Балл	6-8 класс
1	3	<p>Песок это:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Простое вещество 2. Сложное вещество 3. Смесь простых веществ 4. Смесь сложных веществ 5. Смесь простого и сложного вещества 6. Нет правильного
2	3	<p>Массовое число изотопа равно:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Числу нейтронов в ядре 2. Сумме электронов и нейтронов 3. Числу электронов в атоме 4. Числу протонов в ядре; 5. Сумме нейтронов и протонов
3	4	<p>Какой из указанных ниже параметров всегда остаётся неизменным в ходе химической реакции?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Объём 2. Число нейтронов 3. Давление 4. Число электронов 5. Концентрация 6. Масса 7. Число протонов 8. Температура
4	2	<p>Какой из приведенных выше растворов содержит наибольшее количество соли?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 32 г 3.2%-го раствора NaCl 2. 19 г 19%-го раствора NaCl 3. 3.2 г 32%-го раствора NaCl 4. 42 г 11%-го раствора NaCl
5	3	<p>Среди перечисленных веществ, укажите простое(ые):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. киноварь 2. уран 3. графит 4. стекло 5. бензин 6. сахар
6	3	<p>Расположите соединения в порядке возрастания массовой доли фосфора. В ответе приведите номера соединений, например, 123456.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Na_2HPO_3 2. $\text{Na}_3\text{HP}_2\text{O}_6$ 3. Na_3PO_4 4. NaH_2PO_2

		5. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 6. Na_2HPO_4
7	2	Если в молекуле метана, состоящей из самых лёгких изотопов соответствующих элементов, заменить атомы всех элементов на их самые тяжелые изотопы, то во сколько раз увеличится масса исходной молекулы (^1H , ^2D , ^3T ; ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C)? 1. 1.25; 2. 1.625; 3. 1.5; 4. 1.125.
8	3	Какую(ие) степень(и) окисления имеют атомы железа в нитропруссиде натрия $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$? 1. 1 2. 2 3. 3 4. 4 5. 5 6. 6
9	4	Взяли 100 г смеси медных и железных опилок, мела и поваренной соли. После растворения в воде масса не растворившегося остатка составила 80% от первоначальной массы. После того, как на не растворившийся остаток подействовали магнитом, его масса уменьшилась на четверть. Оставшийся остаток растворили в соляной кислоте – масса остатка после обработки кислотой составила 1/10 часть от массы первоначальной смеси веществ. Определите массу мела в первоначальной смеси.
10	4	Сколько грамм воды может быть получено при реакции 10^{24} молекул водорода с необходимым количеством кислорода (ответ округлите до целых)
11	4	Какое(ие) из перечисленных ниже веществ по своему составу «неорганические»? 1. Медный купорос 2 Полиэтилен 3. Вода 4. Крахмал 5. Поваренная соль 6. Серная кислота 7. Каучук 8. Углекислый газ
12	3	Укажите число элементов, символы которых содержат латинскую букву «s», полагая, что в настоящее время известно 118 химических элементов: 1. 5; 2. 8; 3. 16; 4. 9; 5. 13; 6. 10.
13	4	В каком объёмном отношении нужно смешать угарный и углекислый газы, чтобы получить смесь газов с плотностью 1.4 г/л (н.у.) (ответ приведите в виде отношения большего объёма к меньшему с точностью до целых)?
14	3	Какой из перечисленных газов имеет плотность по силану, равную 8.125? 1. O_3 ; 2. $\text{N}(\text{CF}_3)_3$; 3. WF_6 ; 4. TeClF_5 ; 5. C_4F_{10} ;

