

Материалы заданий олимпиады 2024–2025 учебного года

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА	3
1.1 Задания Отборочного теоретического тура	3
1.1.1 Задания 8 класса	3
1.1.2 Задания 9 класса	5
1.1.3. Задания 10 класса	7
1.1.4. Задания 11 класса	9
1.2 Задания Теоретического тура.....	12
1.2.1 Задания 7-8 класса.....	12
1.2.2 Задания 9 класса	14
1.2.3. Задания 10 класса	16
1.2.4. Задания 11 класса	19
1.3. Задания Экспериментального тура.....	24
1.3.1. Задание 7-8 класса	24
1.3.2. Задание 9 класса	24
1.3.3. Задание 10 класса	24
1.3.4. Задание 11 класса	25
2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА	26
2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура.....	26
2.1.1. Задания 7-8 класса	26
2.1.2. Задания 9 класса	30
2.1.3. Задания 10 класса	36
2.1.4. Задания 11 класса	41
2.2. Критерии оценивания заданий Теоретического тура.....	46
2.2.1. Задания 7-8 класса	46
2.2.2. Задания 9 класса	49
2.2.3. Задания 10 класса	54
2.2.4. Задания 11 класса	60
2.3. Критерии оценивания заданий Экспериментального тура.....	67
2.3.1. Задание 7-8 класса	67
2.3.2. Задание 9 класса	68
2.3.3. Задание 10 класса	69
2.3.4. Задание 11 класса	70
3. ЗАДАНИЯ ПЕРВОГО (ОТБОРОЧНОГО) ЭТАПА	72
3.1 Задания Интернет-тура	72

3.1.1. Задания 7-8 класса	72
3.1.2. Задания 9 класса	75
3.1.3 Задания 10 класса	79
3.1.4 Задания 11 класса	82
3.2 Критерии оценки заданий Интернет-тура.....	85
3.2.1 Задания 7-8 класса	85
3.2.2 Задания 9 класса	86
3.2.3 Задания 10 класса	87
3.2.4 Задания 11 класса	88

1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

1.1 Задания Отборочного теоретического тура

1.1.1 Задания 8 класса

Задача № 8-1

Растворимость аммиака в воде (атмосферное давление) при -20°C составляет 0,615 г, а при 20°C уже 0,325 г на 1 грамм раствора. Насыщенный при -20°C водный раствор аммиака в воде массой 25 г нагрели до температуры 20°C . Выделившийся газ собрали и поместили в сосуд с металлическим мелко нарезанным натрием.

1. Какое количество аммиака (в молях) перейдёт в газовую фазу при нагревании раствора, какой продукт и сколько (в г) образуется в реакции с избытком натрия?
2. Напишите уравнение соответствующей реакции.
3. Чему равна молярная концентрация растворов аммиака в воде при температурах -20°C и 20°C ?

Задача №8-2

Кристаллогидрат карбоната некоторого металла **М** ($\omega_{\text{C}} = 6,36\%$, $\omega_{\text{O}} = 42,40\%$, $\omega_{\text{M}} = 49,12\%$) нагрели до температуры 900°C (реакция 1). Образовался оксид **А**, содержащий 85,276 % **М**. При растворении 5.66 г кристаллогидрата в 500 мл раствора азотной кислоты образовалась соль **Б** (реакция 2), концентрация которой в полученном растворе оказалась равна x моль/л (изменением объёма раствора азотной кислоты при растворении в нём навески кристаллогидрата пренебречь).

Определите металл **М**, установите формулу кристаллогидрата, найдите **А** и **Б**, концентрацию соли **Б** в растворе x , а также запишите уравнения реакций 1 и 2.

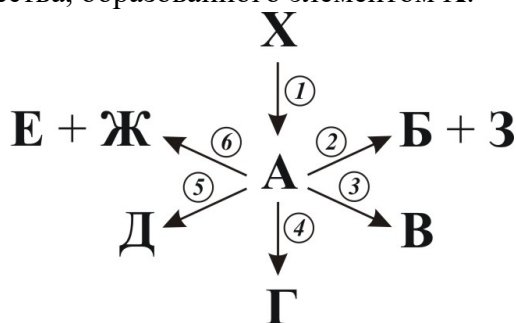
Задача №8-3

На схеме приведены превращения простого вещества, образованного элементом **X**:

- 1) $\text{X} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH}_{(\text{p-p})} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{A}$;
- 2) $\text{A} \xrightarrow{600^{\circ}\text{C}} \text{Б} + \text{З} + \dots$;
- 3) $\text{A} \xrightarrow{100^{\circ}\text{C}} \text{В} + \dots$;
- 4) $\text{A} + \text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{конц.})} \xrightarrow{t^{\circ}\text{C}} \text{Г} + \dots$;
- 5) $\text{A} + \text{NaBrO}_3 \rightarrow \text{Д} + \dots$;
- 6) $\text{A} + \text{H}_2\text{O}$ (в кислой среде) $\rightarrow \text{Е} + \text{Ж} + \dots$

О веществах **А–З** известно следующее:

- 1) вещества **А–Ж** являются солями и содержат в своём составе натрий;
- 2) вещество **З** – бинарный газ, бесцветный, плохо растворим в воде и с водой не реагирует, при низких температурах образует в воде твёрдый клатрат **И** состава $x\text{З} \cdot y\text{H}_2\text{O}$ с молекулярной массой 1100 г/моль, при этом $\omega(\text{H}_2\text{O}) = 75.27\%$;
- 3) вещество **А** – кислая соль, слабой четырёхосновной кислоты **К**, которая при стоянии изомеризуется в слабую трёхосновную кислоту **Л**;
- 4) молекулярная масса вещества **В** меньше молекулярной массы **А** на 108 г/моль;
- 5) реакция 5 – окислительно-восстановительная реакция, в которой элемент **X** переходит в свою высшую степень окисления, причём изменение степени окисления **X** происходит на 1;
- 6) реакции 1 и 6 – окислительно-восстановительные реакции по типу диспропорционирования;
- 7) в таблице перечислены данные по содержанию элемента **X** в веществах **А–З**:



Вещество	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
----------	---	---	---	---	---	---	---	---

$\omega_X, \%$	19.75	30.39	30.10	24.80	27.93	25.83	32.63	91.18
$n(X)$	2	1	2	2	2	1	2	1

Определите элемент **X**, качественный и количественный состав соединений **A–Л** (ответ подтвердите расчетом или логичным рассуждением). Напишите структурные формулы кислот **K** и **Л**. Определите формулу и состав клатрата **И**. Напишите уравнения реакций 1–6.

Задача № 8-4

Какие утверждения **ОШИБОЧНЫ**?

- Соли хлорной кислоты называются хлоратами;
- Оксид углерода (II) не реагирует с водой;
- При взаимодействии алюминия с водным раствором NaOH выделяется водород;
- Сульфид алюминия (III) можно получить смешиванием водных растворов хлорида алюминия (III) и сульфида натрия;
- Разбавленная азотная кислота не проявляет окислительных свойств;
- Оксид фосфора(V) обладает сильными водоотнимающими свойствами и используется как типичный осушающий реагент;
- Изотопы отличаются количеством электронов в атомах;
- HCl – газообразное вещество;
- В солях аммония реализуется ионная связь;
- NaHSO₃ - гидросульфид натрия;
- AgCl практически не растворяется в воде и является сильным электролитом;
- Азот в лаборатории обычно получают разложением азидов тяжелых металлов;
- Ледяная уксусная кислота при обычных (комнатных) условиях является жидкостью;
- Натрий окисляется кислородом воздуха до Na₂O₂;
- В ряду H₂S – H₂Se – H₂Te происходит увеличение восстановительных свойств;
- Растворимость неорганических солей подчиняется (за редким исключением) правилу Хунда;
- Натрий можно получить электролизом расплава хлорида натрия;
- Для осушения аммиака используется его пропускание через разбавленную серную кислоту;
- Фуллерены являются аллотропной модификацией углерода.
- Для молибдена наиболее устойчива степень окисления +6;
- Хлор растворяется в воде с образованием хлорной и хлорноватистой кислот;
- SF₆ – химически инертное и практически безвредное для человека вещество;
- Раствор сульфата меди имеет кислую среду;
- Натрий пассивируется азотной кислотой;
- Магний не относится к щелочноземельным элементам.

Задача №8-5

Жёлтую кровавую соль (состоит из четырёх элементов) прокалили без доступа воздуха при температуре 650°C (реакция 1). В результате образовалась сложная смесь продуктов:

- газ **A**, имеющий плотность по водороду 14;
- **Б** – чрезвычайно ядовитая соль одноосновной кислоты, содержит калий и используется в гидрометаллургии благородных металлов (в частности, золота) для их выделения из обеднённых руд; при взаимодействии 98 г сульфида золота (III) с концентрированным раствором соли **Б** образуется 136 г комплексной соли **Д** (реакция 2);
- твёрдое вещество **В** чёрного цвета, которое при сплавлении при 1200–1300°C с простым веществом **Е** образует бинарное соединение **Ж** под названием карборунд ($M(\text{Ж})=40$).

г/моль); в состав **Ж** входят элементы-соседи по таблице Д.И. Менделеева, причём **Е** образовано более тяжёлым элементом (реакция 3);

– твёрдое бинарное вещество **Г** серого цвета, нагревание 72 г которого с железной окалиной (при 1000°C) приводит к образованию 8,96 л (н.у.) ядовитого газа **З** (плотность по водороду 14) и железного порошка (реакция 4).

Укажите состав жёлтой кровавой соли и её аналитическое применение (реакция 5), соединения **А–З** (ответ подтвердите расчётом) и уравнения реакций 1–5.

1.1.2 Задания 9 класса

Задача № 9-1

В лаборатории были найдены три вещества, содержащие азот и неизвестные элементы **X**, **Y**, **Z**. Для каждого вещества известны брутто-формулы и массовая доля азота: соединение **А** – NXY_3 ($\omega(\text{N}) = 13,86\%$), соединение **Б** – N_2ZY_6 ($\omega(\text{N}) = 15,56\%$), соединение **В** – N_3ZY_9 ($\omega(\text{N}) = 17,36\%$). Все три вещества являются термически нестабильными и разлагаются при нагревании. При разложении **А** (реакция 1) выделяется газ **Г**, а при разложении **Б** и **В** (реакции 2 и 3) образуется смесь газов **Г** и **Д** и одинаковый по составу твердый остаток. При действии концентрированной азотной кислоты (реакция 4) **Б** превращается в **В**. При добавлении гидроксида натрия к раствору **Б** (реакция 5) образуется вещество **Е**, которое на воздухе постепенно окисляется и превращается в **Ж** (реакция 6). Если же к веществу **Ж** добавить избыток гидроксида натрия и бром, то образуется вещество **З** (реакция 7).

1. Установите элементы **X**, **Y**, **Z** и формулы веществ **А–З**, вывод формул **А–В** подтвердите расчетом, формулы запишите в «привычном» виде. Для элемента **Z** приведите электронную формулу в виде $1s^2 \dots$

2. Запишите уравнения реакций 1–7.

3. В одном из опытов при разложении 72 г **Б** выделилось 10,08 л (н.у.) газовой смеси. К полученному твердому остатку прилили 240 г 10% раствора гидроксида натрия. Рассчитайте массовые доли веществ (%) в полученном растворе.

Задача №9-2

Смесь карбидов с массовыми долями лития 36,625 и 69,8 % массой 231,2 г подвергли воздействию водяного пара. После отделения избытка пара, объём образовавшейся смеси газов при 27°C и 99,76 кПа составил 150 л.

Используя данные условия задачи, выполните следующие действия:

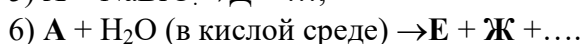
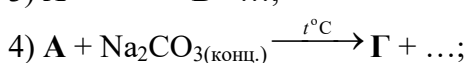
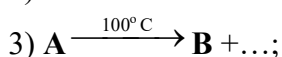
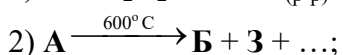
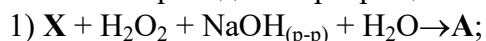
1. определите формулы карбидов и их молярные массы, зная, что второй содержит в два раза больше атомов лития в формульной единице, чем первый;

2. напишите уравнения протекающих реакций и назовите газообразные продукты;

3. рассчитайте массы и массовые доли (%) карбидов в исходной смеси.

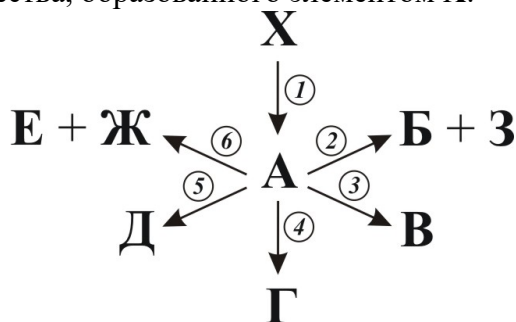
Задача №9-3

На схеме приведены превращения простого вещества, образованного элементом **X**:



О веществах **А–З** известно следующее:

1) вещества **А–Ж** являются солями и содержат в своём составе натрий;



2) вещество **З** – бинарный газ, бесцветный, плохо растворим в воде и с водой не реагирует, при низких температурах образует в воде твёрдый клатрат **И** состава $x\text{З} \cdot y\text{H}_2\text{O}$ с молекулярной массой 1100 г/моль, при этом $\omega(\text{H}_2\text{O})=75.27\%$;

3) вещество **А** – кислая соль, слабой четырёхосновной кислоты **К**, которая при стоянии изомеризуется в слабую трёхосновную кислоту **Л**;

4) молекулярная масса вещества **В** меньше молекулярной массы **А** на 108 г/моль;

5) реакция 5 – окислительно-восстановительная реакция, в которой элемент **Х** переходит в свою высшую степень окисления, причём изменение степени окисления **Х** происходит на 1;

6) реакции 1 и 6 – окислительно-восстановительные реакции по типу диспропорционирования;

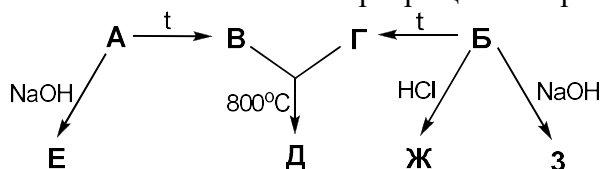
7) в таблице перечислены данные по содержанию элемента **Х** в веществах **А-З**:

Вещество	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
$\omega_{\text{Х}}, \%$	19.75	30.39	30.10	24.80	27.93	25.83	32.63	91.18
$n(\text{Х})$	2	1	2	2	2	1	2	1

Определите элемент **Х**, качественный и количественный состав соединений **А-Л** (ответ подтвердите расчетом или логичным рассуждением). Напишите структурные формулы кислот **К** и **Л**. Определите формулу и состав клатрата **И**. Напишите уравнения реакций 1-6.

Задача № 9-4

Вещества **А** и **Б** имеют одинаковые молярные массы и являются бесцветными аморфными гидроксидами, нерастворимыми в воде. Известно, что гидроксид **А** реагирует с раствором гидроксида натрия (реакция 1), а гидроксид **Б** – как с раствором гидроксида натрия (реакция 2), так и с соляной кислотой (реакция 3). При нагревании **А** и **Б** разлагаются (реакции 4 и 5) с образованием оксидов **В** и **Г**, широко распространенных в природе и являющихся основой множества драгоценных камней. Молярные массы оксидов **В** и **Г** различаются в 1.7 раза. Если смешать данные оксиды в мольном соотношении 1 : 1 и нагреть до 800°C (реакция 6), то образуется соединение **Д** ($\omega(\text{O}) = 49.38\%$), встречающееся в природе в виде минералов кианит и силлиманит. Описанные превращения отражены на схеме:

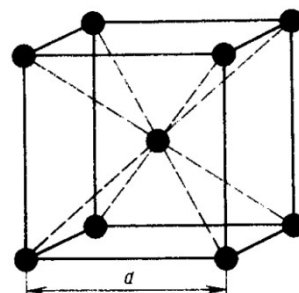


1. Установите формулы веществ **А-З**, ответ подтвердите расчетом.
2. Запишите уравнения реакций 1–6.
3. При сливании 267 г 10% раствора **Ж** и 60 г 20% раствора **NaOH** выпадает осадок **Б** (реакция 7). Напишите уравнение реакции 7, рассчитайте массу осадка **Б** и массовые доли веществ (в %) в растворе после окончания реакции.

Задача №9-5

Элемент **Х** был открыт сравнительно недавно, но сразу же нашел применение во многих областях, включая медицину и военную промышленность. Простое вещество **Х** имеет кубическую объемно-центрированную кристаллическую решетку ($a = 5,148 \text{ \AA}$). Плотность кристалла – $5,5 \text{ г/см}^3$.

Х бурно реагирует с водой (р-ция 1), окисляется на воздухе (р-ция 2). Стеклопосуда, в которой хранятся образцы, содержащие большое количество **Х**, темнеет. Все соединения **Х**, находящиеся в контакте с воздухом, обладают бледно-голубым



свечением. Любой объект, содержащий **X**, постоянно выделяет тяжелый инертный газ. Хлорид элемента **X** реагирует с сульфатом магния (*р-ция 3*) и с фторидом калия (*р-ция 4*).

1. Определите элемент **X**;

2. Напишите реакции 1 – 4;

3. Каким свойством элемента **X** объясняется свечение и изменение цвета стекла и образцов?

4. При растворении в воде продуктов окисления **X** воздухом остается серый осадок, содержащий 96,03 % **X**. Напишите формулу этого осадка и уравнение реакции его растворения в соляной кислоте.

1.1.3. Задания 10 класса

Задача №10-1

Минерал **A** желтого цвета состоит из двух элементов, атомные массы которых отличаются на 43 г/моль. Образец минерала **A** массой 24,6 г растворили в концентрированном растворе карбоната натрия (*реакция 1*). В результате выделился газ **B** объемом 6,72 л (н.у.), вызывающий помутнение баритовой воды. Кроме газа образовались в равных мольных отношениях две соли **B** и **Г**, при чём молекулярная масса **B** на 48 г/моль больше молекулярной массы **Г**, а число молей выделившегося в 3 раза превышает количество **Г**. Других продуктов реакции не образовалось. Соли **B** и **Г** были разделены и выделены в чистом виде. Полученную соль **B** нагрели с избытком кислорода при температуре 350°C (*реакция 2*). В результате получили 9,9 г твердого оксида **Д** белого цвета ($\omega_{\text{O}} = 24,24\%$), 9,6 г газообразного оксида **Е** ($\omega_{\text{O}} = 50\%$) с запахом жжёных спичек и соль **Ж**, которая с водным раствором нитрата бария даёт белый нерастворимый в воде осадок, массой 34,95 г. При нагревании соли **Г** с избытком кислорода (*реакция 3*) получили соединение **З**, молекулярная масса которого превышает $M(\text{Г})$ на 16 г/моль. Соль **З** растворили в воде и добавили необходимое количество нитрата серебра (*реакция 4*). В результате получили 24,7 г осадка коричневого цвета (соединение **И**).

Определите состав минерала **A**, состав веществ **B–И** и составьте уравнения реакций 1–4.

Задача №10-2

В шкафу с реактивами была найдена чёрная полимерная ёмкость без этикетки. В ёмкости находилась **жидкость**, внешне напоминающая обычную воду. Она была прозрачной, не имела цвета и запаха, но имела кислую среду. Попадая на кожу рук, эта **жидкость** вызывала ощущение покалывания и оставляла белые пятна, исчезающие со временем. Испарялась без остатка и не содержала твёрдых растворённых веществ.

Внесение в эту **жидкость** диоксида марганца приводило к бурному выделению газа (1), вызывающего вспыхивание тлеющего уголька (2), а остающаяся жидкая фаза представляла собой воду. При этом диоксид марганца не расходовался и не изменялся в процессе реакции. Прибавление **жидкости** к насыщенному раствору йодида калия приводило к появлению интенсивной коричневой окраски щелочного раствора (3), над которым, при нагревании, появлялся фиолетовый пар (4). Воздействие **жидкости** на хорошо охлажденный ацетон, в присутствии каталитических количеств кислоты, способствовало образованию бесцветного кристаллического продукта (5) с плотностью паров по водороду 74, нерастворимого в воде, легко возгоняющегося при нагревании и сгорающего на воздухе до углекислого газа и воды (6). При действии **жидкости** на диоксид свинца происходило образование белого осадка гидроксида свинца (II) (7). Раствор перманганата калия, при воздействии этой **жидкости**,

лишался своей характерной окраски, давал бурый осадок и газ, поддерживающий горение (8). А осадок сульфида свинца под влиянием этой **жидкости** менял чёрную окраску на белую (9).

1. На основании полученных данных, определите какое **жидкое вещество**, находилось в ёмкости из чёрного полимерного материала, назовите его, напишите уравнения реакций, приведите структурную формулу органического продукта реакции (5), учитывая, что степень окисления кислорода, входящего в этот продукт, такая же, как и в интересующем нас **веществе**, а массовые доли элементов в этом продукте – С – 48,65, Н – 8,11 и О – 43,24 %. Кроме того, плотность паров интересующей нас **жидкости** по гелию – 8,5, а массовая доля водорода в ней составляет 5,882 %.

2. Напишите к какому классу неорганических соединений относится это **вещество** и приведите уравнения его диссоциации по стадиям, не забывая назвать анионы.

Задача №10-3

Вещества X_1 , X_2, X_3 и X_6 содержат 40,00% углерода, 6,67% водорода и 53,33% кислорода по массе, а их молярные массы относятся как 1 : 2 : 3 : 6. Вещество X_1 является газом при комнатной температуре, его водный раствор применяется для хранения анатомических препаратов и дубления кожи. Вещество X_2 – жидкость, распространенный консервант, который можно найти практически на каждой кухне. Вещество X_1 можно получить при реакции спирта S_1 с оксидом меди (II) при нагревании (реакция 1), а жидкость X_2 – при окислении спирта S_2 раствором перманганата калия в присутствии серной кислоты (реакция 2). Вещество X_6 – один из продуктов процесса фотосинтеза, в присутствии определенного вида бактерий оно превращается в X_3 (реакция 3), а в присутствии дрожжей – в S_2 (реакция 4).

При нагревании растворов X_1 и X_6 с аммиачным раствором оксида серебра (I) на стенках пробирок появляется зеркальный налет (реакции 5 и 6), а при добавлении в растворы X_2 и X_3 пищевой соды наблюдается выделение газа (реакции 7 и 8).

1. Выведите простейшую формулу для веществ X . Приведите структурные формулы X_1 , X_2 , X_3 и X_6 (для вещества X_6 изобразите открытую форму в проекции Фишера и циклическую форму в проекции Хеуорса). Установите формулы спиртов S_1 и S_2 .

2. Напишите полные уравнения реакций 1–8, используя сокращенные структурные формулы органических веществ.

3. Рассчитайте, какой объем (при н.у.) газа X_1 следует растворить в 150 мл воды, чтобы получить 40 % раствор X_1 .

Задача № 10-4

Синтез-газ, представляющий собой смесь монооксида углерода и водорода, имеет большое значение в промышленном органическом синтезе. Для его получения обычно используют конверсию метана с водяным паром (реакция 1) или реакцию угля с водяным паром (реакция 2). В 1923 году компания BASF разработала процесс превращения синтез-газа в метанол (реакция 3) при температуре 250–300°C и под давлением 5–10 МПа в колонне синтеза, содержащей катализатор на основе оксидов меди и цинка.

1. Запишите уравнения реакций 1 и 2 и рассчитайте их тепловые эффекты (Q), если теплоты образования метана, газообразной воды и угарного газа составляют 74,8, 241,8 и 110,5 кДж/моль, соответственно.

2. При получении 8 кг метанола по описанному методу выделяется 22.7 МДж теплоты. Рассчитайте тепловой эффект реакции синтеза метанола (в кДж/моль) и запишите термохимическое уравнение реакции 3.

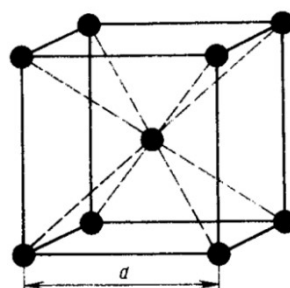
3. В колонну синтеза метанола был введен синтез-газ с начальными концентрациями водорода и угарного газа 0.7 моль/л. После установления равновесия выход метанола составил 20%. Рассчитайте равновесные концентрации всех веществ в колонне синтеза и значение константы равновесия, выраженной через молярные концентрации.

4. Как повлияет на выход метанола в данном процессе: а) понижение давления; б) понижение температуры; в) увеличение количества катализатора? Ответы аргументируйте, используя принцип Ле Шателье.

5. Рассчитайте, во сколько раз увеличится скорость реакции синтеза метанола, при повышении температуры синтеза от 250 до 350 °С, если температурный коэффициент Вант-Гоффа равен 2.5.

Задача №10-5

Элемент X был открыт сравнительно недавно, но сразу же нашел применение во многих областях, включая медицину и военную промышленность. Простое вещество X имеет кубическую объемно-центрированную кристаллическую решетку ($a = 5,148 \text{ \AA}$). Плотность кристалла – 5,5 г/см³.



X бурно реагирует с водой (*р-ция 1*), окисляется на воздухе (*р-ция 2*). Стеклоянная посуда, в которой хранятся образцы, содержащие большое количество X, темнеет. Все соединения X, находящиеся в контакте с воздухом, обладают бледно-голубым свечением. Любой объект, содержащий X, постоянно выделяет тяжелый инертный газ. Хлорид элемента X реагирует с сульфатом магния (*р-ция 3*) и с фторидом калия (*р-ция 4*).

1. Определите элемент X;

2. Напишите реакции 1 – 4;

3. Каким свойством элемента X объясняется свечение и изменение цвета стекла и образцов?

4. При растворении в воде продуктов окисления X воздухом остается серый осадок, содержащий 96,03 % X. Напишите формулу этого осадка и уравнение реакции его растворения в соляной кислоте.

1.1.4. Задания 11 класса

Задача №11-1

Металл X является компонентом многих сплавов. Хлорирование металла приводит к образованию плохо растворимых в воде кристаллов X₁ фиолетового цвета (*реакция 1*). Растворение катализируется солями восстановителями – Fe²⁺, Sn²⁺, X²⁺. При выпаривании водных растворов X₁ образуется кристаллогидрат X₂. Для полного превращения 1 г X₂ в X₁ необходимо 8 г хлористого тионила (избыток 77,6%) (*реакция 2*).

Исходя из X₁, можно получить различные X-органические соединения. Так, реакция бензола, X₁ и металлического алюминия в присутствии AlCl₃ при повышенных температуре и давлении приводит к образованию солеобразного соединения X₃ (массовая доля X 13,79%, содержит тетраэдрический анион) (*реакция 3*), восстановление которого дитионитом натрия в щелочной среде приводит к одному из представителей класса сэндвичевых соединений –

веществу **X₄**. Сжигание 1,67 г **X₄** в избытке кислорода при 500°С приводит к образованию 0,61 г темно-зеленого порошка **X₅** и газообразным продуктам (**реакция 4**).

1. Определите металл **X**, вещества **X₁–X₄**. Ответ подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения **реакций 1–4**.

Задача №11-2

При облучении легких металлов **X** и **Y** α -частицами выделяются нейтральные частицы и образуются элементы **X1** и **Y1**.

Водородные соединения элементов **X1** и **Y1** ведут себя по-разному: В случае **X1** это стабильное вещество с плотностью менее 1 г/л, разлагающееся лишь при высоких температурах (**реакция 1**) и не взаимодействующее с гидроксидом калия; производное **Y1** воспламеняется при контакте с воздухом (**реакция 2**). Водородное соединение **Y1** можно получить при нагревании элементарного **Y1** в растворе гидроксида калия (**реакция 3**).

Высшие оксиды **X1** и **Y1** тоже различаются: Производное **X1** при нормальных условиях является газом (плотность по дейтерию $D(D_2) = 11$). Продукт окисления **Y1** – твердое вещество ($\omega(Y1) = 43,64\%$).

Нагревание смеси элементов **Y** и **Y1** приводит к образованию вещества **Z** (**реакция 4**), в котором элементы находятся в отношении 1:1. **Z** реагирует с водой, при этом образуется водородное соединение **Y1**.

Оксиды элементов **X1** и **Y1** реагируют с водой, образуя соответственно слабую и средней силы кислоту. Натриевая средняя соль кислоты, образованной **X1**, реагирует с хлоридом кальция с выпадением белого осадка (**реакция 5**), который растворяется при дальнейшем пропускании оксида **X1** через раствор (**реакция 6**); Кислота, содержащая **Y1** ($\omega(Y1) = 31,61\%$), реагирует с молибдатом аммония, при этом выпадает желтый осадок.

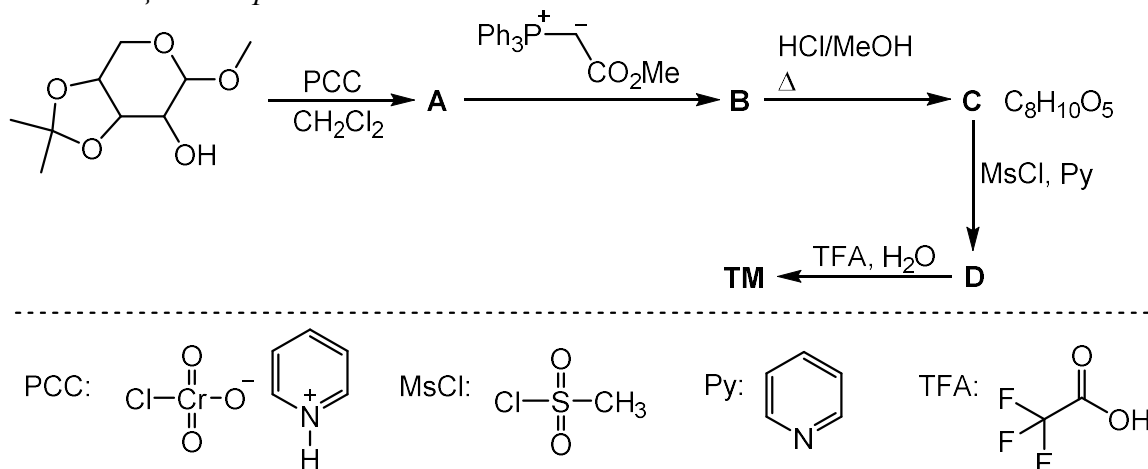
Примечание: При решении задачи учитывайте возможность образования изотопов (± 1 а.е.м. от табличного значения атомной массы).

1. Назовите вещества **X**, **Y**, **X1**, **Y1** и **Z**.

2. Напишите уравнения ядерных реакций **X** и **Y** с α -частицами и уравнения химических реакций 1–6.

Задача № 11-3

Некоторые плесневые грибы выделяют микотоксин патулин (структура **TM**), обладающий антибактериальными свойствами. Ниже приведен метод синтеза патулина, исходя из замещенной арабинозы:



В продукте **B** преобладает (*E*)-изомер. Переход **B** – **C** представляет собой реакцию циклизации.

Про конечный продукт **TM** известно следующее:

1. Состоит из двух гетероциклов, один из которых – лактон

2. Содержит систему из трех сопряженных π -связей

3. По данным элементного анализа: C – 54.55%; H – 3.92%; O – 41.52%.

1. Изобразите структуры соединений **A** – **D** и **ТМ**. Для соединения **B** изобразите строение обоих изомеров;

2. Предложите метод синтеза реагента, используемого на стадии **A** – **B**. Исходите из уксусной кислоты.

Задача №11-4

Синтез-газ, представляющий собой смесь монооксида углерода и водорода, имеет большое значение в промышленном органическом синтезе. Для его получения обычно используют конверсию метана с водяным паром (*реакция 1*) или реакцию угля с водяным паром (*реакция 2*). В 1923 году компания BASF разработала процесс превращения синтез-газа в метанол (*реакция 3*) при температуре 250–300°C и под давлением 5–10 МПа в колонне синтеза, содержащей катализатор на основе оксидов меди и цинка.

1. Запишите уравнения *реакций 1 и 2* и рассчитайте их тепловые эффекты (Q), если теплоты образования метана, газообразной воды и угарного газа составляют 74,8, 241,8 и 110,5 кДж/моль, соответственно.

2. При получении 8 кг метанола по описанному методу выделяется 22,7 МДж теплоты. Рассчитайте тепловой эффект реакции синтеза метанола (в кДж/моль) и запишите термохимическое уравнение *реакции 3*.

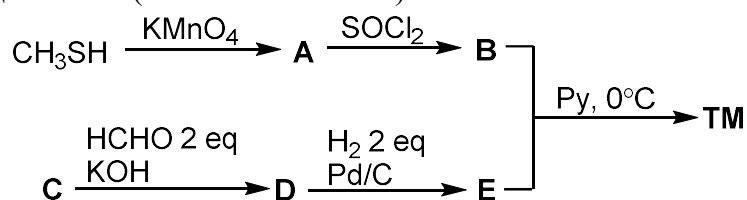
3. В колонну синтеза метанола был введен синтез-газ с начальными концентрациями водорода и угарного газа 0,7 моль/л. После установления равновесия выход метанола составил 20%. Рассчитайте равновесные концентрации всех веществ в колонне синтеза и значение константы равновесия, выраженной через молярные концентрации.

4. Как повлияет на выход метанола в данном процессе: а) понижение давления; б) понижение температуры; в) увеличение количества катализатора? Ответы аргументируйте, используя принцип Ле Шателье.

5. Рассчитайте, во сколько раз увеличится скорость реакции синтеза метанола, при повышении температуры синтеза от 250 до 350°C, если температурный коэффициент Вант-Гоффа равен 2,5.

Задача №11-5

Миелосан – алкилирующий препарат, используемый, в том числе в трансплантологии, получают по следующей схеме (обозначен как **ТМ**):



Известно, что соединение **A** – сильная кислота, не обладающая, в отличие от серной кислоты, коррозионными и окислительными свойствами.

О веществе **D** известно следующее:

1. Не реагирует с $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Br}$
2. Вступает в реакцию электрофильного присоединения галогенов
3. Реагирует с металлическим натрием
4. При реакции с подкисленным водным раствором сульфата ртути (II) в продуктах обнаруживается вещество, дающее положительную пробу с 2,4-динитрофенилгидразином
5. Элементный состав: C – 55,81 %; H – 7,03 %; O – 37,17 %

1. Изобразите структурные формулы соединений **A–E** и **ТМ**. Учтите, что конечный продукт имеет симметричное строение;

2. Напишите схему реакции **D** с кислым водным раствором сульфата ртути (II). Как продукт этой реакции реагирует с 2,4-динитрофенилгидразином?

3. При кипячении **ТМ** с раствором едкого кали образуется студенистый осадок **Г** и органическое вещество. Напишите уравнение этой реакции;

4. Препарат, содержащий миелосан, растворили в мерной колбе на 50,0 мл, отобрали 10,0 мл полученного раствора и гидролизовали его 50,0 мл 0,100 н. гидроксида натрия. На титрование избытка щелочи израсходовали 12,00 мл 0,010 н. раствора соляной кислоты. Определите массу чистого миелосана в препарате. Результат укажите с точностью до трех знаков после запятой.

1.2 Задания Теоретического тура

1.2.1 Задания 7-8 класса

Задача №8-1

К юному химику Артёму пришёл друг Илья. Незадолго до этого Артём из букв сложил названия 8 редких, но весьма ценных химических элементов. Илья не заметил сложенные названия и перепутал буквы, а затем собрал их вместе в виде квадрата. Названия были утрачены, однако Артём сохранил описание этих химических элементов.

Помогите ребятам расшифровать потерянные названия используя буквы из головоломки. Буквы из разных названий не пересекаются, т.е. одна и та же буква не используется дважды в названии элементов. О зашифрованных элементах известно:

Б	А	Й	Т	А	Й	И
В	Л	И	Л	И	Т	Е
И	Д	Л	Й	Т	Г	Й
А	Л	А	И	Л	И	Л
Р	И	Н	А	Д	Н	И
Н	Т	К	Н	Й	Н	А
И	С	Й	А	Д	Н	И

1) элемент широко применяется в современных источниках питания, своё название получил из-за того, что был обнаружен в «камнях»;

2) элемент входит в состав изумрудов; из-за сладкого вкуса растворимых в воде соединений этого элемента, его вначале называли «глиций»;

3) элемент образует многочисленные соединения с красивой окраской, отсюда и название элемента, связанное с именем скандинавской богини любви и красоты *Фрейи* (в переводе со сканд. «дочь Ванов»);

4) многие думают, что название своё этот элемент получил в честь большой страны в Азии, однако назван этот элемент из-за цвета полосы в его эмиссионном спектре;

5) элемент получил своё название в честь детей *Геи*, богини древнегреческой мифологии; важная область применения этого элемента - авиа- и ракетостроение;

6) название этому элементу дал *Берцелиус* из-за истории открытия этого элемента (в переводе с греческого «скрываюсь», «таюсь»); элемент дал название целому семейству элементов в таблице Д.И. Менделеева;

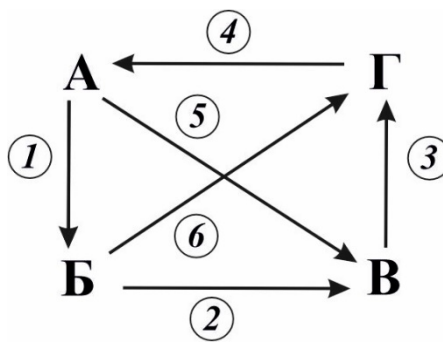
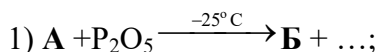
7) элемент был предсказан *Д.И. Менделеевым* (как «экабор») в статье от 11 декабря 1870 года;

8) *Поль Эмиль Лекок де Буабодран* назвал элемент в честь своей родины Франции, однако пятью годами ранее *Д.И. Менделеев* описал этот элемент под названием «экаалюминий».

Заменяв только первую букву в названии элемента под номером 8 в вышеприведённом списке на первую букву из названия элемента под номером 5, Илья получил название ещё одного элемента (его название переводится как «зеленеющая ветвь») (элемент 9). Если в названии элемента под номером 6 заменить одну букву «н» на ещё одну «т», то можно собрать название элемента, который из-за трудностей получения был назван по имени героя мифологического царя, обречённого на вечные муки (элемент 10).

Задача №8-2

На схеме приведены превращения веществ А-Г, содержащих элемент Х:



элемента

- 2) $\text{B} + \text{F}_2 \rightarrow \text{B} + \dots$;
- 3) $\text{B} + \text{RbOH}_{(\text{конц.})} \rightarrow \text{Г} + \dots$;
- 4) $\text{Г} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{А} + \dots$;
- 5) $\text{А} + \text{F}_2 \rightarrow \text{В} + \dots$;
- 6) $\text{Б} + \text{RbOH}_{(\text{р-р})} \rightarrow \text{Г} + \dots$

О веществах **А-Г** известно следующее:

1) вещество **А** – сильная кислота ($\omega_{\text{Х}} = 35,32\%$); бесцветная жидкость; сильный окислитель в концентрированном состоянии и очень слабый при разбавлении; соли цезия и рубидия плохо растворимы в воде;

2) вещество **Б** – оксид неметалла, имеющий ионное строение; жидкость; окислитель; элемент **Х** в **Б**, находится в высшей степени окисления ($\omega_{\text{О}} = 61,2\%$);

3) вещество **В** (впервые получено Бодэ в 1951 г.) – бесцветный газ, плохо растворимый в воде; слабый окислитель; плотность по фтору равна 2,697; молекулярная масса **В** отличается от молекулярной массы **А** на 2 г/моль;

4) вещество **Г** – соль, плохо растворимая в воде; $\omega_{\text{Rb}} = 46,1\%$.

Определите элемент **Х**, качественный и количественный состав соединений **А-Г** (ответ подтвердите расчетом или логичным рассуждением). Напишите уравнения реакций 1–6.

Задача №8-3

16,1 г известного кристаллогидрата $\text{А} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ растворили в 200 г воды. Затем к полученному раствору добавили 100 г раствора нитрата бария. Образовалось 7 г белого кристаллического осадка. Полученный после отделения осадка раствор упарили, удалив из него 167 г воды. Концентрация соли **А** в конечном растворе составила 2% (мас.).

Определите состав исходного кристаллогидрата $\text{А} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ и концентрацию (% , мас) использованного раствора нитрата бария, если известно, что массовая доля кислорода в **А** составляет 45,07%. Какое тривиальное название имеет вещество $\text{А} \cdot x\text{H}_2\text{O}$?

Задача № 8-4

Бинарное вещество **А** белого цвета, массой 12,7 г растворили в воде. Полученный раствор разделили на две равные части. В первую часть добавили необходимое количество соли **Б** ($M(\text{Б}) = 103$ г/моль) и наблюдали выпадение светло-жёлтого осадка **В** (реакция 1). Осадок **В** отделили и просушили, его масса составила 9,4 г. Затем осадок прокалили до постоянной массы. Образовался серый мелкий порошок **Г**, массой 5,4 г (реакция 2). Во вторую часть исходного раствора добавили необходимое количество соли **Д** ($M(\text{Д}) = 106$ г/моль) и вновь наблюдали выпадение светло-жёлтого осадка **Е** (реакция 3). После отделения и просушки осадка **Е** его масса составила 6,9 г. Прокалив осадок **Е** при температуре 220°C , его масса уменьшилась на 15,94 % при этом наблюдали образование твёрдого остатка тёмно-коричневого цвета (вещество **Ж**) и выделение бесцветного газа **З** с плотностью по гелию равной 11 (реакция 4). Дальнейшее нагревание **Ж** при температуре 300°C приводит к образованию серого мелкого порошка **Г**, массой 5,4 г и выделению газа **И** с плотностью по диоксиду серы равной 0,5 (реакция 5). Нагревание осадка **Г** в смеси перекиси водорода и концентрированной плавиковой кислоты (**К**) при 80°C приводит к образованию вещества **А** (реакция 6).

Определите вещества **A–И** и напишите уравнения реакций 1–6.

Задача №8-5

Смесь трёх минералов (*галит* (**A**), *сильвин* (**B**) и *карналлит* (**B**)) массой 41,05 г растворили в воде. Через полученный раствор пропустили избыток аммиака. Наблюдали выпадение белого осадка (**Г**) массой 5,8 г (*реакция 1*), который при нагревании образует два оксида, при этом потеря массы твёрдого остатка составляет 31,04% (*реакция 2*). Оставшийся раствор прокипятили до полного удаления свободного аммиака, охладили и добавили раствор нитрата серебра. Выпал белый творожистый осадок (**Д**) массой 71,75 г, а в растворе образовались три хорошо растворимые в воде соли **E**, **Ж** и **З** ($M(\text{E}) < M(\text{Ж}) < M(\text{З})$) (*реакция 3*). Если исходную смесь минералов нагреть, то образуется смесь трех солей массой 30,25 г., представляющих собой бинарные соединения. Дополнительно известно, что ионы, входящие в состав исследованных минералов, окрашивают пламя газовой горелки: в желтый (*галит*) и фиолетовый (*сильвин* и *карналлит*) цвета. Масса *сильвина* в исходной смеси в 1,2735 раза больше массы *галита*. Заметим, что *галит* и *сильвин* содержат в своём составе по два иона, а *карналлит* три иона, причём соотношение ионов металлов в *карналлите* 1:1.

Определите химический состав минералов **A–B** и количественный состав смеси минералов (ответ подтвердите расчётами), определите вещества **Г–Ж** и напишите молекулярные уравнения реакций 1–2 и ионное уравнение реакции 3.

1.2.2 Задания 9 класса

Задача №9-1

Травление сплавов металла **X** обычно проводится кислотой **Y**, при этом выделяется бесцветный газ, быстро бурящийся на воздухе. Основным компонентом образующегося раствора является соль **Z**, которая после упаривания растворителя при 60°C кристаллизуется в виде гидрата с массовым содержанием воды 22,356 %. К одной порции раствора **Z** был добавлен цинк (*реакция 1*), при этом выпал красный осадок, который растворили в растворе пероксодисульфата калия (*реакция 2*). К другой порции раствора **Z** был добавлен раствор карбоната натрия (*реакция 3*), при этом выпал осадок, который при термическом разложении теряет 27,93% массы (*реакция 4*). К третьей порции раствора **Z** был добавлен раствор оксалата аммония (*реакция 5*), при этом выпал осадок, который при термическом разложении теряет 57,89% массы (*реакция 6*). К четвертой порции раствора **Z** был добавлен избыток раствора аммиака (*реакция 7*), полученный раствор вещества **A** (массовая доля кислорода 43,243%) подвергли электролизу с инертным анодом (*реакция 8*). К пятой порции раствора **Z** был добавлен избыток раствора пиррофосфата калия (*реакция 9*), полученный раствор вещества **B** (массовая доля кислорода 34,675%) подвергли электролизу с анодом, состоящим из **X** (*реакция 10*).

1. На основании расчетов определите формулы веществ **X**, **Y**, **Z**, а также кристаллогидрата соли **Z**. Напишите уравнение реакции взаимодействия **X** с разбавленным раствором **Y**.

2. Приведите формулы и названия веществ **A** и **B**.

3. Напишите уравнения реакций 1–10. Для реакций электролиза (8 и 10) приведите уравнения электродных процессов и суммарной реакции.

Задача №9-2

Вещества A_1 и A_2 представляют собой бесцветные аморфные гелеобразные гидроксиды, нерастворимые в воде. A_1 растворяется в растворе гидроксида натрия, а A_2 – как в растворе гидроксида натрия, так и в соляной кислоте.

Вещества B_1 и B_2 являются бесцветными ядовитыми газами с отвратительными запахами. При сжигании B_1 образуется газ, окисление которого веществом B_3 приводит к кислоте V_1 (реакция 1). При сжигании B_2 образуется гигроскопичный белый порошок, который растворяется в воде с образованием кислоты V_2 (реакция 2). При взаимодействии кислот V_1 и V_2 с раствором гидроксида бария (реакции 3 и 4) в определенном соотношении можно получить нерастворимые соли G_1 и G_2 .

Вещества D_1 и D_2 – белые порошки, которые при внесении в воду разлагаются (реакции 5 и 6), выделяя легкий горючий газ и образуя растворимые соединения E_1 и E_2 . Если через раствор E_1 пропустить избыток углекислого газа (реакция 7), то выпадает осадок A_2 .

Дополнительно известно, что:

- вещества, обозначенные одинаковыми буквами, имеют одинаковые молярные массы;
- A_1 и A_2 при нагревании разлагаются с образованием оксидов, являющихся основой множества драгоценных камней;
- B_1 – B_3 – бинарные вещества, содержащие один общий элемент;
- D_1 и D_2 широко используются в качестве восстановителей в органической химии.

1. Определите формулы всех зашифрованных веществ, ответ аргументируйте.

2. Запишите уравнения реакций 1–7.