		6. 10. IF ₇ .
15	4	Смешали растворы 72%-ной и 37%-ной серной кислоты для получения 1 л 50%-ного раствора (плотность 1.4 г/см ³).
16	4	1. В каком отношении масс смешали кислоты (ответ привести как отношение большей массы к меньшей с точностью до десятых)?
17	4	2. Сколько молей воды будет содержать полученный раствор (ответ приведите с точностью до десятых)?
18	4	3. Какова молярная концентрация полученного раствора (ответ приведите с точностью до десятых)?
		4. Сколько грамм гидроксида натрия необходимо для полной нейтрализации полученного раствора (ответ приведите с точностью до целых)?
19	4	Простое вещество X прореагировало с простым веществом Y , входящим в состав воздуха. Образовался газ Z с характерным запахом. Газ Z на свету и в присутствии катализатора реагирует с простым веществом M , представляющим собой жёлто-зелёный газ. Образовавшаяся бесцветная жидкость D прореагировала с водой с образованием смеси двух сложных веществ, одно из которых даёт белый осадок с хлоридом бария, а другое белый осадок с нитратом серебра.
20	4	1. Определите вещества X , Y и M (в ответе запишите символы соответствующих химических элементов).
21	4	2. Определите вещество Z (в ответе запишите значение молекулярной массы вещества Z).
22	4	3. Определите вещество D (в ответе запишите общее число атомов в молекуле вещества D).
		4. Какое вещество необходимо добавить к осадку, полученному после взаимодействия с нитратом серебра, чтобы осадок растворился (напишите название вещества)?
23	4	Три кислоты X , Y и Z элемента Э, в которых элемент находится в степенях окисления +1, +3 и +5, содержат 51.6129%, 68.0851% и 76,19% кислорода, соответственно.
24	4	1. Определите элемент Э, указав в ответе его символ;
25	4	2. Определите кислоты X , Y и Z , указав в ответе их молекулярные массы в виде: M(X):M(Y):M(Z).
26	4	3. Какой газ выделится при нагревании кислоты X (приведите молекулярную массу газа)?
		4. Если смешать кислоты X и Y , то образуется кислота Z и выделится газ, у которого плотность по водороду равна 14. Составьте уравнение реакций (в ответе укажите сумму стехиометрических коэффициентов всех веществ, входящих в уравнение реакции).
27	4	В галогениде X некоторого металла Z , проявляющего единственную степень окисления, массовая доля галогена 70.29%, а в оксиде Y того же металла массовая доля кислорода составляет 34.78%.
28	4	1. Галогенид X реагирует с водой с образованием вещества T , в котором массовая доля галогена составляет 53.38% 1. Запишите символ химического элемента Z .
29	4	2. Расшифруйте галогенид X и оксид Y . В ответе приведите молекулярные массы через слэш "/" галогенида X и оксида Y с точностью до десятых
30	4	3. Кто из учёных предсказал элемент Z (укажите фамилию учёного)?
		4. Определите вещество T , указав в ответе его молекулярную массу (с точностью до целых).

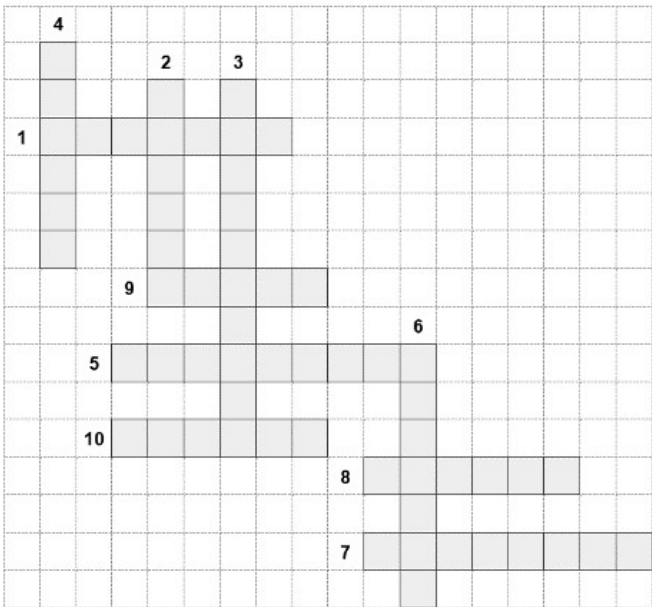
3.1.2. Задания 9 класса

№	Балл	9 класс
1	2	
2	2	
3	2	
4	2	
5	2	
6	2	
7	2	
8	2	
9	2	
10	2	
11	4	11,5 г $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ растворили в 200 г раствора, содержащего 27,5 г серной кислоты (раствор 1). К полученному раствору добавили 5,5 г цинк-алюминиевого сплава, после чего массовая доля сульфата цинка в растворе стала равна 5,0 % (раствор 2).
12	4	<p>1. Вычислите массовую долю сульфата цинка в растворе 1. Ответ представьте в процентах и округлите до целых.</p> <p>2. Вычислите массовую долю цинка в добавленном сплаве. Ответ представьте в процентах и округлите до десятых.</p> <p>3. Вычислите массовую долю сульфата алюминия в растворе 2. Ответ представьте в процентах и округлите до десятых.</p> <p>4. Вычислите массовую долю серной кислоты в растворе 2. Ответ представьте в процентах и округлите до десятых.</p>
13	4	
14	4	
15	4	
16	4	Смешали растворы 72%-ной и 37%-ной серной кислоты для получения 1 л 50%-ного раствора (плотность 1.4 г/см^3). 1. В каком отношении масс смешали кислоты (ответ привести как отношение большей массы к меньшей с точностью до десятых)? 2. Сколько молей воды будет содержать полученный раствор (ответ приведите