Задача №9-3

Смесь трёх минералов (галит (А), сильвин (Б) и карналлит (В)) массой 41,05 г растворили в воде. Через полученный раствор пропустили избыток аммиака. Наблюдали выпадение белого осадка (Г) массой 5,8 г (реакция 1), который при нагревании образует два оксида, при этом потеря массы твёрдого остатка составляет 31,04% (реакция 2). Оставшийся раствор прокипятили до полного удаления свободного аммиака, охладили и добавили раствор нитрата серебра. Выпал белый творожистый осадок (Д) массой 71,75 г, а в растворе образовались три хорошо растворимые в воде соли Е, Ж и З ($M(E) < M(Ж) < M(З)$) (реакция 3). Если исходную смесь минералов нагреть, то образуется смесь трех солей массой 30,25 г., представляющих собой бинарные соединения. Дополнительно известно, что ионы, входящие в состав исследованных минералов, окрашивают пламя газовой горелки: в желтый (галит) и фиолетовый (сильвин и карналлит) цвета. Масса сильвина в исходной смеси в 1,2735 раза больше массы галита. Заметим, что галит и сильвин содержат в своём составе по два иона, а карналлит три иона, причём соотношение ионов металлов в карналлите 1:1.

Определите химический состав минералов А–В и количественный состав смеси минералов (ответ подтвердите расчётами), определите вещества Г–Ж и напишите молекулярные уравнения реакций 1–2 и ионное уравнение реакции 3.

Задача № 9-4

В лаборатории проводилось исследование серии бесцветных солей S_1 – S_5 . Было выявлено, что все соли растворимы в воде и окрашивают пламя спиртовки в желто-оранжевый цвет. Далее было проведено исследование термической устойчивости солей и действия на них раствора соляной кислоты. Полученные результаты приведены в таблице:

Соль	Действие раствора HCl	Нагревание твердой соли
------	-----------------------	-------------------------

S_1	Выделился бесцветный газ G_1 (реакция 1), вызывающий помутнение известковой воды (реакция 2)	Устойчива к прокаливанию
S_2	Видимых изменений не наблюдалось	При быстром нагревании до 400°C над щелочным катализатором превращается в соль S_4 , выделяя легкий горючий газ G_2 (реакция 3)
S_3	Выделился газ G_1 (реакция 4), а при внесении в полученный раствор MnO_2 дополнительно выделился бесцветный газ G_3 (реакция 5)	Уже при небольшом нагревании нацело разлагается с выделением смеси газов G_1 и G_3 и образованием соли S_1 (реакция 6)
S_4	Видимых изменений не наблюдалось	При нагревании до 450°C превращается в соль S_1 , выделяя газ G_4 (реакция 7)
S_5	Выделился газ G_1 (реакция 8)	При нагревании до 80°C разлагается с выделением газа G_1 и образованием соли S_1 (реакция 9)

Дополнительно известно, что все исследованные соли содержат три общих элемента, а газы G_1 и G_4 имеют одинаковый качественный состав.

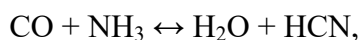
1. На основании проведенных экспериментов определите формулы солей S_1 – S_5 и формулы газов G_1 – G_4 .

2. Напишите уравнения реакций 1–9.

3. Как в одну стадию превратить соль S_1 в: а) соль S_3 , б) соль S_5 ? Приведите соответствующие уравнения реакций.

Задача №9-5

Равновесие реакции



протекающей при 500°C в реакторе объемом 4,7 л, установилось при достижении следующих количеств участников:

$n(\text{CO}) = 2,3$ моль,

$n(\text{NH}_3) = 2,2$ моль,

$n(\text{H}_2\text{O}) = 5,4$ моль,

$n(\text{HCN}) = 5,7$ моль.

Какие количества участников установятся в реакторе, если из реакционной смеси вывести 1,8 моль циановодорода?

1.2.3. Задания 10 класса

Задача №10-1

Элемент X существует в нескольких модификациях: серой, красной, черной и т.д. Серый γ - X , называемый также «металлическим» – полупроводник. X растворим в сероуглероде. Меняя скорость испарения сероуглерода, можно получить кристаллы красного кристаллического α , β и γ - X , образованные циклическими молекулами X .

Температура кипения сероуглерода $46,2^{\circ}\text{C}$, эбуллиоскопическая постоянная $E = 2,34$ К·кг/моль. В 100 г сероуглерода растворили 500 мг **X**, после чего температура кипения увеличилась и составила $46,2185^{\circ}\text{C}$.

Элементарный **X** окисляется при нагревании на воздухе (реакция 1), образует соединения с галогенами и расплавленными щелочными металлами. В высшем фториде (плотность по оксирану 4,39) массовая доля **X** составляет 40,93%.

При окислении **X** концентрированной азотной кислотой (реакция 2) получается вещество, обладающее сильными окислительными свойствами и образующее при растворении в воде кислоту **A** (реакция 3). Так, метилэтилкетон под его действием превращается в диацетил (реакция 4). Реакция **X** с хлорной водой приводит к другой кислоте, **B** (реакция 5), более сильной, чем серная кислота. Золото в этой кислоте растворяется, переходя в степень окисления +3 (реакция 6).

1. Рассчитайте молярную массу молекул **X**, растворенных в сероуглероде. Определите элемент **X** и формулу его молекулы. Со свойствами какого элемента проявляется сходство?

2. Определите формулу высшего фторида **X**. Определите гибридизацию орбиталей атома **X** в этом соединении и форму молекулы. Приведите формулы кислот **A** и **B**.

3. Напишите уравнения реакций 1–6;

Кислота **B** способна окислить хлороводород до хлора. $\varphi^{\circ} \text{B}^{\text{n-}}/\text{A}^{\text{m-}} = 1,147 \text{ В}$, $\varphi^{\circ} \text{Cl}_2/2\text{Cl}^{-} = 1,359 \text{ В}$. При 298 К созданы концентрации компонентов: $[\text{HCl}] = 0,1$ моль/л, $[\text{Cl}_2] = 0,002$ моль/л, $[\text{B}] = 0,01$ моль/л, $[\text{A}] = 0,005$ моль/л.

4. Напишите уравнение реакции, рассчитайте стандартную ЭДС реакции и ЭДС в созданных условиях.

Задача №10-2

Вещества **A₁** и **A₂** представляют собой бесцветные аморфные гелеобразные гидроксиды, нерастворимые в воде. **A₁** растворяется в растворе гидроксида натрия, а **A₂** – как в растворе гидроксида натрия, так и в соляной кислоте.

Вещества **B₁** и **B₂** являются бесцветными ядовитыми газами с отвратительными запахами. При сжигании **B₁** образуется газ, окисление которого веществом **B₃** приводит к кислоте **B₁** (реакция 1). При сжигании **B₂** образуется гигроскопичный белый порошок, который растворяется в воде с образованием кислоты **B₂** (реакция 2). При взаимодействии кислот **B₁** и **B₂** с раствором гидроксида бария (реакции 3 и 4) в определенном соотношении можно получить нерастворимые соли **Г₁** и **Г₂**.

Вещества **D₁** и **D₂** – белые порошки, которые при внесении в воду разлагаются (реакции 5 и 6), выделяя легкий горючий газ и образуя растворимые соединения **E₁** и **E₂**. Если через раствор **E₁** пропустить избыток углекислого газа (реакция 7), то выпадает осадок **A₂**.

Дополнительно известно, что:

- вещества, обозначенные одинаковыми буквами, имеют одинаковые молярные массы;
- **A₁** и **A₂** при нагревании разлагаются с образованием оксидов, являющихся основой множества драгоценных камней;
- **B₁–B₃** – бинарные вещества, содержащие один общий элемент;
- **D₁** и **D₂** широко используются в качестве восстановителей в органической химии.

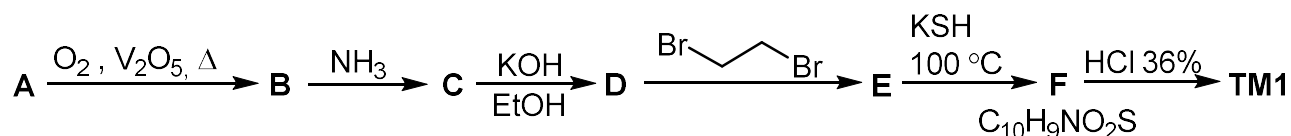
1. Определите формулы всех зашифрованных веществ, ответ аргументируйте.

2. Запишите уравнения реакций 1–7.

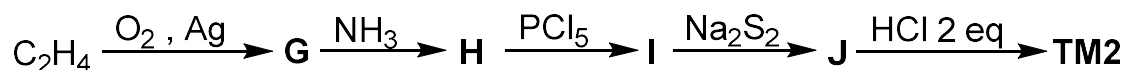
Задача №10-3

В середине XX века было установлено, что протеиногенная аминокислота **X** имеет способность защищать организм от воздействия радиационного облучения путем связывания свободных радикалов. В результате исследований, направленных на повышение эффективности радиопротекторов, появились меркамин (**TM1**) и цистамин (**TM2**).

Синтез меркамина начинается с каталитического окисления углеводорода **A**, содержащего 93,71% углерода. Известно также, что при обработке соединения **F** соляной кислотой побочным продуктом является ароматическая двухосновная кислота.



Вещество **H**, из которого синтезируют более эффективный цистамин, получают в больших объемах, разделяя ректификацией продукты реакции аммиака с **G**. Вещество **I** имеет брутто-формулу $C_2H_7NCl_2$.



Полупродукт **J** имеет симметричное строение и выделяется после реакции в виде основания.

1. Изобразите структурные формулы веществ **A – J**, **TM1** и **TM2**;
2. На основании структур **TM1** и **TM2** назовите аминокислоту **X**

Задача № 10-4

Согласно современным представлениям, человеку массой 80 кг для нормальной жизнедеятельности необходимо ежедневно употреблять пищу, содержащую 2700 ккал. Известно, что при полном сжигании 1 г сахарозы выделяется 16,53 кДж энергии.

1. Выведите молекулярную формулу сахарозы, если соотношение массовых долей в молекуле сахарозы углерода/кислорода и углерода/водорода равно 0,817 и 6,578 соответственно. Составьте термохимическое уравнение окисления сахарозы кислородом.

2. Зная, что 1 кал соответствует 4,184 Дж, рассчитайте массу сахарозы, который человек должен съесть для удовлетворения суточной потребности калорий.

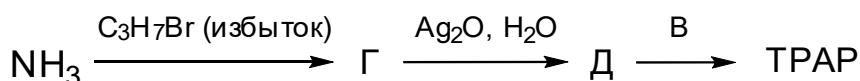
3. Человеческий организм состоит на 60 % из воды, остальное приходится на костный материал. Вода обладает теплоемкостью ≈ 1 кал/(г·К), что позволяет ей поглощать выделяющуюся энергию. Считая человека теплоизолированной системой, в которой энергия химической реакции переходит в тепловую энергию, рассчитайте изменение температуры тела при употреблении суточной дозы сахарозы, полученной в предыдущем условии. Теплоемкость костей примите равной половине теплоемкости воды.

4. Температура человеческого тела поддерживается постоянной около 36–37 °С. Пусть охлаждение человека будет происходить за счет испарения воды. Какая масса воды должна испариться, чтобы полностью компенсировать повышение температуры из предыдущего пункта. Теплоту испарения воды принять равной 42,95 кДж/моль.

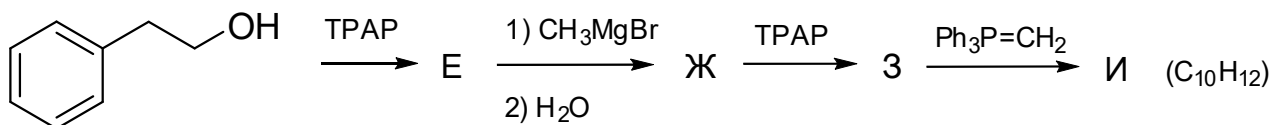
Задача №10-5

Металл **М** входит в состав многих специфических реагентов, применяемых в химии. **М** имеет плотность 12,41 г/см³ и гексагональную кристаллическую решетку с параметрами элементарной ячейки $a = 2,706 \text{ \AA}$, $c = 4,268 \text{ \AA}$ (см. рисунок справа). Одним из важнейших стартовых соединений **М** является хлорид **А**, который содержит 51,34% хлора по массе и образуется при прямом хлорировании **М** (реакция 1). Если вещество **А** растворить в избытке соляной кислоты и пропустить через раствор аммиак, выпадает пурпурно-красный осадок вещества **Б**, использующегося как индикатор при окислительно-восстановительном титровании. Вещество **Б** содержит по массе 35,31% **М**, 22,84% азота, 24,83% хлора и 11,18% кислорода и имеет в масс-спектре пик $m/z = 858$. При осторожном нагревании до 150°C **Б** теряет 8,39% массы. Раствор, содержащий 8,58 мг **Б** в 100 мл растворителя, имеет осмотическое давление 1,734 кПа при стандартных условиях.

Другое интересное **М**-содержащее вещество имеет латинскую аббревиатуру ТРАР и применяется в органическом синтезе в качестве мягкого и селективного окислителя. Оно представляет собой соль, состоящую из однозарядных органического катиона и неорганического аниона. Для синтеза ТРАР соль **А** сначала обрабатывают избытком бромата и карбоната натрия (реакция 2), при этом образуется зеленый раствор соли **В**. Дальнейший синтез ТРАР отражен на схеме:



В качестве примера использования ТРАР можно привести следующую схему синтеза соединения **И**:



1. Определите при помощи расчетов металл **М**, а также брутто-формулы солей **А**, **Б** и **В**, напишите уравнения реакций 1 и 2.

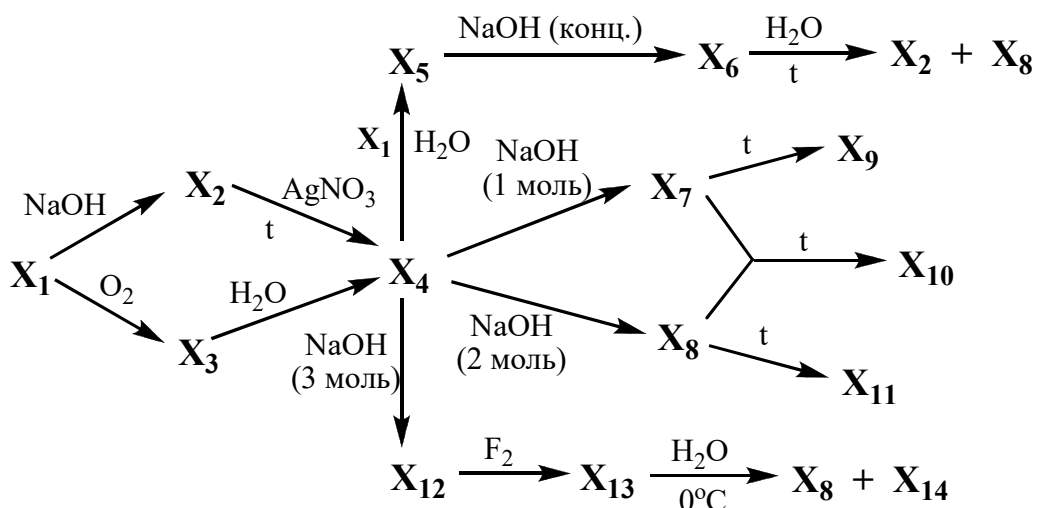
2. Определите изотонический коэффициент в растворе вещества **Б**, приведите формулу **Б**, выделяя внутреннюю сферу комплексного иона в квадратные скобки. Напишите уравнение диссоциации **Б** в растворе.

3. Определите структурные формулы веществ **Г–И** и ТРАР. Назовите ТРАР (расшифруйте эту аббревиатуру).

1.2.4.Задания 11 класса

Задача №11-1

На схеме зашифрованы превращения соединений, содержащих элемент **Х**:



Дополнительно известно:

– X_1 – бинарное соединение, имеющее геометрию тригональной пирамиды, в котором $\square(\text{X}) = 22,55\%$;

– X_4 – трехосновная кислота (константы диссоциации: $K_{a1} = 7,1 \cdot 10^{-3}$, $K_{a2} = 6,2 \cdot 10^{-8}$, $K_{a3} = 5 \cdot 10^{-13}$);

– вещества X_6 , X_{10} , X_{12} и X_{13} имеют одинаковый качественный состав.

1. Расшифруйте представленную схему превращений, запишите уравнения всех реакций, представленных на схеме (всего 15 уравнений).

В мерную колбу на 200 мл поместили аликвоту 85% раствора кислоты X_4 объемом 2,73 мл ($\rho = 1,689$ г/мл), довели до метки дистиллированной водой и тщательно перемешали. Полученный раствор (раствор А) разделили на две равные части. К первой части добавили 200 мл 0,1 моль/л раствора NaOH, при этом был получен раствор В. Ко второй части добавили 60 мл 1 моль/л раствора NaOH, при этом был получен раствор С.

2. Рассчитайте молярные концентрации веществ в растворах А и В и pH растворов А–С.

Задача №11-2

На представленных схемах зашифрованы реакции термического разложения трех солей металла М:

Соль 1: $\text{MX}_2\text{Y}_2\text{Z}_2 \rightarrow \text{MX} + \text{YX}_2 + \text{Y}_3\text{Z}_4$ (реакция 1)

Соль 2: $\text{MY}_2\text{Z}_2\text{W}_2 \rightarrow \text{M} + \text{YW} + \text{Z}_2$ (реакция 2)

Соль 3: $\text{MZ}_2\text{W}_6 \rightarrow \text{M} + \text{ZW}_2 + \text{W}_2$ (реакция 3)

Дополнительно известно, что:

– массовая доля М в соли 1 равна 63,41%.

– при разложении соли 2 образуется газовая смесь (125°C) с плотностью по W_2 равной 0,875.

– при разложении соли 3 образуется газовая смесь (425°C) с плотностью по W_2 равной 2,539.

При действии соляной кислоты на соль 3 образуется осадок вещества А (реакция 4), а при добавлении к раствору соли 3 гидроксида калия выпадет осадок вещества Б (реакция 5). Реакция твердого А с газообразным аммиаком (реакция 6) приводит к веществу В, если же реакцию проводить с водным раствором аммиака (реакция 7), то образуется вещество Г. Вещество Б растворяется в избытке водного раствора иодида калия с образованием

соединения Д (реакция 8). Добавление к Д водного раствора аммиака в присутствии КОН приводит к выпадению бурого осадка Е (реакция 9). Соединения А–Е содержат в своем составе металл М, причем массовые доли М в веществах В, Г и Е равны соответственно 65.69%, 79.60% и 71.66%.

1. Установите символы всех зашифрованных элементов (М, Х, Y, Z, W) и формулы солей 1–3, ответ подтвердите расчетом. Приведите названия солей 1 и 2.
2. Напишите уравнения реакций разложения солей 1–3 (реакции 1–3).
3. Установите формулы веществ А–Е, в формулах В, Г, Д, Е комплексные ионы выделяйте квадратными скобками.
4. Напишите уравнения реакций 4–9.

Задача № 11-3

Металл Х и его соединения используются в промышленности, химии, медицине, а сам Х является микроэлементом. Некоторые изотопы Х претерпевают β^- -распад, образуя изотопы галлия. Х реагирует при нагревании с халькогенами, активно реагирует с кислотами и щелочами.

Для некоторых превращений соединений Х измерены тепловые эффекты:

1. $X_n S_m \rightarrow nX + mS$; $\Delta H^\circ = 200.5$ кДж/моль
2. $2X_n S_m + kO_2 \rightarrow 2X_n O_p + qSO_2$; $\Delta H^\circ = -893.5$ кДж/моль
3. $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$; $\Delta H^\circ = -198.2$ кДж/моль
4. $X_n(SO_4)_y \rightarrow X_n O_p + ySO_3$; $\Delta H^\circ = 235$ кДж/моль

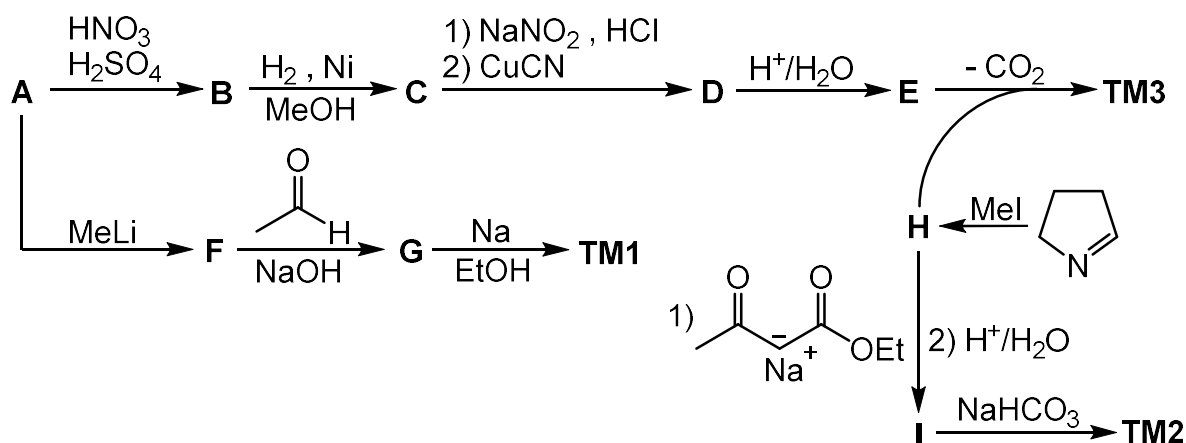
Ион Х образует комплексное соединение с пиридином. Логарифмы общих констант устойчивости (образования):

$$\lg \beta_1 = 1.41; \lg \beta_2 = -0.3; \lg \beta_3 = 1.61; \lg \beta_4 = 1.93.$$

1. Определите элемент Х.
2. Расставьте коэффициенты в реакциях 1–4 и вычислите энтальпию образования сульфата Х.
3. Напишите в ионном виде реакцию образования комплекса Х с пиридином (пиридин обозначайте как Ру). Вычислите мольные доли свободного иона Х и комплексной частицы XPu_4^{m+} , если $[X] = 0,05$ моль/л и $[Pu] = 0,6$ моль/л.
4. Оцените по методу эффективного атомного номера термодинамическую устойчивость комплекса Х с тремя и четырьмя бромид-ионами;
5. В каком соотношении Трилон Б образует комплекс с ионами Х? Вычислите молярную концентрацию X^{m+} в растворе, на титрование 10 мл которого затрачено 7,8 мл 0,1 моль/л раствора Трилона Б. Ответ укажите с точностью 3 знака после запятой.

Задача №11-4

Рассмотрим синтезы некоторых алкалоидов – кониина (ТМ1), гигрина (ТМ2) и никотина (ТМ3):



Ароматический основной гетероцикл **A** получается при каталитической реакции ацетилена с циановодородом. β -положения в веществе **F** не замещены.

По данным элементного анализа:

TM1: C – 75,52%; H – 13,47%; N – 11,01%

TM2: C – 68,04%; H – 10,71%; N – 9,92%; O – 11,33%

TM3: C – 74,03%; H – 8,70%; N – 17,27%

Превращение **F**– **G** представляет собой конденсацию, а реакция **E** с **H** протекает с декарбоксилированием промежуточного продукта. Все целевые соединения выделяются в виде оснований.

1. Изобразите структурные формулы веществ **A–I** и **TM1–TM3**;

2. Можно ли из **TM3** получить **E** в одну стадию? Если да, каким образом?

3. Изобразите структуры оптических изомеров гигрина, определите (*R*) и (*S*) изомеры;

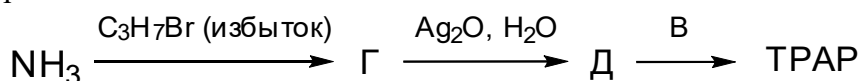
4. Какое вещество получится, если на стадии **H** – **I** заменить $\text{H}^+/\text{H}_2\text{O}$ на $\text{NaOH}/\text{H}_2\text{O}$?

Напишите структуру нового продукта.

Задача №11-5

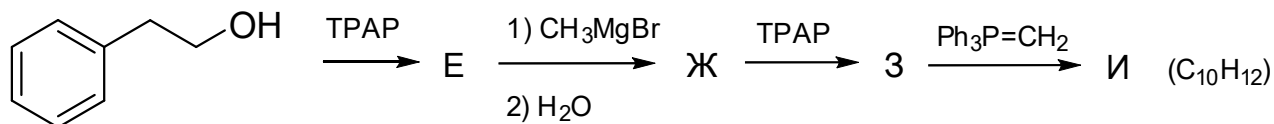
Металл **M** входит в состав многих специфических реагентов, применяемых в химии. **M** имеет плотность 12,41 г/см³ и гексагональную кристаллическую решетку с параметрами элементарной ячейки $a = 2,706 \text{ \AA}$, $c = 4,268 \text{ \AA}$ (см. рисунок справа). Одним из важнейших стартовых соединений **M** является хлорид **A**, который содержит 51,34% хлора по массе и образуется при прямом хлорировании **M** (реакция 1). Если вещество **A** растворить в избытке соляной кислоты и пропустить через раствор аммиак, выпадает пурпурно-красный осадок вещества **B**, использующегося как индикатор при окислительно-восстановительном титровании. Вещество **B** содержит по массе 35,31% **M**, 22,84% азота, 24,83% хлора и 11,18% кислорода и имеет в масс-спектре пик $m/z = 858$. При осторожном нагревании до 150°C **B** теряет 8,39% массы. Раствор, содержащий 8,58 мг **B** в 100 мл растворителя, имеет осмотическое давление 1,734 кПа при стандартных условиях.

Другое интересное **M**-содержащее вещество имеет латинскую аббревиатуру ТРАР и применяется в органическом синтезе в качестве мягкого и селективного окислителя. Оно представляет собой соль, состоящую из однозарядных органического катиона и неорганического аниона. Для синтеза ТРАР соль **A** сначала обрабатывают избытком бромата и карбоната натрия (реакция 2), при этом образуется зеленый раствор соли **B**. Дальнейший синтез ТРАР отражен на схеме:



В качестве примера использования ТРАР можно привести следующую схему синтеза

соединения **И**:



1. Определите при помощи расчетов металл **М**, а также брутто-формулы солей **А**, **Б** и **В**, напишите уравнения реакций 1 и 2.

2. Определите изотонический коэффициент в растворе вещества **Б**, приведите формулу **Б**, выделяя внутреннюю сферу комплексного иона в квадратные скобки. Напишите уравнение диссоциации **Б** в растворе.

3. Определите структурные формулы веществ **Г–И** и TPAP. Назовите TPAP (расшифруйте эту аббревиатуру).

1.3. Задания Экспериментального тура

1.3.1. Задание 7-8 класса

В шести пронумерованных пробирках (1–6) находятся растворы веществ из следующего списка: нитрат серебра, нитрат алюминия, нитрат свинца, нитрат натрия, карбонат натрия, хлорид бария и сульфат цинка. В трех пробирках обозначенных «А», «Б», «В» находятся растворы серной кислоты, гидроксида натрия и аммиака.

1. Напишите все возможные уравнения реакций между веществами, которые могут находиться в пробирках и растворами в пробирках, обозначенных «А», «Б», «В».

2. Используя только идентифицируемые растворы, определите соответствие обозначения пробирки и вещества, которое в нем находится.

Оборудование: штатив для пробирок, чистые пробирки

1.3.2. Задание 9 класса

В шести пронумерованных пробирках (1–6) находятся растворы веществ из следующего списка: нитрат серебра, нитрат алюминия, нитрат свинца, нитрат натрия, карбонат натрия, хлорид бария, хлорид магния, сульфат цинка и сульфат марганца. В трех пробирках обозначенных «А», «Б», «В» находятся растворы серной кислоты, гидроксида натрия и аммиака.

1. Напишите все возможные уравнения реакций между веществами, которые могут находиться в пробирках и растворами в пробирках, обозначенных «А», «Б», «В».

2. Используя только идентифицируемые растворы, определите соответствие обозначения пробирки и вещества, которое в нем находится.

Оборудование: штатив для пробирок, чистые пробирки

1.3.3. Задание 10 класса

Промышленное производство кальцинированной соды методом Сольве заканчивается термическим разложением (кальцинацией) гидрокарбоната натрия, получаемого насыщением раствора хлорида натрия газообразными аммиаком и углекислым газом. На производстве было допущено нарушение технологического режима кальцинирования, в результате чего была получена смесь карбоната и гидрокарбоната натрия.

1. Напишите уравнения получения гидрокарбоната натрия методом Сольве и его кальцинации.

2. Используя имеющееся оборудование и реактивы, определите массовые доли карбоната и гидрокарбоната натрия в полученном продукте по следующей методике:

Навеску продукта растворяют в мерной колбе вместимостью 100,0, доводят до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают (массу навески, которая была растворена, уточните у дежурных в аудитории). Аликвоту полученного раствора объемом 10,0 мл переносят в колбу для титрования, разбавляют дистиллированной водой до объема примерно 50 мл, добавляют 2-3 капли раствора фенолфталеина и титруют до обесцвечивания окраски индикатора 0,1 моль/л раствором хлороводородной кислоты.

Фиксируют объем титранта, затраченного на титрование. Далее в колбу добавляют 2–3 капли раствора метилоранжа и продолжают титрование до оранжевой окраски индикатора. Фиксируют общий объем титранта, затраченный на определение.

Помните, что анализируемая смесь может содержать инертные примеси, поэтому сумма массовых долей карбоната и гидрокарбоната натрия может быть не равна 100 %.

Оборудование: мерная колба на 100 мл, пипетка на 10,0 мл, коническая колба для титрования, бюретка на 25 мл, штатив для бюретки, воронка для бюретки, стакан химический.

Реактивы: хлороводородная кислота, 0,1 моль/л (точную концентрацию можно уточнить у дежурных в аудитории); метиловый оранжевый, 0,1 %; фенолфталеин, 0,1 %.

1.3.4. Задание 11 класса

Монофосфат калия – комплексное минеральное удобрение, которое может быть получено взаимодействием эквимолекулярных количеств гидроксида калия и фосфорной кислоты с последующим упариванием раствора и кристаллизацией целевого продукта. На производстве была допущена ошибка в дозировании раствора гидроксида калия, в результате чего фосфорная кислота была нейтрализована не полностью.

1. Используя имеющееся оборудование и реактивы, определите массовые доли (%) фосфорной кислоты и дигидрофосфата калия в выданном вам технологическом растворе по следующей методике:

Навеску технологического раствора разбавляют в мерной колбе вместимостью 100,0 мл (массу навески, которая была растворена, уточните у дежурных в аудитории) и тщательно перемешивают. Аликвоту полученного раствора объемом 10,0 мл переносят в колбу для титрования, разбавляют дистиллированной водой до объема примерно 50 мл, добавляют 2–3 капли раствора метилового оранжевого и титруют 0,1 моль/л раствором гидроксида натрия до перехода окраски индикатора в желтый цвет. Фиксируют объем титранта, затраченного на титрование. Далее в колбу добавляют 2–3 капли раствора фенолфталеина и продолжают титрование до оранжево-красной окраски. Фиксируют общий объем титранта, затраченный на определение.

2. Рассчитайте, какую массу 50 % раствора гидроксида калия требуется добавить к 1,0 т анализируемого технологического раствора для получения монофосфата калия?

Оборудование: мерная колба на 100 мл, пипетка на 10,0 мл, коническая колба для титрования, бюретка на 25 мл, штатив для бюретки, воронка для бюретки, стакан химический.

Реактивы: гидроксид натрия, 0,1 моль/л (точную концентрацию можно уточнить у дежурных в аудитории); метиловый оранжевый, 0,1 %; фенолфталеин, 0,1 %.

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. Рассчитаем массу аммиака, содержащуюся в 25 г раствора при -20°C :

$$m(\text{NH}_3) = 25 \cdot 0.615 = 9.52 \text{ г.}$$

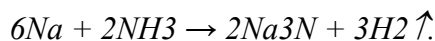
2. Массовая доля аммиака в насыщенном растворе при 20°C равна 32.5%.

Пусть при нагревании раствора до температуры 20°C выделилось x г аммиака. С учётом этого составим выражение, для массовой доли аммиака в конечном растворе при 20°C :

$$(9.52 - x)/(25 - x) = 0.325.$$

Отсюда, масса выделившегося NH_3 равна 2.067 г, что соответствует 0.122 моль.

3. Взаимодействие аммиака с избытком натрия протекает по уравнению с образованием нитрида натрия (Na_3N):



Из уравнения реакции следует, что $n(\text{Na}_3\text{N}) = n(\text{NH}_3) = 0.122$ моль, значит $m(\text{Na}_3\text{N}) = 0.122 \cdot 83 = 10.13$ г.

4. Пусть плотность растворов равна плотности воды, тогда 1 г раствора соответствует 1 мл раствора. Молярная концентрация (моль/л) рассчитывается по формуле:

$$C_m = n(\text{NH}_3)/V(p-p);$$

при -20°C молярная концентрация (моль/л) аммиака в растворе равна:

$$C_m(-20^{\circ}\text{C}) = 0.615/(17 \cdot 0.001) = 36.18 \text{ моль/л};$$

при 20°C молярная концентрация (моль/л) аммиака в растворе равна:

$$C_m(20^{\circ}\text{C}) = 0.325/(17 \cdot 0.001) = 19.12 \text{ моль/л.}$$

Ответ: $n(\text{NH}_3) = 0.122$ моль; $m(\text{Na}_3\text{N}) = 10.13$ г; $C_m(-20^{\circ}\text{C}) = 36.18$ моль/л; $C_m(20^{\circ}\text{C}) = 19.12$ моль/л.

Система оценивания

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Расчёт количества выделившегося NH_3	2б.
2.	Установление нитрида натрия	2 б.
3.	Уравнение реакции	2 б.
4.	Определение массы нитрида натрия	2 б.
5.	Расчёт молярной концентрации аммиака в растворах	$1 \times 2 = 2$ б.
	Итого	10 баллов

Задача №8-2

1. Определим формулу оксида **A** и металл **M**. Пусть формула оксида M_xO_y . Массовая доля кислорода равна $100 - 85.276 = 14.724\%$. Составим выражение для атомного фактора:

$$x : y = \frac{\omega(\text{M})}{A(\text{M})} : \frac{\omega(\text{O})}{A(\text{O})} = \frac{85.276}{A(\text{M})} : \frac{14.724}{16}.$$

Отсюда имеем: $A(\text{M}) = (85.276 \cdot y \cdot 16)/(14.724 \cdot x) = 92.667 \cdot y/x$. Результаты расчётов при различных x и y приведены в таблице:

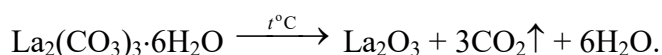
Оксид M_xO_y	x	y	$A(M)$	M
M_2O	2	1	46.3	нет
MO	1	1	92.7	нет
M_2O_3	2	3	139.0	La
MO_2	1	2	185.3	нет
M_2O_5	2	5	231.7	нет
MO_3	1	3	278.0	нет

Таким образом, оксид **A** – La_2O_3 , а металл **M** – лантан (La).

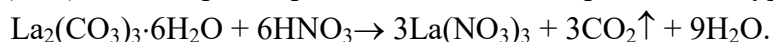
2. Состав кристаллогидрата карбоната лантана $La_xC_yO_zH_k$ или $La_2(CO_3)_3 \cdot nH_2O$. Составим выражение для атомного фактора ($\omega(H)=100-49.12-42.40-6.36=2.12\%$):

$$x : y : z : k = \frac{\omega(La)}{139} : \frac{\omega(C)}{12} : \frac{\omega(O)}{16} : \frac{\omega(H)}{1} = \frac{85.276}{A(M)} : \frac{14.724}{16} = 0.3534 : 0.53 : 2.65 : 2.12 = 1 : 1.5 : 7.5 : 6 = 2 : 3 : 15 : 12.$$

Таким образом, состав кристаллогидрата $ALa_2(CO_3)_3 \cdot 6H_2O$. Реакция термического разложения $La_2(CO_3)_3 \cdot 6H_2O$ описывается уравнением:



2. Растворение $La_2(CO_3)_3 \cdot 6H_2O$ в растворе азотной кислоты протекает по уравнению:



Следовательно, вещество **B** – нитрат лантана (III) ($La(NO_3)_3$).

3. Определим молярную концентрацию $La(NO_3)_3$ в полученном растворе. Из уравнения реакции следует, что $n(La(NO_3)_3) = 3n(La_2(CO_3)_3 \cdot 6H_2O) = 3 \cdot 5.66 / 566 = 0.03$ моль. Таким образом,

$$C_M = n(La(NO_3)_3) / V(p-p) = 0.03 / 0.5 = 0.06 \text{ моль/л.}$$

Ответ: **M** – La; **A** – $La_2(CO_3)_3 \cdot 6H_2O$; **B** – $La(NO_3)_3$; $C_M(La(NO_3)_3) = 0.06$ моль/л.

Система оценивания

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Металл M	2 б.
2.	Состав кристаллогидрата	2 б.
3.	Соль B	2 б.
4.	Уравнения реакций	$1 \times 2 = 2$ б.
5.	Расчёт молярной концентрации	2 б.
	Итого	10 баллов

Задача №8-3

. Определить элемент **X** можно разными способами. Один из них – с помощью вещества **З**. Соединение **З** – бинарное и газ. По содержанию элемента **X** логично предположить, что второй элемент значительно более лёгкий, при этом его массовая доля равна всего 8.82%. Допустим, что этим вторым элементом является водород, тогда состав вещества **З** можем записать как XH_n . Отсюда молекулярная масса **З** равна:

$$M(Z) = A(H) \cdot n \cdot 100\% / \omega(H) = 1 \cdot n \cdot 100\% / 8.82 = 11.34 \cdot n.$$

при $n=1$ получаем $M(Z) = 11.34$ г/моль, $A(X) = 10.34$ г/моль – не подходит;

при $n=2$ получаем $M(Z) = 22.68$ г/моль, $A(X) = 20.68$ г/моль – не подходит;

при $n=3$ получаем $M(Z) = 34.01$ г/моль, $A(X) = 31$ г/моль – соответствует фосфору (P).

Таким образом, элемент **X** – P (фосфор), вещество **З** – PH₃ (фосфин).

2. Состав клатрата **И** можно определить с помощью системы уравнений:

$$\begin{aligned}34 \cdot x + 18 \cdot y &= 1100, \\75.27 &= (18 \cdot y) \cdot 100\% / 1100, \\y &= 46, x = 8.\end{aligned}$$

Следовательно, состав клатрата **И** – 8PH₃·46H₂O.

3. Исходя из условия задачи, молекулярная масса вещества **В** равна:

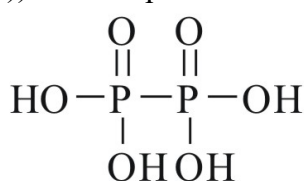
$$30.10 = (2 \cdot 31 \cdot 100\%) / M(\mathbf{B}), M(\mathbf{B}) = 206 \text{ г/моль.}$$

В состав **В** можно записать следующим образом: Na_xP₂O_yH_z. На фрагмент Na_xO_yH_z приходится 144 г/моль, тогда при x=1 масса O_yH_z равна 144-23=121 г/моль, ни одна комбинация целых чисел y и z не подходит;

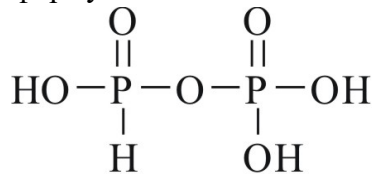
при x=2 масса O_yH_z равна 144-46=98 г/моль, при y=6 значение z=2 – подходит.

Следовательно, состав вещества **В** – Na₂H₂P₂O₆.

4. При небольшом нагревании вещества **А** происходит потеря массы, равная 108 г/моль. Вероятно, молекула **А** теряет воду, что соответствует 6 молекулам воды (108/18). Отсюда возможный состав **А** – Na₂H₂P₂O₆·6H₂O, что подтверждается массовой долей фосфора ω_P=19.75%. Следовательно кислота **К** имеет состав H₄P₂O₆, а указание на то, что она четырёхосновная позволяет установить, что это *фосфорноватая* кислота, которая со временем изомеризуется в трёхосновную *фосфористофосфорную* кислоту **Л** (H₃(PHO₂)(PO₄)). Ниже приведены структурные формулы этих кислот:



фосфорноватая кислота



фосфористофосфорная кислота

5. По массовой доле и числу атомов фосфора (элемент **X**) в составе соединений **Б**, **Г**, **Д**, **Е** и **Ж** устанавливаем их состав. Рассмотрим на примере веществ **Б** и **Ж**.

$M(\mathbf{Б}) = A(\text{P}) \cdot n(\text{P}) \cdot 100\% / \omega(\text{P}) = 31 \cdot 1 \cdot 100 / 30.39 = 102 \text{ г/моль}$; т.к. в состав **Б** входит один атом фосфора то, на «остаток» (состав остатка очевиден по условию Na_xO_yH_z) приходится 71 г/моль. Если принять, что x=1 (один атом Na), то на долю O_yH_z приходится 48 г/моль, что соответствует 3 атомам кислорода. Значит состав **Б** – NaPO₃ (метафосфат натрия).

$M(\mathbf{Ж}) = A(\text{P}) \cdot n(\text{P}) \cdot 100\% / \omega(\text{P}) = 31 \cdot 2 \cdot 100 / 32.63 = 190 \text{ г/моль}$; т.к. в состав **Ж** входит два атома фосфора то, на «остаток» (состав остатка очевиден по условию Na_xO_yH_z) приходится 128 г/моль.

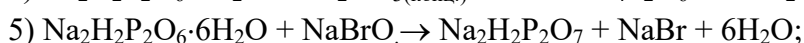
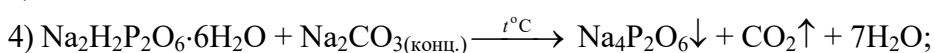
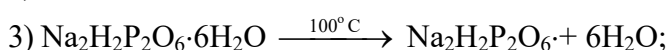
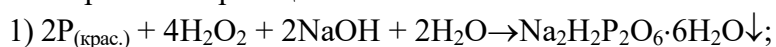
при x=1 масса O_yH_z равна 128-23=105 г/моль, ни одна комбинация целых чисел y и z не подходит;

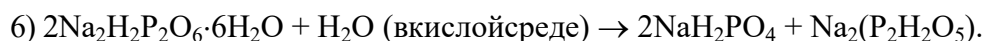
при x=2 масса O_yH_z равна 128-46=82 г/моль, при y=5 значение z=2 – подходит.

Следовательно, состав вещества **Ж** – Na₂H₂P₂O₅ или Na₂(P₂H₂O₅).

Аналогично может быть рассчитан состав веществ **Г**, **Д** и **Е**.

6. Уравнения реакций:





Ответ: **Х** – $\text{P}_{(\text{красн.})}$; **А** – $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; **Б** – NaPO_3 ; **В** – $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_6$; **Г** – $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_6$; **Д** – $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$; **Е** – NaH_2PO_4 ; **Ж** – $\text{Na}_2(\text{P}_2\text{H}_2\text{O}_5)$; **З** – PH_3 ; **И** – $8\text{PH}_3 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$; **К** – $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$; **Л** – $\text{H}_3(\text{PHO}_2)(\text{PO}_4)$.

Система оценивания

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Определение элемента Х	0.5 б.
2.	Соединения А-Л (кроме И)	$0.5 \times 10 = \mathbf{5 \text{ б.}}$
3.	Соединение И	1б.
4.	Структурные формулы К и Л	$0.25 \times 2 = \mathbf{0.5 \text{ б.}}$
5.	Уравнения <i>реакций 1-6</i>	$0.5 \times 6 = \mathbf{3 \text{ б.}}$
	Итого	10 баллов

Задача №8-4

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Каждое ошибочное утверждение 1, 4, 5, 7, 10, 12, 16, 18, 21, 24.	1 б.
2.	Если верное утверждение отмечено как ошибочное – снимается 0.5 балла.	
	Итого	10 баллов

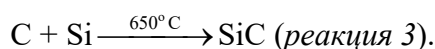
Задача № 8-5

1. Состав *желтой кровяной соли* – известного аналитического реагента на ионы железа (III), следующий $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. При температуре 650°C это вещество разлагается:

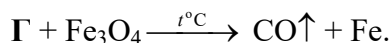


2. Газ **А**, имеющий плотность по водороду 14 это азот N_2 ($M(\text{А})=M(\text{H}_2) \cdot 14$).

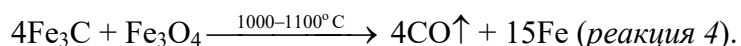
3. *Карборунд* (вещество **Ж**) это карбид кремния SiC . То, что вещество **В** – простое вещество, следует из условия (**Ж** – бинарное, а **Е** – простое вещества). Элементы «соседи», удовлетворяющие условию – углерод (**В**) и кремний (**Е**). Реакция сплавления при $1200\text{--}1300^\circ\text{C}$ записывается:



4. Состав газа **З** нетрудно установить по молекулярной массе, равной 28 г/моль ($(M(\text{З})=M(\text{H}_2) \cdot 14)$). Речь идёт об *угарном газе* (оксид углерода (II)) CO . Железная окалина – двойной оксид железа (II) и (III). Исходя из этого, а также сведений из условия задачи схематично запишем уравнение *реакции 4*:



Вещество **Г** – бинарное (по условию), из уравнения реакции следует, что в его состав входит железо и углерод (Fe_nC_m). Количество выделившегося CO равно $8.96/22.4=0.4$ моль, следовательно масса углерода в **Г** равна $0.4 \cdot 12=4.8$ г. Отсюда масса железа в **Г** равна $72 - 4.8 = 67.2$, что соответствует 1.2 моль Fe . Отношение $n:m$ в Fe_nC_m составляет $1.2 : 0.4 = 3 : 1$. Отсюда состав **Г** – Fe_3C – *цементит* или *белый чугун*. Таким образом, уравнение *реакции 4* имеет вид:



5. Согласно п.п.2-4 в состав *желтой кровяной соли* входят следующие (четыре по условию) элементы: К, Fe, С и N. Условию задачи удовлетворяет цианид калия – KCN (вещество **Б**). Взаимодействие сульфида золота (III) с концентрированным раствором цианида калия (*реакция 2*) записывается как:



Состав соли **Д** рассчитывается из её молекулярной массы:

$n(\text{Au}_2\text{S}_3) = 98/490 = 0.2 \cdot \text{моль}$, $n(\text{Au}) = 0.4 \cdot \text{моль}$, $M(\text{Д}) = 136/0.4m$ (m – число Au в **Д**);
при $m=1$ $M(\text{Д}) = 136/0.4=340$ г/моль. Разница $340 - 197 = 143$ г/моль, что соответствует массе фрагмента $\text{K}(\text{CN})_4$, следовательно состав **Д** - $\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_4]$.

6. Аналитическое применение $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – обнаружение ионов железа (III) с образованием ярко-синего осадка *берлинской лазури*:



Ответ: *желтая кровяная соль* – $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, **А** – N_2 ; **Б** – KCN; **В** – C; **Г** - Fe_3C ; **Д** – $\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_4]$; **Е** – Si; **Ж** - SiC; **З** - CO.