17	4	с точностью до десятых)? 3. Какова молярная концентрация полученного раствора (ответ приведите с точностью до десятых)?
18	4	4. Сколько грамм гидроксида натрия необходимо для полной нейтрализации полученного раствора ортофосфорной кислоты (ответ приведите с точностью до целых)?
19	4	Бинарное вещество А образуется при взаимодействии щелочного металла с простым газообразным веществом Б. Взаимодействие А с водой приводит к образованию вещества В и газа Г. На нейтрализацию 1,2 г В требуется 63 г 5,0% раствора азотной кислоты. При пропускании Г через раствор хлороводородной кислоты образуется соединение Д с массовой долей хлора 66,36 %.
20	4	
21	4	
22	4	1. Определите веществ В. В ответе напишите формулу вещества 2. Определите формулу вещества Г. А ответе напишите название вещества 3. Определите формулу вещества А. В ответе укажите его формулу. 4. Вычислите объем 0,1 моль/л раствора хлороводородной кислоты, необходимый для поглощения газа Г, полученного из 1,0 г вещества А. Ответ представьте в л и округлите до сотых.
23	4	$\text{Ag} \xrightarrow{\text{X}} \text{A} \xrightarrow{\text{Y}} \text{B} \xrightarrow{\text{Z}} \text{C} \xrightarrow{\text{K}} \text{NH}_4\text{I}$
24	4	
25	4	
26	4	
27	4	При полном сгорании 1 моль этилена выделяется 1411 кДж энергии, а при полном сгорании 1 моль этана 1560 кДж.
28	4	1. Составьте термохимические уравнения сгорания этилена и этана. В ответе укажите последовательность коэффициентов перед кислородом в уравнениях реакции при сгорании 2 моль этилена и 2 моль этана соответственно.
29	4	2. Какое количество теплоты выделится при сгорании 590 г смеси этилена и этана, если мольные доли соотносятся как 1 к 3 соответственно? Ответ запишите в МДж с точностью до десятых.
30	4	3. Рассчитайте среднюю молярную массу воздуха, если известно, что массовые доли компонентов равны: 23% (кислород) и 77 % (азот). Ответ запишите с точностью до десятых. 4. Сколько литров воздуха (при н. у.) понадобится, чтобы сжечь 8,5 кг смеси этилена и этана при соотношении мольных долей 5 к 1? Ответ запишите с точностью до целых.

3.1.3 Задания 10 класса

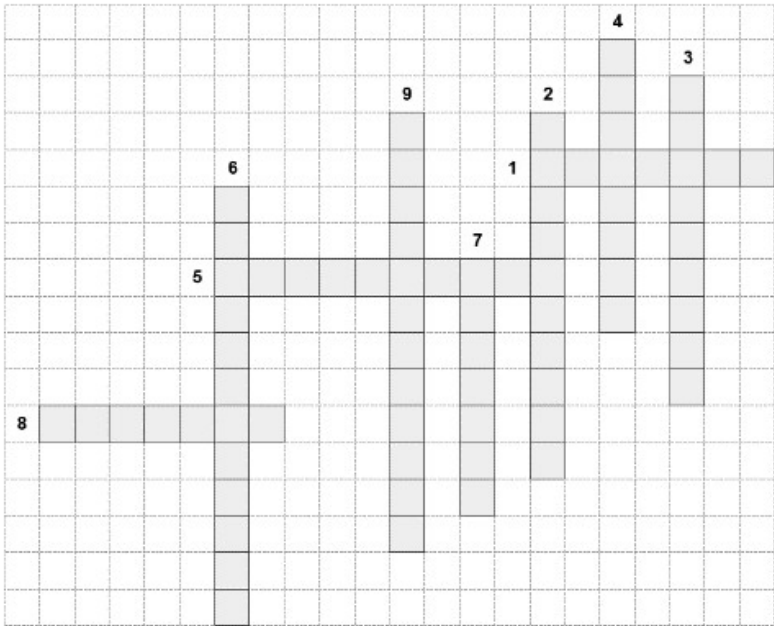
№	Балл	10 класс
---	------	----------

1	2	
2	2	
3	2	
4	2	
5	2	
6	2	
7	2	1. Основа всех органических соединений.
8	2	5. Вещество, использующееся для усыпления, обычно преступниками в фильмах.
9	2	8. Фамилия ученого, чьим правилом пользуемся при реакции 2-бром-2-метилбутана с спиртовым раствором KOH.
10	2	6. Минерал, в результате прокаливания которого образуются оксиды углерода, водорода и меди (+2).
11	4	4. Полимер – основа резины.
12	4	10. Метилтолуол.
13	4	9. Алкан, являющийся стандартом при определении характеристик бензина.
14	4	2. металл, который выступает катализатором реакции бензола и брома.
		3. Полимер, из которого изготавливают одноразовую посуду.
		7. Органическая кислота из citrusовых, используемая в кулинарии.
		11,5 г $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ растворили в 200 г раствора, содержащего 27,5 г серной кислоты (раствор 1). К полученному раствору добавили 5,5 г цинк-алюминиевого сплава, после чего массовая доля сульфата цинка в растворе стала равна 5,0 % (раствор 2).
		1. Вычислите массовую долю сульфата цинка в растворе 1. Ответ представьте в процентах и округлите до целых.
		2. Вычислите массовую долю цинка в добавленном сплаве. Ответ представьте в процентах и округлите до десятых.
		3. Вычислите массовую долю сульфата алюминия в растворе 2. Ответ представьте в процентах и округлите до десятых.
		4. Вычислите массовую долю серной кислоты в растворе 2. Ответ представьте в процентах и округлите до десятых.

15	4	<p>Бинарное вещество А образуется при взаимодействии щелочного металла с простым газообразным веществом Б. Взаимодействие А с водой приводит к образованию вещества В и газа Г. На нейтрализацию 1,2 г В требуется 63 г 5,0% раствора азотной кислоты. При пропускании Г через раствор хлороводородной кислоты образуется соединение Д с массовой долей хлора 66,36 %.</p> <p>1. Определите веществ В. В ответе напишите формулу вещества</p> <p>2. Определите формулу вещества Г. В ответе напишите название вещества</p> <p>3. Определите формулу вещества А. В ответе укажите его формулу.</p> <p>4. Вычислите объем 0,1 моль/л раствора хлороводородной кислоты, необходимый для поглощения газа Г, полученного из 1,0 г вещества А. Ответ представьте в л и округлите до сотых.</p>
16	4	
17	4	
18	4	
19	4	$\text{Ag} \xrightarrow{\text{X}} \text{A} \xrightarrow{\text{Y}} \text{B} \xrightarrow{\text{Z}} \text{C} \xrightarrow{\text{K}} \text{NH}_4\text{I}$
20	4	<p>1. Напишите название вещества X, если известно, что в ходе реакции выделяется бурый газ с содержанием кислорода 69,57%.</p> <p>2. Укажите название вещества Y, если известно, что вещество В растворимо в воде и содержит 27,06% натрия, а в веществе Y натрия – 39,32%.</p> <p>3. Укажите название C, если Z – два реагента: алюминий и гидроксид натрия.</p> <p>4. Укажите название K.</p>
21	4	
22	4	
23	4	
24	4	<p>При полном сгорании 1 моль этилена выделяется 1411 кДж энергии, а при полном сгорании 1 моль этана 1560 кДж.</p> <p>1. Составьте термохимические уравнения сгорания этилена и этана. В ответе укажите последовательность коэффициентов перед кислородом в уравнениях реакции при сгорании 2 моль этилена и 2 моль этана соответственно.</p> <p>2. Какое количество теплоты выделится при сгорании 590 г смеси этилена и этана, если мольные доли соотносятся как 1 к 3 соответственно? Ответ запишите в МДж с точностью до десятых.</p> <p>3. Рассчитайте среднюю молярную массу воздуха, если известно, что массовые доли компонентов равны: 23% (кислород) и 77 % (азот). Ответ запишите с точностью до десятых.</p> <p>4. Сколько литров воздуха (при н. у.) понадобится, чтобы сжечь 8,5 кг смеси этилена и этана при соотношении мольных долей 5 к 1? Ответ запишите с точностью до целых.</p>
25	4	
26	4	
27	4	
28	4	<p>Для получения серной кислоты используют сульфидные руды. Образец руды (в котором содержится 23,48 мас. % железа, 25,05 мас. % меди и 12 мас. % примесей.) массой 15,5 г отожгли в атмосфере кислорода, полученный газ окислили в присутствии катализатора и продукт реакции пропустили через 300 мл раствора, содержащего 84,24 г серной кислоты (плотность раствора 1,17 г/мл).</p> <p>1. Определите массовую долю сульфида меди в руде. Ответ запишите в процентах с точностью до целых, при расчете примите, что валентность меди равна двум.</p>
29	4	