Система оценивания

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Определение А и З	$0.25 \times 2 = \mathbf{0.5}$ б.
2.	Определение Б - Е	$0.75 \times 6 = \mathbf{4.5}$ б.
3.	Определение состава <i>желтой кровяной соли</i>	$\mathbf{0.5}$ б.
4.	Уравнения реакций 1, 2, 5	$1 \times 3 = \mathbf{3}$ б.
5.	Уравнения реакций 3, 4	$0.75 \times 2 = \mathbf{1.5}$ б.
	Итого	10 баллов

2.1.2. Задания 9 класса

Задача №9-1

В лаборатории были найдены три вещества, содержащие азот и неизвестные 1. Зная брутто-формулы веществ **А–В** и массовые доли азота в них, можно легко рассчитать молярные массы данных веществ:

$$M(\text{А}) = 14 / 0.1386 = 101 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Б}) = 14 \cdot 2 / 0.1556 = 180 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{В}) = 14 \cdot 3 / 0.1736 = 242 \text{ г/моль}$$

Тогда можно составить систему уравнений:

$$\begin{cases} 14 + M(\text{X}) + M(\text{Y}) \cdot 3 = 101 \\ 14 \cdot 2 + M(\text{Z}) + M(\text{Y}) \cdot 6 = 180 \\ 14 \cdot 3 + M(\text{Z}) + M(\text{Y}) \cdot 9 = 271 \end{cases}$$

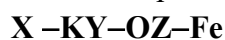
Решая данную систему, получим:

$$M(\text{X}) = 39 \text{ г/моль} \text{ – это калий } \mathbf{K}$$

$$M(\text{Y}) = 16 \text{ г/моль} \text{ – это кислород } \mathbf{O}$$

$$M(\text{Z}) = 56 \text{ г/моль} \text{ – это железо } \mathbf{Fe}$$

Таким образом,



Электронная конфигурация железа: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$

Теперь, зная неизвестные элементы, получим следующие брутто-формулы зашифрованных веществ:



Формулы, записанные в «привычном» виде, показывают, что данные вещества – нитраты. При разложении нитрата калия выделяется кислород O_2 – газ Г. При разложении нитратов железа выделяется смесь кислорода и диоксида азота NO_2 – газа Д, а в качестве твердого остатка образуется оксид железа (III) Fe_2O_3 , то есть при разложении нитрата железа (II) степень окисления железа увеличивается до +3 за счет окисления его частью выделяющегося кислорода. Аналогично, нитрат железа (II) окисляется в нитрат железа (III) действием концентрированной азотной кислоты. При добавлении гидроксида натрия к нитрату железа (II) выпадает зеленоватый осадок гидроксида железа (II) $Fe(OH)_2$ (вещество Е, в чистом виде – белое вещество), который окисляется на воздухе до гидроксида железа (III) $Fe(OH)_3$ (или $FeOOH$, или $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$) бурого (коричневого) цвета (вещество Ж). Окисление $Fe(OH)_3$ бромом в присутствии гидроксида натрия приводит к образованию феррата (VI) натрия Na_2FeO_4 (вещество З).

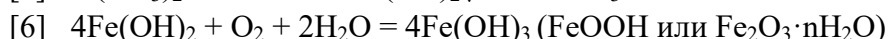
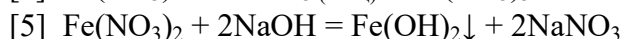
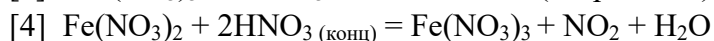
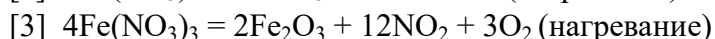
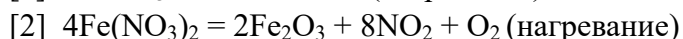
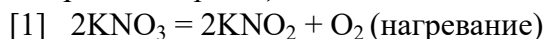
Таким образом,

А – KNO_3 **Б – $Fe(NO_3)_2$** **В – $Fe(NO_3)_3$**

Г – O_2 **Д – NO_2** **Е – $Fe(OH)_2$**

Ж – $Fe(OH)_3$ **З – Na_2FeO_4**

2. Уравнения реакций



3. На разложение по реакции 2 было взято

$$n(Fe(NO_3)_2) = 72 / 180 = 0.4 \text{ моль}$$

Если бы $Fe(NO_3)_2$ разложился полностью, то, в соответствии с уравнением реакции 2, было бы получено:

$$n(NO_2) = 0.8 \text{ моль}, n(O_2) = 0.1 \text{ моль}$$

$$\Sigma n(\text{газов}) = 0.9 \text{ моль} \quad \Sigma V(\text{газов}) = 0.9 \times 22.4 = 20.16 \text{ л}$$

По условию выделилось 10.08 л газовой смеси (в 2 раза меньше), значит, разложилась только половина (0.2 моль) $Fe(NO_3)_2$. Оставшийся $Fe(NO_3)_2$ (0.2 моль) и будет реагировать с $NaOH$.

$$m(NaOH) = 240 \times 0.1 = 24 \text{ г} \quad n(NaOH) = 24 / 40 = 0.6 \text{ моль}$$

Гидроксид натрия взят в избытке, следовательно, в соответствии с уравнением реакции 5 выпадет 0.2 моль $Fe(OH)_2$, образуется 0.4 моль $NaNO_3$ и останется:

$$n(NaOH)_{\text{ост}} = 0.6 - 0.2 \times 2 = 0.2 \text{ моль} \quad m(NaOH)_{\text{ост}} = 0.2 \times 40 = 8 \text{ г}$$

$$m(Fe(OH)_2) = 0.2 \times 90 = 18 \text{ г} \quad m(NaNO_3) = 0.4 \times 85 = 34 \text{ г}$$

$$m(\text{раствора}) = 240 + 0.2 \times 180 - 18 = 258 \text{ г}$$

$$\omega(NaNO_3) = 34 / 258 = \mathbf{0.1318} \text{ или } \mathbf{13.18\%}$$

$$\omega(NaOH) = 8 / 258 = \mathbf{0.031} \text{ или } \mathbf{3.1\%}$$

Система оценивания

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Элементы X, Y, Z и формулы веществ А–З	$11 \times 0,5 = \mathbf{5,5 \text{ б}}$
2.	Уравнения реакций 1–7	$7 \times 0,5 = \mathbf{3,5 \text{ б}}$
3.	Массовые доли веществ (%) в растворе	$2 \times 0,5 = \mathbf{1 \text{ б}}$

	Итого	10 баллов
--	--------------	------------------

Задача №9-2

1. По массовым долям лития определим формулы

а) $x_1:y_1 = (36,625/6,94) : (63,375/12) = 5,28 : 5,28 = 1 : 1 \Rightarrow \text{LiC}$; (1 балл)

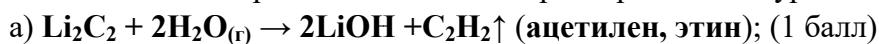
б) $x_2:y_2 = (69,8/6,94) : (30,2/12) = 10,06 : 2,52 = 4 : 1 \Rightarrow \text{Li}_4\text{C}$. (1 балл)

С учетом числа атомов лития в карбидах получим формулы и молярные массы:

$$\text{Li}_2\text{C}_2, M_1 = 37,88 \text{ г/моль (0,5 балла)}$$

$$\text{Li}_4\text{C}, M_2 = 39,76 \text{ г/моль. (0,5 балла)}$$

2. Взаимодействие карбидов с водяным паром протекает по уравнениям:



3. Вычислим объемы газообразных продуктов (при н. у.), приходящиеся на единицу массы соответствующего карбида из отношения молярного объема к молярной массе:

$$V_M(\text{C}_2\text{H}_2)/M(\text{Li}_2\text{C}_2) = 22,4/37,88 = 0,59134 \text{ л/г, (0,5 балла)}$$

$$V_M(\text{CH}_4)/M(\text{Li}_4\text{C}) = 22,4/39,76 = 0,56338 \text{ л/г. (0,5 балла)}$$

Приведём объём смеси газов к нормальным условиям:

$$V_0 = \frac{PVT_0}{P_0T} = \frac{99,76 \cdot 150 \cdot 273}{101,325 \cdot 300} = 134,392 \text{ л. (1 балл)}$$

Составим систему уравнений:

$$m(\text{Li}_2\text{C}_2) + m(\text{Li}_4\text{C}) = 231,2,$$

$$0,59134 \cdot m(\text{Li}_2\text{C}_2) + 0,56338 \cdot m(\text{Li}_4\text{C}) = 134,392. (1 \text{ балл})$$

Решим систему уравнений:

$$m(\text{Li}_4\text{C}) = 231,2 - m(\text{Li}_2\text{C}_2),$$

$$0,59134 \cdot m(\text{Li}_2\text{C}_2) + 0,56338 \cdot (231,2 - m(\text{Li}_2\text{C}_2)) = 134,392,$$

$$(0,59134 - 0,56338) \cdot m(\text{Li}_2\text{C}_2) = 134,392 - 130,253456,$$

$$0,02796 \cdot m(\text{Li}_2\text{C}_2) = 4,139,$$

$$m(\text{Li}_2\text{C}_2) = 148,02 \text{ г,}$$

$$m(\text{Li}_4\text{C}) = 231,2 - 148,02 = 83,18 \text{ г. (1 балл)}$$

Рассчитаем массовые доли карбидов:

$$\omega(\text{Li}_2\text{C}_2) = \frac{m(\text{Li}_2\text{C}_2)}{m(\text{Li}_2\text{C}_2) + m(\text{Li}_4\text{C})} \cdot 100 \% = 148, \frac{02}{(148,02 + 83,18)} \cdot 100 = 64 \%;$$

$$\omega(\text{Li}_4\text{C}) = 36 \%. (1 \text{ балл})$$

Итого: 10 баллов.

Задача №9-3

1. Определить элемент **X** можно разными способами. Один из них – с помощью вещества

З. Соединение **З** – бинарное и газ По содержанию элемента **X** логично предположить, что второй элемент значительно более лёгкий, при этом его массовая доля равна всего 8.82%. Допустим, что этим вторым элементом является водород, тогда состав вещества **З** можем записать как XH_n . Отсюда молекулярная масса **З** равна:

$$M(\text{З}) = A(\text{H}) \cdot n \cdot 100\% / \omega(\text{H}) = 1 \cdot n \cdot 100\% / 8.82 = 11.34 \cdot n.$$

при $n=1$ получаем $M(\text{З})= 11.34 \text{ г/моль}$, $A(\text{X})=10.34 \text{ г/моль}$ – не подходит;

при $n=2$ получаем $M(\text{З})=22.68 \text{ г/моль}$, $A(\text{X})=20.68 \text{ г/моль}$ – не подходит;

при $n=3$ получаем $M(\text{З})=34.01 \text{ г/моль}$, $A(\text{X})=31 \text{ г/моль}$ – соответствует фосфору (Р).

Таким образом, элемент **X** – Р (фосфор), вещество **З** – PH_3 (фосфин).

2. Состав клатрата **И** можно определить с помощью системы уравнений:

$$34 \cdot x + 18 \cdot y = 1100,$$

$$75.27 = (18 \cdot y) \cdot 100\% / 1100,$$

$$y = 46, x = 8.$$

Следовательно, состав клатрата **И** - $8\text{PH}_3 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$.

3. Исходя из условия задачи, молекулярная масса вещества **В** равна:

$$30.10 = (2 \cdot 31 \cdot 100\%) / M(\mathbf{B}), M(\mathbf{B}) = 206 \text{ г/моль}.$$

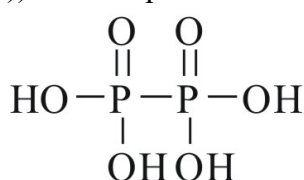
В состав **В** можно записать следующим образом: $\text{Na}_x\text{P}_2\text{O}_y\text{H}_z$. На фрагмент $\text{Na}_x\text{O}_y\text{H}_z$ приходится 144 г/моль, тогда

при $x=1$ масса O_yH_z равна $144-23=121$ г/моль, ни одна комбинация целых чисел y и z не подходит;

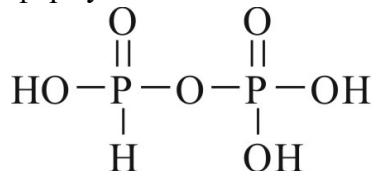
при $x=2$ масса O_yH_z равна $144-46=98$ г/моль, при $y=6$ значение $z=2$ – подходит.

Следовательно, состав вещества **В** – $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_6$.

4. При небольшом нагревании вещества **А** происходит потеря массы, равная 108 г/моль. Вероятно, молекула **А** теряет воду, что соответствует 6 молекулам воды ($108/18$). Отсюда возможный состав **А** - $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, что подтверждается массовой долей фосфора $\omega_{\text{P}}=19.75\%$. Следовательно кислота **К** имеет состав $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$, а указание на то, что она четырёхосновная позволяет установить, что это *фосфорноватая* кислота, которая со временем изомеризуется в трёхосновную *фосфористофосфорную* кислоту **Л** ($\text{H}_3(\text{P}(\text{HO})_2)(\text{PO}_4)$). Ниже приведены структурные формулы этих кислот:



фосфорноватая кислота



фосфористофосфорная кислота

5. По массовой доле и числу атомов фосфора (элемент **Х**) в составе соединений **Б**, **Г**, **Д**, **Е** и **Ж** устанавливаем их состав. Рассмотрим на примере веществ **Б** и **Ж**.

$M(\mathbf{Б}) = A(\text{P}) \cdot n(\text{P}) \cdot 100\% / \omega(\text{P}) = 31 \cdot 1 \cdot 100 / 30.39 = 102$ г/моль; т.к. в состав **Б** входит один атом фосфора то, на «остаток» (состав остатка очевиден по условию $\text{Na}_x\text{O}_y\text{H}_z$) приходится 71 г/моль. Если принять, что $x=1$ (один атом Na), то на долю O_yH_z приходится 48 г/моль, что соответствует 3 атомам кислорода. Значит состав **Б** – NaPO_3 (метафосфат натрия).

$M(\mathbf{Ж}) = A(\text{P}) \cdot n(\text{P}) \cdot 100\% / \omega(\text{P}) = 31 \cdot 2 \cdot 100 / 32.63 = 190$ г/моль; т.к. в состав **Ж** входит два атома фосфора то, на «остаток» (состав остатка очевиден по условию $\text{Na}_x\text{O}_y\text{H}_z$) приходится 128 г/моль.

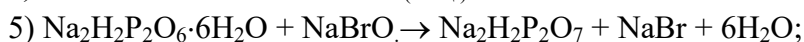
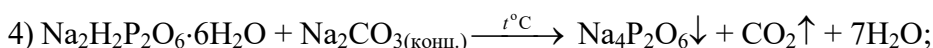
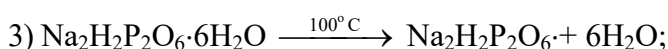
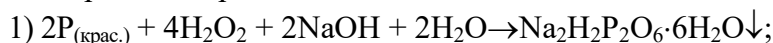
при $x=1$ масса O_yH_z равна $128-23=105$ г/моль, ни одна комбинация целых чисел y и z не подходит;

при $x=2$ масса O_yH_z равна $128-46=82$ г/моль, при $y=5$ значение $z=2$ – подходит.

Следовательно, состав вещества **Ж** – $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_5$ или $\text{Na}_2(\text{P}_2\text{H}_2\text{O}_5)$.

Аналогично может быть рассчитан состав веществ **Г**, **Д** и **Е**.

6. Уравнения реакций:



Ответ: X – P_(красн.); A – Na₂H₂P₂O₆·6H₂O; Б - NaPO₃; В - Na₂H₂P₂O₆; Г – Na₄P₂O₆; Д – Na₂H₂P₂O₇; Е – NaH₂PO₄; Ж – Na₂(P₂H₂O₅); З - PH₃; И - 8PH₃·46H₂O; К - H₄P₂O₆; Л – H₃(PHO₂)(PO₄).

Система оценивания

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Определение элемента X	0.5 б.
2.	Соединения А-Л (кроме И)	0.5×10 = 5 б.
3.	Соединение И	1б.
4.	Структурные формулы К и Л	0.25×2 = 0.5 б.
5.	Уравнения реакций 1-6	0.5×6 = 3 б.
	Итого	10 баллов

Задача №9-4

1. Исходя из описания свойств гидроксидов А и Б, можно сделать вывод, что А является кислотой, а Б проявляет амфотерные свойства. Наиболее известной нерастворимой кислотой является кремниевая кислота H₂SiO₃ (или SiO₂×H₂O), при ее разложении образуется SiO₂, который очень распространен в природе и является основой ряда драгоценных камней.

$$M(H_2SiO_3) = 78 \text{ г/моль}$$

Амфотерный гидроксид, имеющий такую же молярную массу, – это гидроксид алюминия Al(OH)₃, образующий при разложении еще один распространенный в природе оксид – Al₂O₃, который также является основой многих драгоценных камней.

$$M(Al_2O_3) / M(SiO_2) = 102 / 60 = 1.7 \text{ – соответствует условию}$$

Известно, что в природе широко распространены алюмосиликатные минералы, содержащие как SiO₂, так и Al₂O₃. Вероятно, что соединение Д, получаемое при сплавлении этих оксидов, представляет собой именно алюмосиликат состава SiO₂×Al₂O₃, так как оксиды сплавляли в мольном соотношении 1 : 1.

$$\omega(O) = 16 \cdot 5 / (60 + 102) = 0.4938 \text{ – соответствует условию}$$

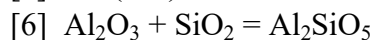
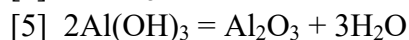
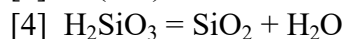
Следовательно, простейшая формула Д – SiO₂×Al₂O₃ или Al₂SiO₅.

Кремниевая кислота растворяется в щелочи с образованием соли – силиката натрия Na₂SiO₃. Гидроксид алюминия растворяется в кислоте с образованием соли – хлорида алюминия AlCl₃, и в щелочи – с образованием комплексной соли Na[Al(OH)₄] (или Na[Al(OH)₄(H₂O)₂], или Na₃[Al(OH)₆]).

Таким образом,



2. Уравнения реакций:



Рассчитаем количества веществ исходных реагентов:

$$n(AlCl_3) = 267 \cdot 0.1 / 133.5 = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(NaOH) = 60 \cdot 0.2 / 40 = 0.3 \text{ моль}$$

По уравнению реакции $7n(\text{AlCl}_3) : n(\text{NaOH}) = 1 : 3$, следовательно, хлорид алюминия взят в избытке. В осадок выпадет:

$$n(\text{Al}(\text{OH})_3) = n(\text{NaOH}) / 3 = 0.1 \text{ моль}$$

$$m(\text{Al}(\text{OH})_3) = 78 \cdot 0.1 = 7.8 \text{ г}$$

В растворе будут присутствовать:

$$n(\text{AlCl}_3)_{\text{изб.}} = 0.2 - 0.1 = 0.1 \text{ моль} \quad m(\text{AlCl}_3) = 133.5 \cdot 0.1 = 13.35 \text{ г}$$

$$n(\text{NaCl}) = n(\text{NaOH}) = 0.3 \text{ моль} \quad m(\text{NaCl}) = 58.5 \cdot 0.3 = 17.55 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{р-ра AlCl}_3) + m(\text{р-ра NaOH}) - m(\text{Al}(\text{OH})_3) = \\ = 267 + 60 - 7.8 = 319.2 \text{ г}$$

$$\omega(\text{AlCl}_3) = 13.35 / 319.2 = 0.0418 \text{ (4.18\%)}$$

$$\omega(\text{NaCl}) = 17.55 / 319.2 = 0.055 \text{ (5.5\%)}$$

Система оценивания

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ А–З	$8 \times 0,5 = 4 \text{ б}$
2.	Уравнения реакций 1–6	$6 \times 0,5 = 3 \text{ б}$
3.	Уравнения реакций 7	0,5 б
	Масса осадка Б	0,5 б
	Массовые доли веществ (%) в растворе	$2 \times 1 = 2 \text{ б}$
	Итого	10 баллов

Задача № 9-5

Рассмотрим кристаллическую структуру элемента X:

$$\rho = \frac{n \cdot M_r}{V \cdot N_A}; \quad M_r = \frac{\rho \cdot V \cdot N_A}{n}$$

Объем элементарной ячейки $V = a^3 = (5.148 \text{ Å})^3 = 136.432 \text{ Å}^3$ или $1.36432 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3$ ($1 \text{ Å} = 10^{-8} \text{ см}$).

На одну элементарную ячейку в объемно-центрированной кубической кристаллической решетке приходится 2 атома, $n = 2$. Подставив все значения в формулу, получим:

$$M_r = \frac{5.5 \text{ г/см}^3 \cdot 1.36432 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{2} = 225.86 \approx 226 \text{ г/моль}$$

Такой атомной массе соответствует радий (Ra).

Радий – щелочноземельный металл, поэтому его свойства близки к свойствам бария:

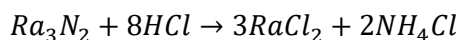
- $\text{Ra} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ra}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$
- $2\text{Ra} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{RaO}$
- $\text{RaCl}_2 + \text{MgSO}_4 \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{RaSO}_4 \downarrow$
- $\text{RaCl}_2 + 2\text{KF} \rightarrow \text{RaF}_2 + 2\text{KCl}$

Потемнение стекла (образование дефектов структуры), солей радия (радиолиз) и свечение воздуха (ионизация азота) вокруг активных образцов объясняется изрядной радиоактивностью.

При окислении радия на воздухе кроме оксида RaO образуется нерастворимый в воде нитрид Ra_3N_2 . Подтвердим это расчетами:

$$M(\text{Ra}_3\text{N}_2) = 706; \quad \omega(\text{Ra}) = \frac{226 \cdot 3}{706} 100\% = 96.03\%$$

Нитрид радия реагирует с соляной кислотой:



Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1	Определение элемента X	5 б.
2	Написание реакций 1 – 4	0.5×4 = 2 б.
3	Объяснение свойств препаратов радия	1 б.
4	Написание формулы нитрида радия	1 б.
5	Реакция растворения нитрида в кислоте	1 б.

2.1.3. Задания 10 класса

Задача №10-1

1. Определим формулу оксида Д. Пусть формула оксида $\text{Э}_x\text{О}_y$. Массовая доля элемента Э равна $100 - 24.24 = 75.76\%$. Составим выражение для атомного фактора:

$$x : y = \frac{\omega(\text{Э})}{A(\text{Э})} : \frac{\omega(\text{О})}{A(\text{О})} = \frac{75.76}{A(\text{Э})} : \frac{24.24}{16}.$$

Отсюда имеем: $A(\text{Э}) = (75.76 \cdot y \cdot 16) / (24.24 \cdot x) = 50 \cdot y / x$. Результаты расчётов при различных x и y приведены в таблице:

Оксид M_xO_y	x	y	$A(\text{Э})$	Э
M_2O	2	1	25.0	нет
MO	1	1	50.0	нет
M_2O_3	2	3	75.0	As
MO_2	1	2	100.0	нет
M_2O_5	2	5	125.0	нет
MO_3	1	3	150.0	Sm
M_2O_7	2	7	175	Lu
MO_4	1	4	200	нет

Таким образом, оксид Д – As_2O_3 , а элемент Э – мышьяк (As).

2. Очевидно, что в состав минерала входит элемент As, значит другим элементом является сера ($A(\text{S}) = A(\text{As}) - 43$ г/моль = $75 - 43 = 32$ г/моль). Таким образом, минерал А – сульфид мышьяка As_xS_y .