30	4	<p>2. Установите формулу сульфида железа, который содержался в руде. Укажите в ответе формулу, например, H_2O.</p> <p>3. Рассчитайте массовую долю серной кислоты в итоговом растворе. Ответ запишите в процентах с точностью до целых, например, 12.</p> <p>4. Если в раствор серной кислоты, полученный выше, добавить оксиды металлов (меди и железа), оставшиеся после обжига, то можно получить сульфаты железа и меди. Определите массовую концентрацию серной кислоты, оставшейся в растворе после растворения оксидов. Ответ запишите в процентах с точностью до целых, например, 15.</p>
----	---	--

3.1.4 Задания 11 класса

№	Балл	11 класс
1	2	
2	2	
3	2	
4	2	
5	2	
6	2	
7	2	
8	2	
9	2	
10	2	
		<p>8. Элемент, являющийся основой силиконов.</p> <p>3. Вещество зеленого цвета, содержащее атом магния.</p> <p>2. Процесс, позволяющий по реакции Кольбе синтезировать алканы.</p> <p>9. Явление, когда металл способен вступать в реакцию с щелочами и кислотами.</p> <p>4. Состояние галлия при $36.6^\circ C$?</p> <p>7. «Русский» химический элемент?</p> <p>1. Дисахарид.</p> <p>6. Глицин и серин – представители ЭТОГО класса соединений.</p> <p>5. Название соли, электролиз раствора которой приводит к 2,3-диметилбутану.</p> <p>С какими веществами этилбензол и стирол способны вступать в реакцию с образованием отличных друг от друга продуктов?</p> <p>1. Озон 2. Бром 3. Кислород 4. Водород</p>

11	4	11,5 г $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ растворили в 200 г раствора, содержащего 27,5 г серной кислоты (раствор 1). К полученному раствору добавили 5,5 г цинк-алюминиевого сплава, после чего массовая доля сульфата цинка в растворе стала равна 5,0 % (раствор 2).
12	4	
13	4	
14	4	
15	4	Бинарное вещество А образуется при взаимодействии щелочного металла с простым газообразным веществом Б. Взаимодействие А с водой приводит к образованию вещества В и газа Г. На нейтрализацию 1,2 г В требуется 63 г 5,0% раствора азотной кислоты. При пропускании Г через раствор хлороводородной кислоты образуется соединение Д с массовой долей хлора 66,36 %.
16	4	
17	4	
18	4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определите веществ В. В ответе напишите формулу вещества 2. Определите формулу вещества Г. А ответе напишите название вещества 3. Определите формулу вещества А. В ответе укажите его формулу. 4. Вычислите объем 0,1 моль/л раствора хлороводородной кислоты, необходимый для поглощения газа Г, полученного из 1,0 г вещества А. Ответ представьте в л и округлите до сотых.
19	4	При полном сгорании 1 моль этилена выделяется 1411 кДж энергии, а при полном сгорании 1 моль этана 1560 кДж.
20	4	
21	4	
22	4	
23	4	Для получения серной кислоты используют сульфидные руды. Образец руды (в котором содержится 23,48 мас. % железа, 25,05 мас. % меди и 12 мас. % примесей.) массой 15,5 г отожгли в атмосфере кислорода, полученный газ окислили в присутствии катализатора и продукт реакции пропустили через 300

24	4	мл раствора, содержащего 84,24 г серной кислоты (плотность раствора 1,17 г/мл).
25	4	1. Определите массовую долю сульфида меди в руде. Ответ запишите в процентах с точностью до целых, при расчете примите, что валентность меди равна двум.
26	4	2. Установите формулу сульфида железа, который содержался в руде. Укажите в ответе формулу, например, H_2O .
		3. Рассчитайте массовую долю серной кислоты в итоговом растворе. Ответ запишите в процентах с точностью до целых, например, 12.
		4. Если в раствор серной кислоты, полученный выше, добавить оксиды металлов (меди и железа), оставшиеся после обжига, то можно получить сульфаты железа и меди. Определите массовую концентрацию серной кислоты, оставшейся в растворе после растворения оксидов. Ответ запишите в процентах с точностью до целых, например, 15.
27	4	$CaC_2 \xrightarrow{X} A \xrightarrow{C_{акт.}} B \xrightarrow[kат.]{Y} C \xrightarrow{K} D$
28	4	1. Укажите название соединения А, если известно, что X содержит 11,11% водорода.
29	4	2. Укажите название вещества В.
		3. Укажите название Y, если известно, что вещество С содержит 3,18% водорода и 45,86% углерода.
30	4	4. Укажите вещество К, если известно, что D содержит на 1.2% меньше водорода, чем В.

3.2 Критерии оценки заданий Интернет-тура

3.2.1 Задания 6-8 класса

<i>№</i>	<i>Балл</i>	
1	3	4
2	3	5
3	4	2,4,6,7
4	2	4
5	3	2,3
6	3	365124/3 6 5 1 2 4
7	2	2
8	3	3
9	4	50
10	4	29/30
11	4	1,3,5,6,8
12	3	3
13	4	4
14	3	6
15	4	1.7
16	4	38.9
17	4	7.1/7.2
18	4	570/571/572
19	4	SOCl
20	4	64
21	4	5
22	4	Аммиак
23	4	N
24	4	62:47:63
25	4	44
26	4	5

27	4	Sc
28	4	151.5/138.0
29	4	Менделеев
30	4	133
ИТОГО	109	

3.2.2 Задания 9 класса

№	Балл	
1	2	8. Эмульсия
2	2	Нейтрон
3	2	Кислород
4	2	10. Хлор
5	2	9. Авогадро
6	2	6. Малахит
7	2	2. Чилийская
8	2	Гремучий
9	2	3. Кремний
10	2	4. Фенолфталеин
11	4	3
12	4	32/33
13	4	10.8/10.9/11.0
14	4	2.0/2.1/2.2
15	4	1.7
16	4	38.9
17	4	7.1
18	4	571/572
19	4	LiOH
20	4	Аммиак
21	4	Li ₃ N
22	4	0,28/0,29
23	4	Азотная кислота

24	4	Хлорид натрия
25	4	Аммиак
26	4	Йодоводород/ Йодоводородная кислота
27	4	67/6 7
28	4	30.3/30.4/30.5
29	4	28.8
30	4	99/100/101
ИТОГО	100	

3.2.3 Задания 10 класса

№	Балл	
1	2	1. Углерод
2	2	5. Хлороформ
3	2	Зайцев
4	2	6. Малахит
5	2	4. Каучук
6	2	10. Ксилол
7	2	9. Октан
8	2	Железо
9	2	3. Полистирол
10	2	7. Лимонная
11	4	3
12	4	32/33
13	4	10.8/10.9/11.0
14	4	2.0/2.1/2.2
15	4	LiOH
16	4	Аммиак
17	4	Li3N
18	4	0,28/0,29
19	4	Азотная кислота
20	4	Хлорид натрия

<i>№</i>	<i>Балл</i>	
21	4	Аммиак
22	4	Йодоводород/ Йодоводородная кислота
23	4	67/6 7
24	4	30.3/30.4/30.5
25	4	28.8
26	4	99/100/101
27	4	38
28	4	FeS2
29	4	28
30	4	23

3.2.4 Задания 11 класса

<i>№</i>	<i>Балл</i>	
1	2	8. Кремний
2	2	3. Хлорофилл
3	2	2. Электролиз
4	2	9. Амфотерность
5	2	4. Жидкость
6	2	7. Рутений
7	2	1. Лактоза
8	2	Аминокислоты
9	2	5. Изобутират
10	2	1,2
11	4	3
12	4	32/33
13	4	10.8/10.9/11.0
14	4	2.0/2.1/2.2
15	4	LiOH
16	4	Аммиак
17	4	Li3N

<i>№</i>	<i>Балл</i>	
18	4	0,28/0,29
19	4	67/67
20	4	30.3/30.4/30.5
21	4	28.8
22	4	99/100/101
23	4	38
24	4	FeS ₂
25	4	28
26	4	23
27	4	Ацетилен
28	4	Бензол
29	4	Бром
30	4	Натрий/Медь