3. Определим молекулярную массу солей В и Г. Количество выделившегося CO_2 в реакции 1 равно 0.3. Отсюда масса вступившего в реакцию Na_2CO_3 составляет $0.3 \cdot 106 = 31.8$. Таким образом, общая масса образовавшихся В и Г равна

$$m(\text{В и Г}) = m(\text{As}_x\text{S}_y) + m(\text{Na}_2\text{CO}_3) - m(\text{CO}_2) = 24.6 + 31.8 - 13.2 = 43.2 \text{ г.}$$

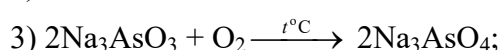
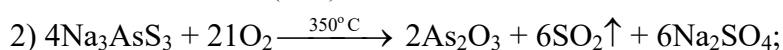
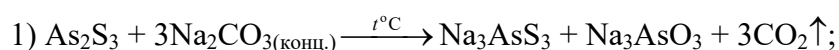
С другой стороны $m(\text{В и Г}) = \nu \cdot A(\text{В}) + \nu \cdot A(\text{Г}) = \nu \cdot A(\text{В}) + \nu \cdot (A(\text{В}) - 48) = 2\nu \cdot A(\text{В}) - 48\nu$.

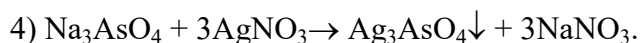
Так как $\nu = 0.1$, находим из $2\nu \cdot A(\text{В}) - 48\nu = 43.2$ г, что $A(\text{В}) = 240$ г/моль, а $A(\text{Г}) = 192$ г/моль. Нетрудно догадаться, что речь идёт о Na_3AsS_3 (В) и Na_3AsO_3 (Г).

4. Определив общее число молей мышьяка и серы в соединениях В и Г ($\nu(\text{As}) = 0.2$ моль и $\nu(\text{S}) = 0.3$ моль) очевидно, что исходный сульфид мышьяка As_xS_y имеет состав As_2S_3 – минерал А. Судя по описанию газ Е, имеющий запах жжёных спичек – сернистый газ SO_2 , а соль Ж – сульфат натрия (Na_2SO_4).

5. Веществами З и И являются Na_3AsO_4 и Ag_3AsO_4 , соответственно.

6. Уравнения реакций:





Ответ: А – As_2S_3 ; Б - CO_2 ; В - Na_3AsS_3 ; Г – Na_3AsO_3 ; Д – As_2O_3 ; Е – SO_2 ; Ж – Na_2SO_4 ; З - Na_3AsO_4 ; И - Ag_3AsO_4 .

Система оценивания

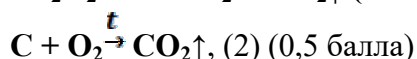
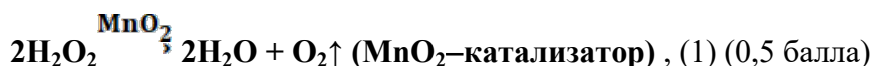
№	Элемент ответа	Баллы
1.	Соединения А, В, Г, З и И	$0.9 \times 5 = 4.5$ б.
2.	Соединения Б, Д, Е и Ж	$0.5 \times 4 = 2$ б.
3.	Уравнения реакций 1-3	$1 \times 3 = 3$ б.
4.	Уравнение реакции 4	0.5 б.
	Итого	10 баллов

Задача №10-2

1. Молярная масса интересующего нас соединения, состоящего из кислорода и водорода $M(\text{H}_x\text{O}_y) = D_{\text{He}}(\text{H}_x\text{O}_y) \cdot M(\text{He}) = 8,5 \cdot 4 = 34$ г/моль (0,5 балла), а отношение чисел атомов в

молекуле – $x:y = \frac{5,882}{1} : \frac{94,118}{16} = 5,882:5,882 = 1:1$, $\Rightarrow \text{HO}$ (0,5 балла), но, молярная масса соответствует формуле H_2O_2 , то есть это вещество является **пероксидом водорода** (0,5 балла).

2. Представим уравнения реакций с учётом определённого вещества и наблюдаемых явлений:

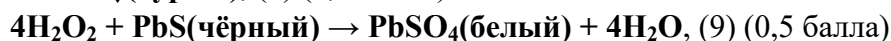
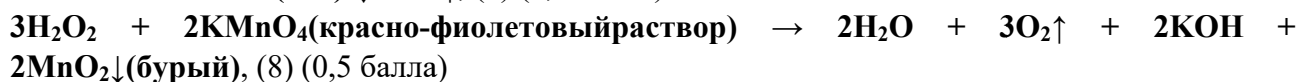
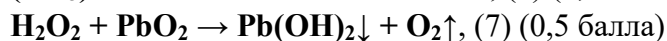
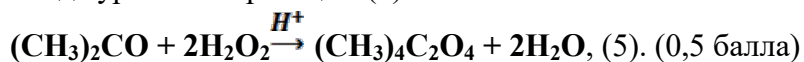


Исходя из плотности паров органического продукта реакции (5) по водороду его молярная масса: $M(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = D_{\text{H}_2}(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) \cdot M(\text{H}_2) = 74 \cdot 2 = 148$ г/моль. (0,5 балла)

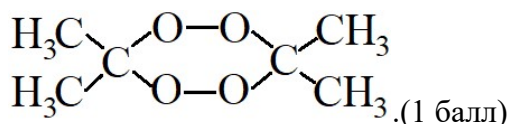
По массовым долям элементов состав молекулы органического продукта реакции (3): $x:y:z = \frac{48,65}{12} : \frac{8,11}{1} : \frac{43,24}{16} = 4,054:8,1:2,7 = 1,5:3:1 = 3:6:2$, $\Rightarrow \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$, (0,5 балла)

молярная масса по формуле $M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2) = 74$ г/моль, что в два раза меньше действительной. Следовательно формула продукта реакции (5) – $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_4$. (0,5 балла)

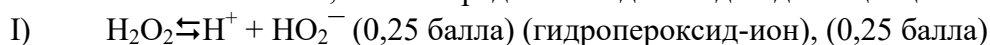
Тогда уравнение реакции (5):



3. В перексиде водорода степень окисления кислорода –1, эта степень окисления сохраняется в органическом продукте реакции (5), следовательно его молекула содержит две пероксидные группировки, которые встраиваются вместо атомов кислорода в карбонильные группировки, создавая мостики между фрагментами двух молекул ацетона, и, таким образом, формируя циклическую структуру:



4. Реакция среды указывает, что **пероксид водорода относится к классу кислот** (0,5 балла), и, учитывая его основность, можно представить две стадии диссоциации:



Итого: 10 баллов.

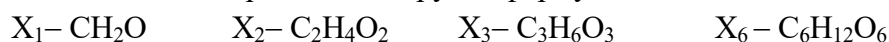
Задача № 10-3

1. Запишем простейшую формулу веществ как $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$

$$x : y : z = 40/12 : 6.67/1 : 53.33/16 = 3.33 : 6.67 : 3.33 = 1 : 2 : 1$$

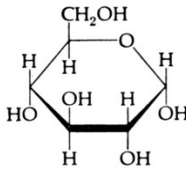
Простейшая формула – CH_2O

Тогда, с учетом отношения молярных масс, брутто-формулы веществ:



Вещество X_1 – формальдегид (метаналь), который можно получить при окислении метанола (спирта S_1). Вещество X_2 – уксусная кислота, которую можно получить при окислении этанола (спирта S_2). Продукт фотосинтеза X_6 – это глюкоза, которая при молочнокислом брожении превращается в молочную кислоту – вещество X_3 , а при спиртовом брожении – в этанол (S_2).

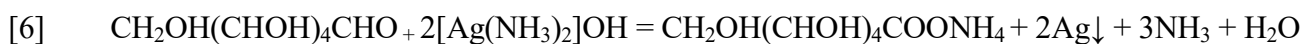
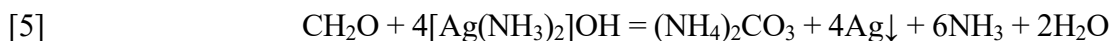
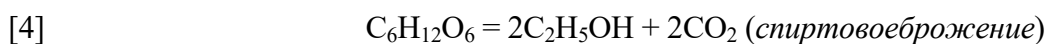
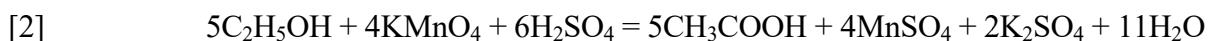
Таким образом, получим следующие структурные формулы:

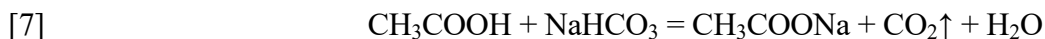
Вещество	Структурная формула	
X_1	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{O} \end{array}$	
X_2		
X_3		
X_6	Проекция Фишера $\begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	Проекция Хеуорса 

S_1 – метанол CH_3OH

S_2 – этанол $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

2. Уравнения реакций





3. Обозначим массу формальдегида для приготовления раствора – x г, тогда можно составить уравнение:

$$x / (x + 150) = 0.4, \text{ откуда } x = 100 \text{ г}$$

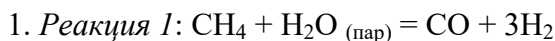
$$n(\text{CH}_2\text{O}) = 100 / 30 = 3.33 \text{ моль}$$

$$V(\text{CH}_2\text{O}) = 3.33 \times 22.4 = 74.6 \text{ л}$$

Система оценивания

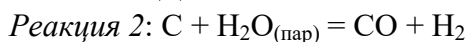
№	Элемент ответа	Баллы
1.	Простейшая формула X. Структурные формулы X ₁ , X ₂ , X ₃ и X ₆ Формулы спиртов S ₁ и S ₂ .	0,5 б $5 \times 0,5 = 2,5 \text{ б}$ $2 \times 0,5 = 1 \text{ б}$
2.	Уравнения реакций 1–8	$8 \times 0,5 = 4 \text{ б}$
3.	Объем формальдегида	2 б
	Итого	10 баллов

Задача № 10-4



По следствию из закона Гесса:

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



По следствию из закона Гесса:

$$Q_r = Q_f(\text{CO}) + Q_f(\text{H}_2) - Q_f(\text{C}) - Q_f(\text{H}_2\text{O}) = 110.5 + 0 - 0 - 241.8 = -131.3 \text{ кДж/моль}$$

2. $n(\text{CH}_3\text{OH}) = 8000 / 32 = 250 \text{ моль}$

Тогда при синтезе 1 моль метанола выделится:

$$Q = 22700 / 250 = 90.8 \text{ кДж/моль}$$

Термохимическое уравнение реакции 3:



3. Если выход метанола составил 20%, то в соответствии с уравнением в реакцию 3 вступили:

$0.7 \times 0.2 = 0.14 \text{ моль/л}$ водорода (выход считаем по веществу в недостатке), $0.7 \times 0.1 = 0.07 \text{ моль/л}$ угарного газа,

образовалось 0.07 моль/л метанола.

Тогда равновесные концентрации веществ равны:

$$[\text{CH}_3\text{OH}] = 0.07 \text{ моль/л}$$

$$[\text{H}_2] = 0.7 - 0.14 = 0.56 \text{ моль/л}$$

$$[\text{CO}] = 0.7 - 0.07 = 0.63 \text{ моль/л}$$

Запишем выражение для константы равновесия реакции 3 и рассчитаем ее:

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^2} = \frac{0.07}{0.63 \cdot 0.56^2} = 0.3543$$

4. а) Синтез метанола осуществляется в газовой фазе, причем из 3 моль исходных веществ образуется 1 моль продукта. В соответствии с принципом Ле Шателье при понижении давления равновесие смещается в сторону увеличения количества газообразных веществ, т.е.

в нашем случае влево, следовательно, понижение давления приведет к **уменьшению** выхода метанола.

б) В соответствии с принципом Ле Шателье понижение температуры смещает равновесие в сторону экзотермической реакции. Синтез метанола – экзотермическая реакция, поэтому равновесие будет смещаться вправо, что приведет к **увеличению** выхода метанола.

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 метанола **не изменится**.

5. В соответствии с правилом Вант-Гоффа при повышении температуры на каждые 10°C скорость реакции возрастает в γ раз, где γ – температурный коэффициент Вант-Гоффа.

Для реакции синтеза метанола $\gamma = 2.5$, следовательно, при повышении температуры на 100°C скорость реакции увеличится в $2.5^{10} = 9537$ раз.

Система оценивания

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Уравнения <i>реакций 1 и 2</i> Тепловые эффекты	$2 \times 1 = 2$ б $2 \times 1 = 2$ б
2.	Тепловой эффект реакции синтеза метанола Термохимическое уравнение <i>реакции 3</i> .	0,5 б 0,5 б
3.	Равновесные концентрации всех веществ в колонне синтеза Значение константы равновесия	$3 \times 0,5 = 1,5$ б 1 б
4.	Влияние факторов на выход метанола (без аргументов – 0б)	$3 \times 0,5 = 1,5$ б
5.	Расчет увеличения скорости	1 б
	Итого	10 баллов

Задача №10-5

Рассмотрим кристаллическую структуру элемента X:

$$\rho = \frac{n \cdot M_r}{V \cdot N_A}; M_r = \frac{\rho \cdot V \cdot N_A}{n}$$

Объем элементарной ячейки $V = a^3 = (5.148 \text{ Å})^3 = 136.432 \text{ Å}^3$ или $1.36432 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3$ ($1 \text{ Å} = 10^{-8} \text{ см}$).

На одну элементарную ячейку в объемно-центрированной кубической кристаллической решетке приходится 2 атома, $n = 2$. Подставив все значения в формулу, получим:

$$M_r = \frac{5.5 \text{ г/см}^3 \cdot 1.36432 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{2} = 225.86 \approx 226 \text{ г/моль}$$

Такой атомной массе соответствует радий (Ra).

Радий – щелочноземельный металл, поэтому его свойства близки к свойствам бария:

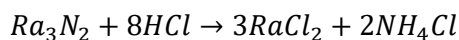
- $Ra + 2H_2O \rightarrow Ra(OH)_2 + H_2$
- $2Ra + O_2 \rightarrow 2RaO$
- $RaCl_2 + MgSO_4 \rightarrow MgCl_2 + RaSO_4 \downarrow$
- $RaCl_2 + 2KF \rightarrow RaF_2 + 2KCl$

Потемнение стекла (образование дефектов структуры), солей радия (радиолиз) и свечение воздуха (ионизация азота) вокруг активных образцов объясняется изрядной радиоактивностью.

При окислении радия на воздухе кроме оксида RaO образуется нерастворимый в воде нитрид Ra_3N_2 . Подтвердим это расчетами:

$$M(Ra_3N_2) = 706; \omega(Ra) = \frac{226 \cdot 3}{706} 100\% = 96.03\%$$

Нитрид радия реагирует с соляной кислотой:



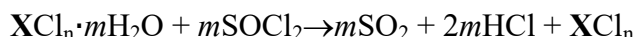
Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1	Определение элемента X	5 б.
2	Написание реакций 1 – 4	0,5×4 = 2 б.
3	Объяснение свойств препаратов радия	1 б.
4	Написание формулы нитрида радия	1 б.
5	Реакция растворения нитрида в кислоте	1 б.
	Итого	10 баллов

2.1.4. Задания 11 класса

Задача №11-1

1. Запишем реакцию взаимодействия гидратированного хлорида с хлористым тионилом:



Таким образом, $1/(A(X) + 35,5n) = 8/(1,776m \cdot (32+16+71))$, следовательно атомная масса X равна:

$$A(X) = 26,418m - 35,5n,$$

перебирая степени окисления металла в хлориде и число молекул кристаллизационной воды при $m=6, n=3$ приходим к $A(X)=52$ г/моль, что соответствует хрому. Также получаем, что X_1 - $CrCl_3$, а X_2 - $CrCl_3 \cdot 6H_2O$.

2. Во второй части задачи речь идет о получении бис(бензол)хрома (аналога ферроцена) – вещество X_4 $[(C_6H_6)_2Cr]$. Подтвердим это расчётом:

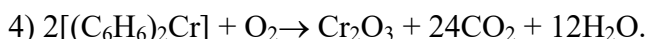
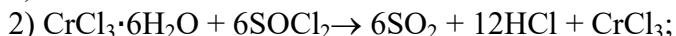
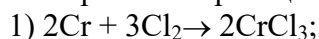
$$1,67 \cdot M(Cr_2O_3) \cdot 0,5 / M(Cr(C_6H_6)_2) = 0,61.$$

Наше предположение оказалось верным: $M(X_4)=208$ г/моль.

Вещество X_3 – производное бис(бензол)хрома, т.о. $M(X_3)=52/0,1379=377$ г/моль. Вычитая молекулярную массу бис(бензол)хрома 208 г/моль, получаем 169 г/моль. Информация на тетраэрический анион позволяет предположить тетрахлоралюминат-ион, молекулярная масса которого равна 169 г/моль. Таким образом, вещество X_3 это $[(C_6H_6)_2Cr][AlCl_4]$.

3. Очевидно, что при сгорании X_4 в избытке кислорода при 500°C образуется тёмно-зелёный порошок X_5 – оксид хрома (III) (Cr_2O_3).

4. Уравнения реакций:



Ответ: X – Cr; X_1 - $CrCl_3$; X_2 - $CrCl_3 \cdot 6H_2O$; X_3 – $[(C_6H_6)_2Cr][AlCl_4]$; X_4 - $[(C_6H_6)_2Cr]$; X_5 – Cr_2O_3 .

Система оценивания

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Определение элемента X	6 б.
2.	Определение веществ X_1 – X_4 .	0,5×4 = 2 б.
3.	Уравнение реакции	0,5×4 = 2 б.
	Итого	10 баллов

Задача № 11-2

1. **X** – бериллий (Be); **Y** – алюминий (Al); **X1** – углерод (C); **Y1** – фосфор (P)

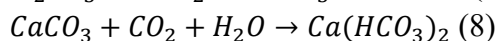
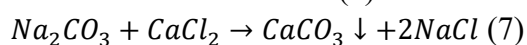
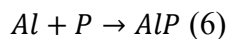
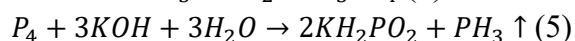
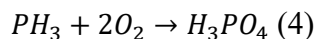
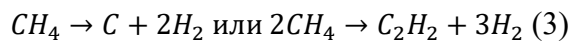
Z – фосфидалюминия (AlP)

2. ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_0\text{n} + {}^{12}_6\text{C}$ или ${}^9_4\text{Be}({}^4_2\text{He}, {}^1_0\text{n}){}^{12}_6\text{C}$ (1)

${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_0\text{n} + {}^{30}_{15}\text{P}$ или ${}^{27}_{13}\text{Al}({}^4_2\text{He}, {}^1_0\text{n}){}^{30}_{15}\text{P}$ (2)

Исходные элементы выводятся из ядерной реакции «ретросинтетически».

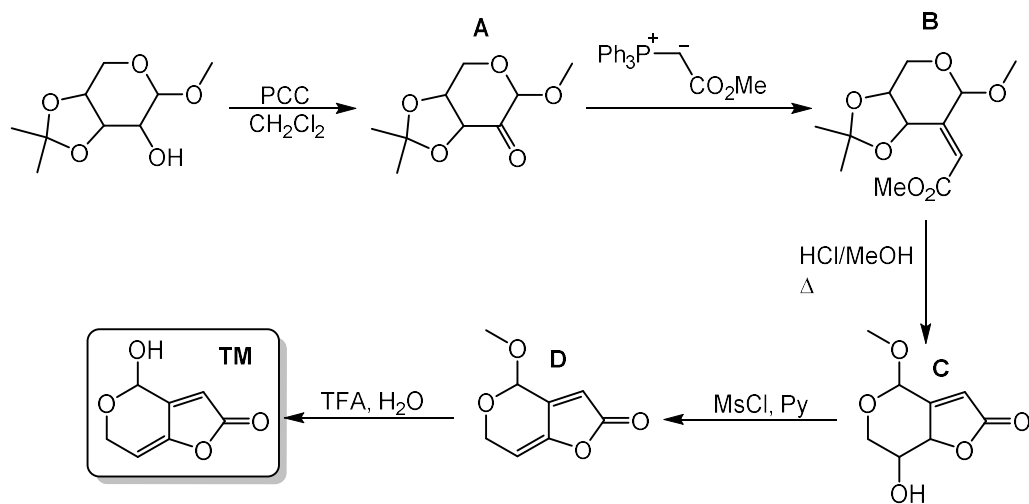
Примечанием учтено образование изотопа ${}^{30}\text{P}$.



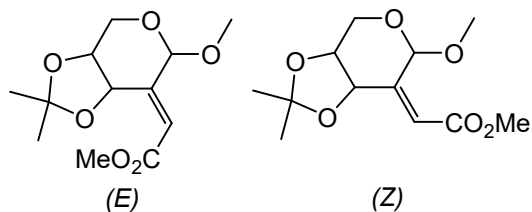
Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1	Определение веществ X, Y, X1, Y1 и Z	5 x 1 б. = 5 б.
2	Написание уравнений (1) и (2)	2 x 1 б. = 2 б.
3	Написание уравнений (3)–(8)	6 x 0,5 б = 3 б.
	Итого	10 баллов

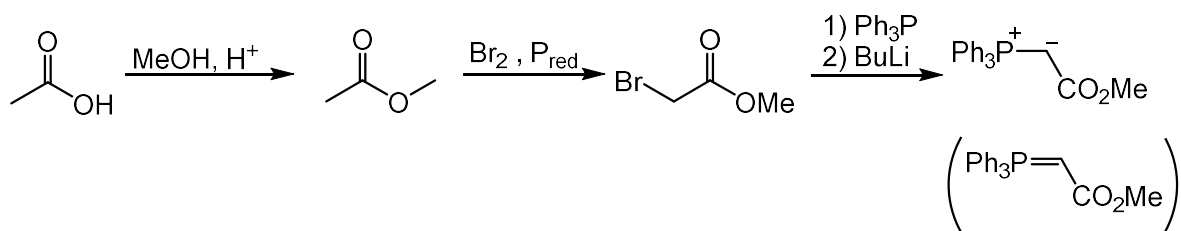
Задача № 11-3



Изомеры вещества **B**:



2. Способ получения иллада:



Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1	Правильные структуры A – D	$4 \times 0.75 = 3$ б.
2	Правильная структура TM	5 б.
3	Изомеры вещества B	$2 \times 0.5 = 1$ б.
4	Метод синтеза илида	1 б.
	Итого	10 баллов

Задача № 11-4

1. Реакция 1: $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}_{(\text{пар})} = \text{CO} + 3\text{H}_2$

По следствию из закона Гесса:

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

Реакция 2: $\text{C} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{пар})} = \text{CO} + \text{H}_2$

По следствию из закона Гесса:

$$Q_r = Q_f(\text{CO}) + Q_f(\text{H}_2) - Q_f(\text{C}) - Q_f(\text{H}_2\text{O}) = 110.5 + 0 - 0 - 241.8 = -131.3 \text{ кДж/моль}$$

2. $n(\text{CH}_3\text{OH}) = 8000 / 32 = 250$ моль

Тогда при синтезе 1 моль метанола выделяется:

$$Q = 22700 / 250 = 90.8 \text{ кДж/моль}$$

Термохимическое уравнение реакции 3:



3. Если выход метанола составил 20%, то в соответствии с уравнением в реакцию 3 вступили:

$0.7 \times 0.2 = 0.14$ моль/л водорода (выход считаем по веществу в недостатке), $0.7 \times 0.1 = 0.07$ моль/л угарного газа,

образовалось 0.07 моль/л метанола.

Тогда равновесные концентрации веществ равны:

$$[\text{CH}_3\text{OH}] = 0.07 \text{ моль/л}$$

$$[\text{H}_2] = 0.7 - 0.14 = 0.56 \text{ моль/л}$$

$$[\text{CO}] = 0.7 - 0.07 = 0.63 \text{ моль/л}$$

Запишем выражение для константы равновесия реакции 3 и рассчитаем ее:

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^2} = \frac{0.07}{0.63 \cdot 0.56^2} = 0.3543$$

4. а) Синтез метанола осуществляется в газовой фазе, причем из 3 моль исходных веществ образуется 1 моль продукта. В соответствии с принципом Ле Шателье при понижении давления равновесие смещается в сторону увеличения количества газообразных веществ, т.е. в нашем случае влево, следовательно, понижение давления приведет к **уменьшению** выхода метанола.

б) В соответствии с принципом Ле Шателье понижение температуры смещает равновесие в сторону экзотермической реакции. Синтез метанола – экзотермическая реакция, поэтому равновесие будет смещаться вправо, что приведет к **увеличению** выхода метанола.

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 метанола **не изменится**.

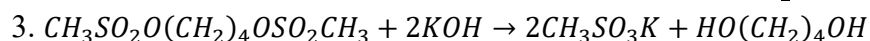
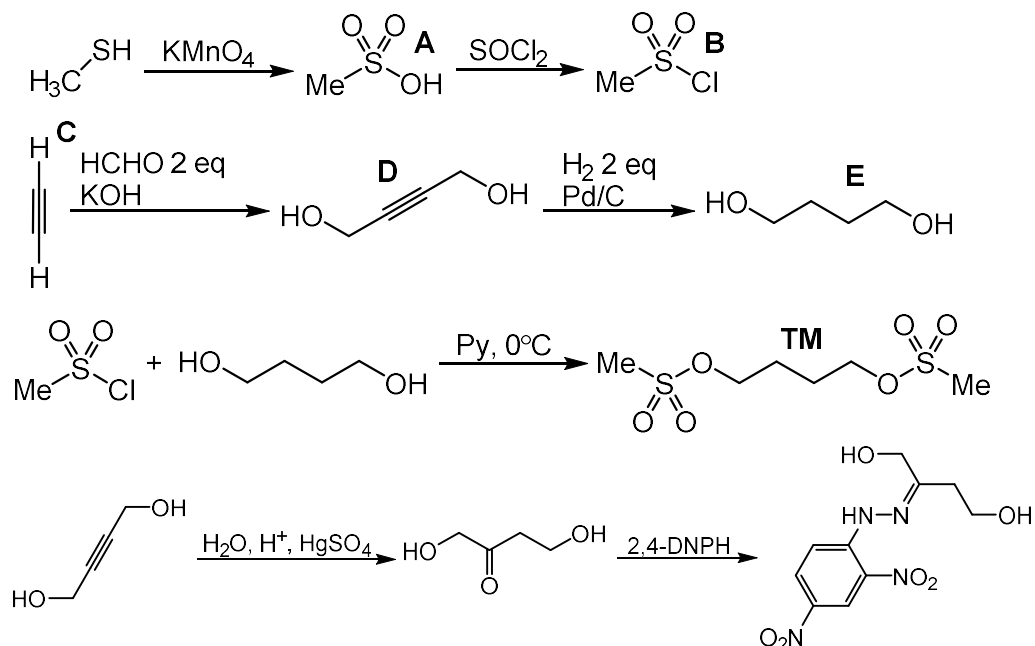
5. В соответствии с правилом Вант-Гоффа при повышении температуры на каждые 10°C скорость реакции возрастает в γ раз, где γ – температурный коэффициент Вант-Гоффа.

Для реакции синтеза метанола $\gamma = 2.5$, следовательно, при повышении температуры на 100°C скорость реакции увеличится в $2.5^{10} = 9537$ раз.

Система оценивания

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Уравнения <i>реакций 1 и 2</i> Тепловые эффекты	$2 \times 1 = 2$ б $2 \times 1 = 2$ б
2.	Тепловой эффект реакции синтеза метанола Термохимическое уравнение <i>реакции 3</i> .	0,5 б 0,5 б
3.	Равновесные концентрации всех веществ в колонне синтеза Значение константы равновесия	$3 \times 0,5 = 1,5$ б 1 б
4.	Влияние факторов на выход метанола (без аргументов – 0б)	$3 \times 0,5 = 1,5$ б
5.	Расчет увеличения скорости	1 б
	Итого	10 баллов

Задача №11-5



4. $M(\text{миелосана}) = 246.29 \text{ г/моль}; M_{eq} = \frac{1}{2}M = 123.145 \text{ г/моль} \cdot \text{экв}$

$$m = (C_{\text{NaOH}}V_{\text{NaOH}} - C_{\text{HCl}}V_{\text{HCl}}) \cdot M_{eq}(\text{миелосана}) \cdot 10^{-3} \cdot \frac{V_{\text{колбы}}}{V_{\text{аликвоты}}}$$

$$m = (0.100 \cdot 50.0 - 0.010 \cdot 12.00) \cdot 123.145 \cdot 10^{-3} \cdot 5.000 = 3.005 \text{ г}$$

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1	Правильные структуры А – Е	5 x 1 = 5 б.
2	Правильная структура ТМ	2 б.
3	Схема гидратации D и реакции с ДНФГ	1 б.
4	Уравнение реакции гидролиза миелосана	1 б.
5	Расчет массы миелосана в препарате	1 б.
	Итого	10 баллов

2.2. Критерии оценивания заданий Теоретического тура

2.2.1. Задания 7-8 класса

Задача №8-1

Ответ: литий, бериллий, ванадий, индий, титан, лантан, скандий, галлий, таллий, тантал.

Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
За каждое правильное название	$10 \times 1 = 10$ б.
Итого	10 баллов

Задача № 8-2

1. Оксид неметалла (**Б**) – оксид хлора (VII) (Cl_2O_7 , $M=183$ г/моль):

$M(\text{Б}) = 16 \cdot x / 0.612 = 26.144 \cdot x$, при $x=7$ получаем $M(\text{Б})=183$ г/моль.

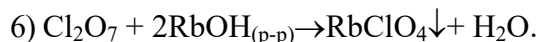
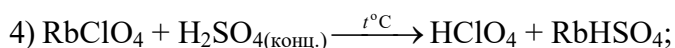
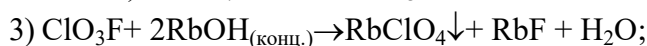
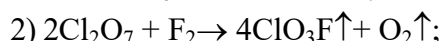
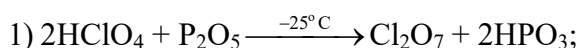
Этот оксид имеет ионное строение: $\text{ClO}_3^+ \text{ClO}_4^-$. Таким образом, элемент **Х** – хлор.

2. Кислота **А** – хлорная кислота (HClO_4 , $\omega_{\text{Cl}}=35.32\%$). Сильная одноосновная кислота (концентрированная – окислитель; разбавленная – практически не проявляет окислительных свойств).

3. Плохо растворимая в воде соль **Г** – перхлорат рубидия (RbClO_4 , $\omega_{\text{Rb}}=46.1\%$).

4. Вещество **В** – триоксид-фторид хлора (VII) (ClO_3F , $M=2.697 \cdot 38 = 102.5$ г/моль).

5. Уравнения реакций:



Ответ: **Х** – хлор (Cl); **А** – HClO_4 ; **Б** – Cl_2O_7 ; **В** – ClO_3F ; **Г** – RbClO_4 .

Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Определение элемента Х	1.5 б.
Соединения А , Б и Г	$1 \times 3 = 3$ б.
Соединения В	2.5 б.
Уравнения реакций 1-6	$0.5 \times 6 = 3$ б.
Итого	10 баллов

Задача № 8-3

1. Определим состав вещества **А**. Реакция раствора **А** в воде с $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ с образованием белого кристаллического осадка указывает на то, что в состав **А** входит сульфат-ион. Число молей образовавшегося BaSO_4 ($M(\text{BaSO}_4)=233$ г/моль) составляет 0.03 моль.

Если **А** – сульфат, то молекулярная масса может быть рассчитана по уравнению (n – число SO_4^{2-} - групп в **А**):

$$M(\text{А}) = n \cdot 4 \cdot A(\text{O}) / \omega(\text{O}) = n \cdot 4 \cdot 16 / 0.4507 = 142 \cdot n \text{ г/моль}$$

При $n=1$ получаем $M(\text{А})=142$ г/моль, что соответствует Na_2SO_4 (сульфат натрия).

2. Определим состав вещества $\text{А} \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Масса конечного раствора:

$$m(\text{кон. р-р}) = 16.1 + 200 + 100 - 7 - 167 = 142.1 \text{ г.}$$

Масса Na_2SO_4 в растворе равна 2.842 г ($142.1 \cdot 0.02 = 2.842 \text{ г.}$), что соответствует 0.02 моль. Следовательно, общее число молей Na_2SO_4 равно 0.05 моль. Отсюда следует, что в $\text{A} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ масса воды равна 9 г или 0.5 моль. Нетрудно видеть, что соотношение $\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) : \nu(\text{H}_2\text{O}) = 0.05 : 0.5 = 1 : 10$. Отсюда состава $\text{A} \cdot x\text{H}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ – декагидрат сульфата натрия (*глауберова соль*).

3. Массовая доля $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ($M(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 261 \text{ г/моль}$) в использованном растворе равна ($\nu(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) : \nu(\text{BaSO}_4)$):

$$\omega(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 0.03 \cdot 261 \cdot 100\% / 100 = 7.83 \text{ \%}.$$

Ответ: $\text{A} - \text{Na}_2\text{SO}_4$; $\text{A} \cdot x\text{H}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; $\omega(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 7.83 \text{ \%}$; *глауберова соль*.

Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Определение состава A	5 б.
Определение числа молекул воды (x) в $\text{A} \cdot x\text{H}_2\text{O}$	2б.
Определение массовой доли $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	2 б.
Тривиальное название $\text{A} \cdot x\text{H}_2\text{O}$	1 б.
Итого	10 б.

Задача № 8-4

1. Идентифицировать соли **Б** и **Д** можно по их молекулярным массам: **Б** – бромид натрия ($M(\text{NaBr}) = 103 \text{ г/моль}$), **Д** – карбонат натрия ($M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль}$).

2. По таблице растворимости находим цвета образовавшихся осадков, делаем вывод о том, что веществом **В** может быть светло-жёлтый бромид серебра (AgBr), а веществом **Е** – светло-жёлтый карбонат серебра (Ag_2CO_3). Сделанные выводы подтверждаются расчётами:

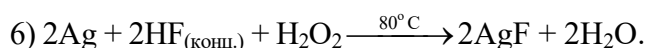
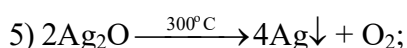
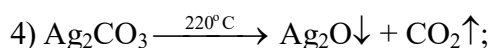
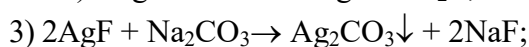
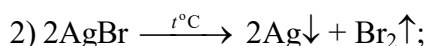
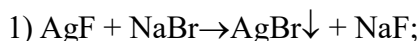
$$\nu(\text{AgBr}) = 9.4 / 188 = 0.05 \text{ моль}, \nu(\text{Ag}_2\text{CO}_3) = 6.9 / 276 = 0.025 \text{ моль},$$

т.е. в обоих случаях $\nu(\text{Ag}) = 0.05$ моль, что согласуется с условием задачи о разделении исходного раствора на равные части. Также в пользу Ag_2CO_3 свидетельствует и то, что при нагревании вещества **Е** также выделяется газ CO_2 (вещество **З**), имеющий плотность по гелию 11 ($M(\text{CO}_2) / M(\text{He}) = 44 / 4 = 11$).

3. Прокаливание AgBr приводит к образованию элементарных твёрдого серебра и газообразного брома. Таким образом, вещество **Г** – серебро (Ag). Взаимодействие серебра с горячей смесью перекиси водорода и концентрированной плавиковой кислоты приводит к образованию фторида серебра (вещество **А**, AgF).

4. Вещество **Ж** – оксид серебра (Ag_2O), которое при нагревании выше 300°C разлагается на серебро и газообразный кислород (вещество **И**), который имеет плотность по диоксиду серы (SO_2), равную 0.5 ($M(\text{O}_2) / M(\text{SO}_2) = 32 / 64 = 0.5$).

5. Уравнения реакций:



Ответ: А – AgF; Б - NaBr; В - AgBr; Г – Ag; Д – Na₂CO₃; Е – Ag₂CO₃; Ж – Ag₂O; З – CO₂; И – O₂; К – H₂O₂.

Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Соединения А-К	0.5×10 = 5 б.
Уравнения реакций 1-5	0.8×5 = 4 б.
Уравнение реакции 6	1 б.
Итого	10 баллов

Задача № 8-5

1. Определим элементы, которые могут входить в состав минералов *галита*, *сильвина* и *карналлита*. Из условия задачи следует, что в состав *галита* входит натрий (Na) (*жёлтая* окраска пламени), а в состав *сильвина* и *карналлита* – калий (K) (*фиолетовая* окраска пламени).

2. В состав одного из минералов входит вода, в количестве 10.8 г (41.05 – 30.25 = 10.8), что соответствует 0.6 моль H₂O.

3. По реакции с нитратом серебра и описанию образовавшегося осадка очевидно, что речь идёт хлоридах (вещество Д - AgCl). Поскольку при прокаливании исходной смеси образуется смесь трех бинарных солей, то два из них – хлорид натрия (NaCl) и хлорид калия (KCl). Можно сделать вывод, что *галит* (А) – хлорид натрия (NaCl), а *сильвин* (Б) – хлорид калия (KCl). Три соли, образующиеся в растворе после осаждения хлорида серебра – NH₄NO₃ (Е), NaNO₃ (Ж) и KNO₃ (З).

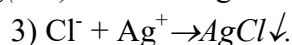
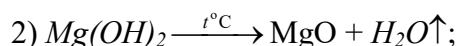
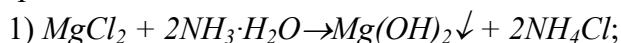
4. Вещество Г – гидроксид магния (Mg(OH)₂), при термическом разложении которого образуются два оксида (MgO и H₂O). Последнее подтверждается расчётом – массовая доля H₂O в Mg(OH)₂ составляет 31.04%, что соответствует условию задачи. Отсюда следует, что в состав *карналлита* входит хлорид магния (MgCl₂) в количестве 0.1 моль. Нетрудно рассчитать, что соотношение молей воды и хлорида магния в *карналлите* составляет 6:1.

5. Из соотношения массы *сильвина* и *галита* в исходной смеси минералов нетрудно рассчитать, что отношение числа молей соответствующих солей (KCl и NaCl) равно единице:

$$\begin{aligned} m(\text{KCl})/m(\text{NaCl}) &= (n(\text{KCl}) \cdot M(\text{KCl})) / (n(\text{NaCl}) \cdot M(\text{NaCl})) = \\ &= (n(\text{KCl}) \cdot 74.5) / (n(\text{NaCl}) \cdot 58.5) = 1.2735; \\ n(\text{KCl})/n(\text{NaCl}) &= 1. \end{aligned}$$

6. Общее число молей ионов хлора в исследованной смеси равно числу образовавшегося AgCl, т.е. 0.5 моль (71.75/143.5=0.5 моль). Поскольку в *карналлите* $n(\text{MgCl}_2) = n(\text{KCl}) = 0.1$ моль, следовательно состав *карналлита* KCl·MgCl₂·6H₂O. Отсюда, $n(\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0.1$ моль или 27.75 г. На долю *галита* и *сильвина* приходится 0.2 моль хлорид-ионов, значит $n(\text{NaCl}) = 0.1$ моль или 5.8 г, а $n(\text{KCl}) = 0.1$ моль или 7.45 г.

7. Уравнения описанных реакций:



Ответ: Галит (А) – NaCl; сильвин (Б) – KCl; карналлит (В) – KCl·MgCl₂·6H₂O; Г – Mg(OH)₂; Д – AgCl; Е – NH₄NO₃; Ж – NaNO₃; З – KNO₃; $m(\text{галит}) = 5.8$ г; $m(\text{сильвин}) = 7.45$ г; $m(\text{карналлит}) = 27.75$ г.

Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Установление качественного состава минералов А-В	$1.5 \times 3 = 4.56$.
Установление количественного состава смеси минералов	$0.5 \times 3 = 1.56$. б
Установление веществ Г-З	$0.5 \times 5 = 2.56$. б
Уравнения <i>реакций 1-3</i>	$0.5 \times 3 = 1.5$ б.
Итого	10 баллов

2.2.2. Задания 9 класса

Задача №9-1

1. По описанию признака реакции металла с кислотой Y (выделяется бесцветный газ, быстро бурящийся на воздухе - NO) делаем вывод, что Y – азотная кислота.

При реакции соли Y с цинком выпадает красный осадок, что вероятно указывает на выпадение меди, то есть металл X – медь, а соль Z – нитрат меди (II) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

Рассчитаем состав кристаллогидрата, выделяемого при упаривании раствора:

$$M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) / \omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 188 / 0.77644 = 242 \text{ г/моль}$$

$$n = (242 - 188) / 18 = 3, \text{ то есть формула кристаллогидрата } \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$$

Таким образом,



Кристаллогидрат – $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Уравнение реакции взаимодействия меди с разбавленной азотной кислотой:



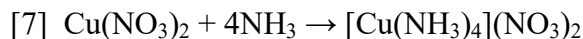
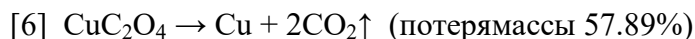
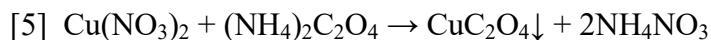
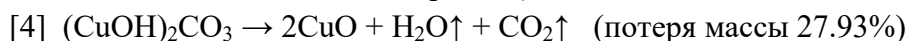
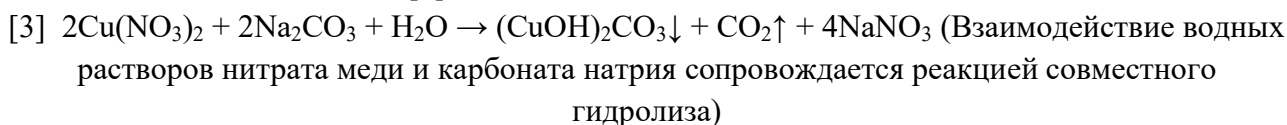
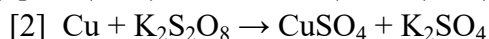
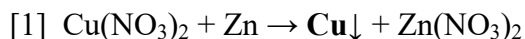
2. При реакции солей меди с избытком водного аммиака образуется аммиачный комплекс:

А – $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2](\text{NO}_3)_2$ нитрат тетраамминмеди(II) (массовая доля кислорода 43.243%)

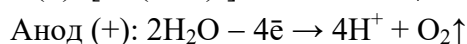
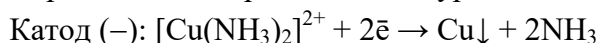
При реакции солей меди с избытком водного раствора пиррофосфата калия образуется пиррофосфатный комплекс:

В – $\text{K}_6[\text{Cu}(\text{P}_2\text{O}_7)_2]$ дипиррофосфатокупрат(II) калия (массовая доля кислорода 34.675%)

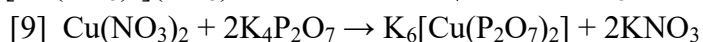
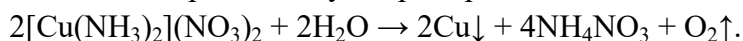
3. Уравнения реакций:



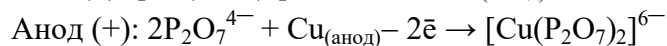
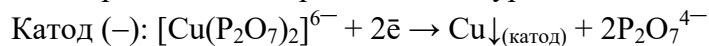
[8] Электролиз с инертным анодом водного раствора нитрата тетраамминмеди(II) сопровождается процессами по уравнениям:



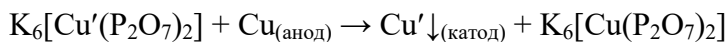
Уравнение суммарной реакции:



[10] Электролиз с медным анодом водного раствора дипирофосфатокупрат(II) калия сопровождается процессами по уравнениям:



Уравнение суммарной реакции:



Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Формулы веществ X , Y , Z , а также кристаллогидрата соли Z	4×0,5 = 2 б
Уравнение взаимодействия X с разбавленным раствором Y	0,5 б
Формулы веществ A и B	2×0,5 = 1 б
Названия веществ A и B	2×0,25 = 0,5 б
Уравнения реакций 1–10	10×0,5 = 5 б
Электродные процессы для реакции 8	0,5 б
Электродные процессы для реакции 10	0,5 б
Итого	10 баллов

Задача № 9-2

1. Из описания гидроксидов **A₁** и **A₂** следует, что **A₁**– кислота, а **A₂** обладает амфотерными свойствами. Основой большинства драгоценных камней являются оксиды алюминия и кремния, они получают при разложении гидроксидов H_2SiO_3 (**A₁**) и $\text{Al}(\text{OH})_3$ (**A₂**), которые соответствуют условию задачи:

$$M(\text{H}_2\text{SiO}_3) = M(\text{Al}(\text{OH})_3) = 78 \text{ моль}$$

Газами с отвратительными запахами, как правило, являются водородные соединения неметаллов, которые при сжигании образуют кислотные оксиды. Кислоты, дающие нерастворимые осадки с ионами бария и удовлетворяющие условию равенства молярных масс, – это серная кислота H_2SO_4 (**B₁**) и фосфорная кислота H_3PO_4 (**B₂**):

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98 \text{ г/моль}$$

Тогда исходными газами являются сероводород H_2S (**B₁**) и фосфин PH_3 (**B₂**). При сжигании сероводорода образуется сернистый газ. Чтобы превратить его в серную кислоту, необходимо взять еще одно бинарное вещество, содержащее водород. Условию задачи удовлетворяет пероксид водорода H_2O_2 (**B₃**):

$$M(\text{H}_2\text{S}) = M(\text{PH}_3) = M(\text{H}_2\text{O}_2) = 34 \text{ г/моль}$$

Нерастворимые соли, образующиеся в реакциях с гидроксидом бария, – сульфат бария BaSO_4 (**Г₁**) и гидрофосфат бария BaHPO_4 (**Г₂**):

$$M(\text{BaSO}_4) = M(\text{BaHPO}_4) = 233 \text{ г/моль}$$

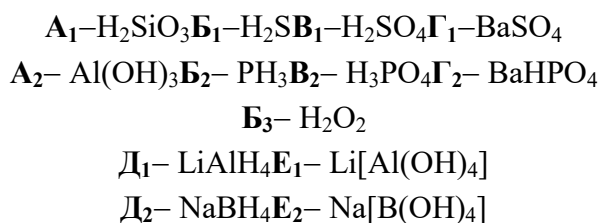
Поскольку при пропускании через раствор **E₁** углекислого газа выпадает осадок гидроксида алюминия, логично заключить, что **E₁**– гидроксокомплекс алюминия. Так как **D₁** и **D₂** используются как восстановители, а водой разлагаются, выделяя легкий горючий газ – водород, то речь идет о комплексных гидридах, среди которых наиболее распространенными являются алюмогидрид лития LiAlH_4 (**D₁**) и боргидрид натрия NaBH_4 (**D₂**):

$$M(\text{LiAlH}_4) = M(\text{NaBH}_4) = 38 \text{ г/моль}$$

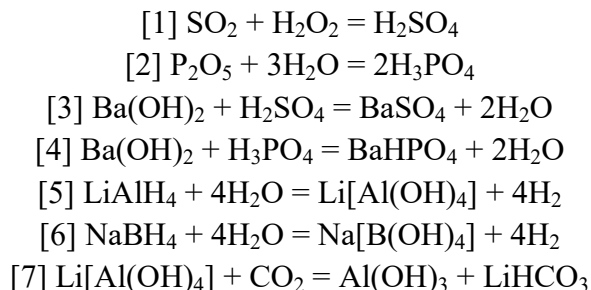
При их разложении образуются соответствующие гидроксокомплексы:

$$M(\text{Li}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = M(\text{Na}[\text{B}(\text{OH})_4]) = 102 \text{ г/моль}$$

Таким образом,



2. Уравнения реакций:



Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Формулы веществ	13×0,5 = 6,5 б
Уравнения реакций	7×0,5 = 3,5 б
Итого	10 баллов

Задача № 9-3

1. Определим элементы, которые могут входить в состав минералов *галита*, *сильвина* и *карналлита*. Из условия задачи следует, что в состав *галита* входит натрий (Na) (*жёлтая* окраска пламени), а в состав *сильвина* и *карналлита* – калий (K) (*фиолетовая* окраска пламени).

2. В состав одного из минералов входит вода, в количестве 10.8 г ($41.05 - 30.25 = 10.8$), что соответствует 0.6 моль H_2O .

3. По реакции с нитратом серебра и описанию образовавшегося осадка очевидно, что речь идёт хлоридах (вещество Д - AgCl). Поскольку при прокаливании исходной смеси образуется смесь трех бинарных солей, то два из них – хлорид натрия (NaCl) и хлорид калия (KCl). Можно сделать вывод, что *галит* (А) – хлорид натрия (NaCl), а *сильвин* (Б) – хлорид калия (KCl). Три соли, образующиеся в растворе после осаждения хлорида серебра – NH_4NO_3 (Е), NaNO_3 (Ж) и KNO_3 (З).

4. Вещество Г – гидроксид магния ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), при термическом разложении которого образуются два оксида (MgO и H_2O). Последнее подтверждается расчётом – массовая доля H_2O в $\text{Mg}(\text{OH})_2$ составляет 31.04%, что соответствует условию задачи. Отсюда следует, что в состав *карналлита* входит хлорид магния (MgCl_2) в количестве 0.1 моль. Нетрудно рассчитать, что соотношение молей воды и хлорида магния в *карналлите* составляет 6:1.

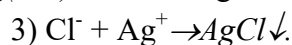
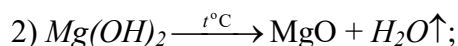
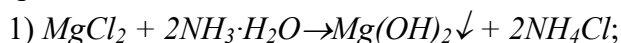
5. Из соотношения массы *сильвина* и *галита* в исходной смеси минералов нетрудно рассчитать, что отношение числа молей соответствующих солей (KCl и NaCl) равно единице:

$$\begin{aligned}
m(\text{KCl})/m(\text{NaCl}) &= (n(\text{KCl}) \cdot M(\text{KCl})) / (n(\text{NaCl}) \cdot M(\text{NaCl})) = \\
&= (n(\text{KCl}) \cdot 74.5) / (n(\text{NaCl}) \cdot 58.5) = 1.2735; \\
n(\text{KCl})/n(\text{NaCl}) &= 1.
\end{aligned}$$

6. Общее число молей ионов хлора в исследованной смеси равно числу образовавшегося AgCl , т.е. 0.5 моль ($71.75/143.5 = 0.5$ моль). Поскольку в *карналлите* $n(\text{MgCl}_2) = n(\text{KCl}) = 0.1$ моль, следовательно состав *карналлита* $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Отсюда, $n(\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0.1$

моль или 27.75 г. На долю *галита* и *сильвина* приходится 0.2 моль хлорид-ионов, значит $n(\text{NaCl})=0.1$ моль или 5.8 г, а $n(\text{KCl})=0.1$ моль или 7.45 г.

7. Уравнения описанных реакций:



Ответ: Галит (А) – NaCl; сильвин (Б) – KCl; карналлит (В) – $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; Г – $\text{Mg}(\text{OH})_2$; Д – AgCl_3 ; Е – NH_4NO_3 ; Ж – NaNO_3 ; З – KNO_3 ; $m(\text{галит})=5.8\text{г}$; $m(\text{сильвин})=7.45\text{ г}$; $m(\text{карналлит})=27.75\text{ г}$.

Система оценивания

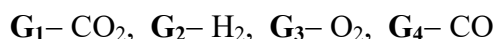
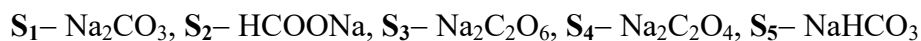
Элемент ответа	Баллы
Установление качественного состава минералов А-В	$1.5 \times 3 = 4.56$.
Установление количественного состава смеси минералов	$0.5 \times 3 = 1.56$. б
Установление веществ Г-З	$0.5 \times 5 = 2.56$. б
Уравнения реакций 1-3	$0.5 \times 3 = 1.5$ б.
Итого	10 баллов

Задача № 9-4

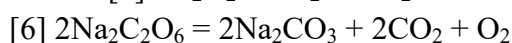
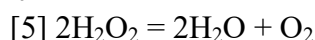
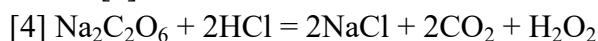
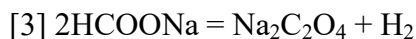
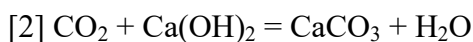
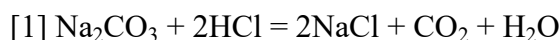
1. Так как все соли окрашивают пламя спиртовки в желто-оранжевый цвет, то все они являются солями натрия. Газ G_1 , вызывающий помутнение известковой воды – это углекислый газ CO_2 , он выделяется при действии соляной кислоты на соли S_1 , S_3 и S_5 . Соли, выделяющие CO_2 при действии кислот, – карбонаты, гидрокарбонаты и пероксодикарбонаты. Из них только карбонат натрия Na_2CO_3 устойчив к прокаливанию, следовательно, он является солью S_1 . Тогда солью S_5 является гидрокарбонат натрия NaHCO_3 , который термически неустойчив и превращается в карбонат натрия с выделением CO_2 . При разложении соли S_3 наряду с углекислым газом выделяется газ G_3 – это кислород O_2 , значит, соль S_3 – пероксодикарбонат натрия $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_6$. При его обработке кислотой в растворе образуется перекись водорода, которая разлагается в присутствии катализатора MnO_2 с выделением O_2 .

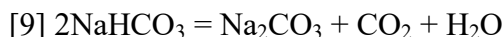
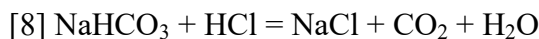
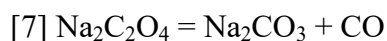
Соль S_4 при нагревании также превращается в карбонат натрия, но анион этой соли устойчив к действию разбавленных кислот. С другой стороны, соль S_4 образуется при нагревании соли S_2 . Легкий горючий газ G_2 , выделяющийся при этом, – это водород H_2 , тогда логично предположить, что солью S_2 является формиат натрия HCOONa , а солью S_4 – оксалат натрия $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Последний при разложении отщепляет угарный газ CO – газ G_4 .

Таким образом,

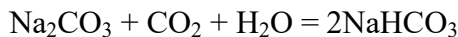
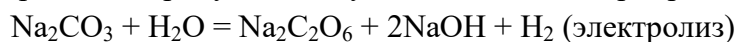


2. Уравнения реакций:





3. Карбонат натрия можно превратить в пероксодикарбонат, проведя электролиз его раствора, а в гидрокарбонат – пропусканием углекислого газа через раствор:



Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Формулы $S_1 - S_5$ и $G_1 - G_4$	$9 \times 0,5 = 4,5 \text{ б}$
Уравнения реакций 1–9	$9 \times 0,5 = 4,5 \text{ б}$
Уравнения реакций превращений $S_1 \rightarrow S_3$ и $S_1 \rightarrow S_5$	$2 \times 0,5 = 1 \text{ б}$
Итого	10 баллов

Задача № 9-5

1. Рассчитаем равновесные концентрации участников реакции:

$$C_{\text{равн.}}(\text{CO}) = n(\text{CO})/V = 2,3:4,7 = 0,489 \text{ моль/л. (0,25 балла),}$$

$$C_{\text{равн.}}(\text{NH}_3) = n(\text{NH}_3)/V = 2,2:4,7 = 0,468 \text{ моль/л. (0,25 балла),}$$

$$C_{\text{равн.}}(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O})/V = 5,4:4,7 = 1,149 \text{ моль/л. (0,25 балла),}$$

$$C_{\text{равн.}}(\text{HCN}) = n(\text{HCN})/V = 5,7:4,7 = 1,213 \text{ моль/л. (0,25 балла).}$$

2. Рассчитаем константу равновесия реакции:

$$K = \frac{C(\text{H}_2\text{O}) \cdot C(\text{HCN})}{C(\text{CO}) \cdot C(\text{NH}_3)} = \frac{1,149 \cdot 1,213}{0,489 \cdot 0,468} = 6,09 (1 \text{ балл}).$$

3. После выведения 1,8 моль циановодорода, в реакторе останется количество $n_{\text{ост.}}(\text{HCN}) = 5,7 - 1,8 = 3,9$ моль (0,25 балл) этого вещества, то есть его концентрация снизится до $C_{\text{ост.}}(\text{HCN}) = n(\text{HCN})/V = 3,9:4,7 = 0,83$ моль/л (0,25 балл), что повлияет на состояние равновесия.

4. Снижение концентрации циановодорода – одного из продуктов, приведёт к смещению равновесия реакции в прямом направлении, и, как следствие, снижению концентраций исходных веществ и росту концентраций продуктов на равную неизвестную величину x , тогда, учитывая независимость величины константы равновесия от концентраций участников, можно записать:

$$K = \frac{(1,149 + x) \cdot (0,83 + x)}{(0,489 - x) \cdot (0,468 - x)} = 6,09 (0,5 \text{ балла}).$$

$$\frac{0,954 + 1,149x + 0,83x + x^2}{0,229 - 0,489x - 0,468x + x^2} = \frac{x^2 + 1,979x + 0,954}{x^2 - 0,957x + 0,229} = 6,09 (1 \text{ балл}),$$

$$x^2 + 1,979x + 0,954 = 6,09x^2 - 5,828x + 1,395 (1 \text{ балл}),$$

$$5,09x^2 - 7,807x + 0,441 = 0 (1 \text{ балл}),$$

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a}; D = b^2 - 4ac.$$

$$D = 7,807^2 - 4 \cdot 5,09 \cdot 0,441 = 51,97 (1 \text{ балл}),$$

$$x_1 = \frac{7,807 + \sqrt{51,97}}{10,18} = 1,475 - \text{неудовлетворяет условию.}$$

$$x_2 = \frac{7,807 - \sqrt{51,97}}{10,18} = 0,059 - \text{удовлетворяет условию (1 балл)}.$$

5. Рассчитаем вновь установившиеся равновесные концентрации участников, учитывая величину их изменения x :

$$C'_p(\text{CO}) = 0,489 - 0,059 = 0,43 \text{ моль/л. (0,25 балла),}$$

$$C'_p(\text{NH}_3) = 0,468 - 0,059 = 0,409 \text{ моль/л. (0,25 балла),}$$

$$C'_p(\text{H}_2\text{O}) = 1,149 + 0,059 = 1,208 \text{ моль/л. (0,25 балла),}$$

$$C'_p(\text{HCN}) = 0,83 + 0,059 = 0,889 \text{ моль/л. (0,25 балла).}$$

6. Учитывая объём реактора, рассчитаем установившиеся количества участников в реакционной смеси:

$$n_{\text{уст.}}(\text{CO}) = 0,43 \cdot 4,7 = 2,021 \text{ моль (0,25 балла),}$$

$$n_{\text{уст.}}(\text{NH}_3) = 0,409 \cdot 4,7 = 1,922 \text{ моль (0,25 балла),}$$

$$n_{\text{уст.}}(\text{H}_2\text{O}) = 1,208 \cdot 4,7 = 5,678 \text{ моль (0,25 балла),}$$

$$n_{\text{уст.}}(\text{HCN}) = 0,889 \cdot 4,7 = 4,178 \text{ моль (0,25 балла).}$$

Итого: 10 баллов.

2.2.3. Задания 10 класса

Задача №10-1

1. По формуле $M = E \frac{a}{\Delta T}$, где a – масса вещества на 1000 г растворителя, г:

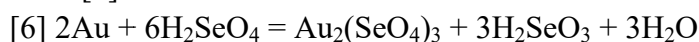
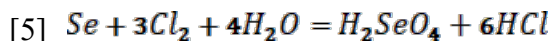
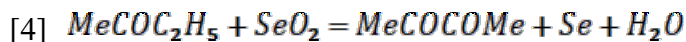
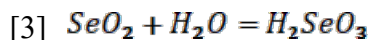
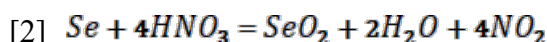
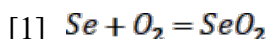
$$M(\text{X}) = 2,34 \cdot 5 / 0,0185 = \mathbf{632,4 \text{ г/моль}}$$

Возможные массы: $M/2 = 316,2$; $M/3 = 210,81$ (Po); $M/4 = 158,1$; $M/5 = 126,5$ (Te); $M/6 = 105,4$; $M/7 = 90,3$; $M/8 = 79$ – **селен (Se)**. Кристаллизованный из сероуглерода селен состоит из молекул **Se₈**, как и сера.

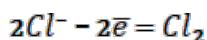
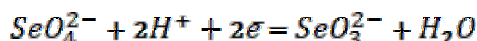
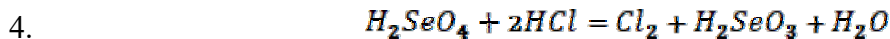
2. Из плотности по оксиану ($M=44$), получаем молекулярную массу фторида 193 г/моль – **SeF₆**. Гибридизация орбиталей – **sp³d²**. Форма молекулы – **октаэдр** (тетрагональная бипирамида).

Кислоты: **A – H₂SeO₃, B – H₂SeO₄**

3. Уравнения реакций:



(возможны другие продукты реакции, например $\text{Au}_2\text{O}(\text{SeO}_3)_2$, смешанный селенит-селенат и другие)



Стандартная ЭДС: $1,147 - 1,359 = -0,212 \text{ В}$

ЭДС в условиях опыта:

$$E = -0,212 - \frac{0,059}{4} \lg \frac{0,002 \cdot 0,01 \cdot 0,1^2}{0,1 \cdot 0,005} = -0,162 \text{ В}$$

Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Расчет молярной массы	1 б.
Определение элемента X	1 б.
Определение формулы молекулы	0.5 б.
Сходство с серой	0.5 б.
Формула высшего фторида X	0.5 б.
Гибридизацию орбиталей	0.5 б.
Форма молекулы	0.5 б.
Формулы кислот A и B	0.5×2 = 1 б.
Уравнения реакций	0.5×6 = 3 б.
Уравнение реакции	0.5 б.
Расчет стандартной ЭДС	0.5 б.
Расчет ЭДС с условиями	0.5 б.
Итого	10 баллов

Задача № 10-2

амфотерными свойствами. Основой большинства драгоценных камней являются оксиды алюминия и кремния, они получаются при разложении гидроксидов H_2SiO_3 (**A**₁) и $\text{Al}(\text{OH})_3$ (**A**₂), которые соответствуют условию задачи:

$$M(\text{H}_2\text{SiO}_3) = M(\text{Al}(\text{OH})_3) = 78 \text{ моль}$$

Газами с отвратительными запахами, как правило, являются водородные соединения неметаллов, которые при сжигании образуют кислотные оксиды. Кислоты, дающие нерастворимые осадки с ионами бария и удовлетворяющие условию равенства молярных масс, – это серная кислота H_2SO_4 (**B**₁) и фосфорная кислота H_3PO_4 (**B**₂):

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98 \text{ г/моль}$$

Тогда исходными газами являются сероводород H_2S (**B**₁) и фосфин PH_3 (**B**₂). При сжигании сероводорода образуется сернистый газ. Чтобы превратить его в серную кислоту, необходимо взять еще одно бинарное вещество, содержащее водород. Условию задачи удовлетворяет пероксид водорода H_2O_2 (**B**₃):

$$M(\text{H}_2\text{S}) = M(\text{PH}_3) = M(\text{H}_2\text{O}_2) = 34 \text{ г/моль}$$

Нерастворимые соли, образующиеся в реакциях с гидроксидом бария, – сульфат бария BaSO_4 (**Г**₁) и гидрофосфат бария BaHPO_4 (**Г**₂):

$$M(\text{BaSO}_4) = M(\text{BaHPO}_4) = 233 \text{ г/моль}$$

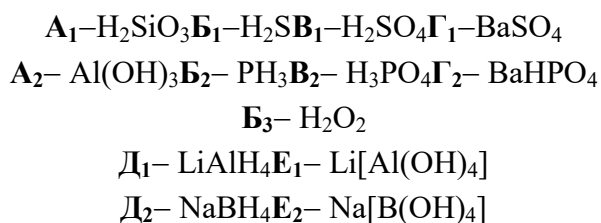
Поскольку при пропускании через раствор **E**₁ углекислого газа выпадает осадок гидроксида алюминия, логично заключить, что **E**₁ – гидроксокомплекс алюминия. Так как **D**₁ и **D**₂ используются как восстановители, а водой разлагаются, выделяя легкий горючий газ – водород, то речь идет о комплексных гидридах, среди которых наиболее распространенными являются алюмогидрид лития LiAlH_4 (**D**₁) и боргидрид натрия NaBH_4 (**D**₂):

$$M(\text{LiAlH}_4) = M(\text{NaBH}_4) = 38 \text{ г/моль}$$

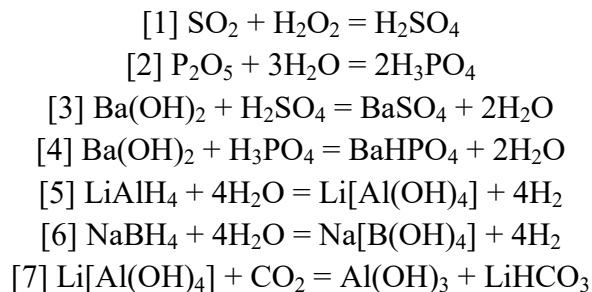
При их разложении образуются соответствующие гидроксокомплексы:

$$M(\text{Li}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = M(\text{Na}[\text{B}(\text{OH})_4]) = 102 \text{ г/моль}$$

Таким образом,



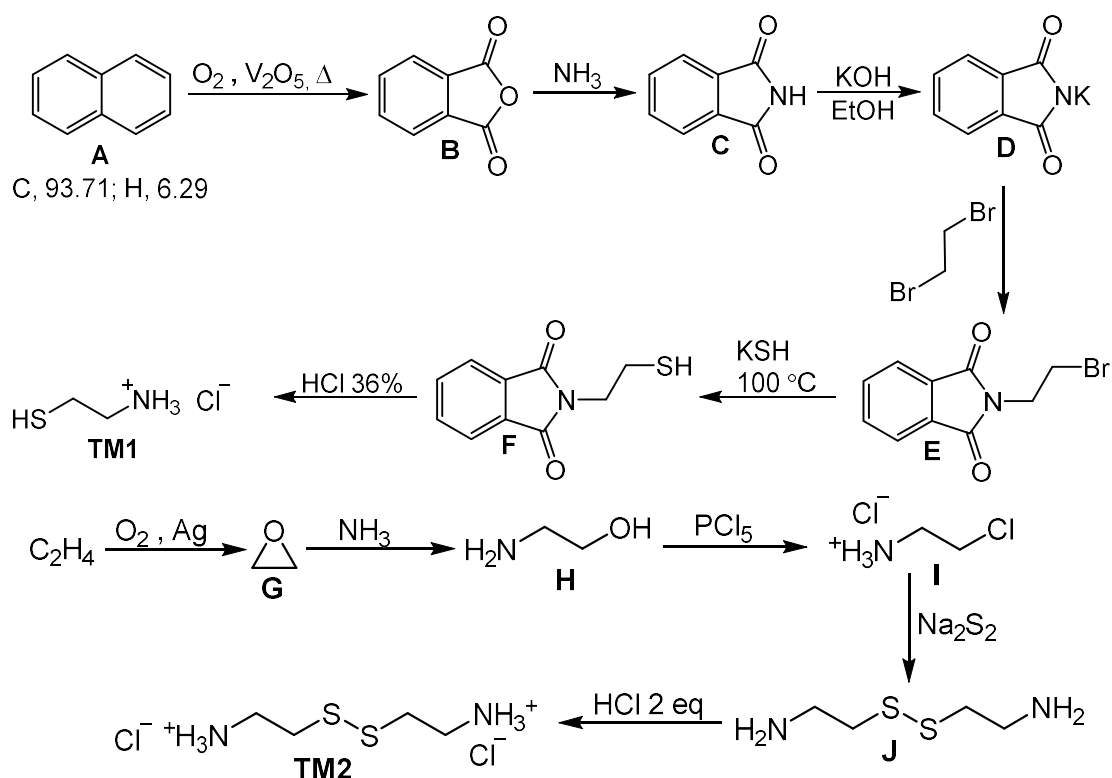
2. Уравнения реакций:



Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Формулы веществ	$13 \times 0,5 = 6,5$ б
Уравнения реакций	$7 \times 0,5 = 3,5$ б
Итого	10 баллов

Задача № 10-3



На основании структур TM1 и TM2 можно сделать вывод, что аминокислота X – цистеин

Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Правильные структуры A - J	$10 \times 0.5 = 5$ б.
Правильные структуры TM1 и TM2	$2 \times 2 = 4$ б.
Аминокислота X	1 б.

Итого	10 баллов
--------------	------------------

Задача № 10-4

1. Пусть x – массовая доля углерода;

y – массовая доля водорода;

z – массовая доля кислорода.

Тогда:

$$\frac{x}{y} = 6,578 \rightarrow y = \frac{x}{6,578}$$

$$\frac{x}{z} = 0,817 \rightarrow z = \frac{x}{0,817}$$

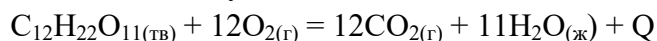
$$x + y + z = 100\% = x + \frac{x}{6,578} + \frac{x}{0,817}$$

$$x = 42,1 \%, y = 6,4 \%, z = 51,5 \%$$

$$x:y:z = \frac{42,1}{12} : \frac{6,4}{1} : \frac{51,5}{16} = 3,508:6,400:3,219$$

$$x:y:z = \frac{3,508}{3,219} : \frac{6,400}{3,219} : \frac{3,219}{3,219} = 1,09:1,99:1$$

Для округления лучше всего подходит умножение на 11.



Для полноценного термохимического уравнения не хватает тепловой энергии на 1 моль сахарозы.

$$M(C_{12}H_{22}O_{11}) = 342 \text{ г/моль}, 1 \text{ моль} - 342 \text{ г сахарозы.}$$

Если при сгорании 1 г сахарозы выделяется 16,53 кДж,

то при сгорании 342 г сахарозы выделится X кДж.

$$X = 342 \cdot 16,53 = 5653,26 \text{ кДж/моль}$$



2. Учитывая, что в день человеку необходимо 2700 ккал, то найдем энергию в кДж:

$$Q = 2700 \cdot 4,184 = 11296,8 \text{ кДж};$$

Найдем массу:

$$n = \frac{11296,8}{5653} = 1,99 \text{ моль} \approx 2 \text{ моль}$$

$$m(\text{сахара}) = 342 \cdot 2 = 684 \text{ г}$$

3. Выделение тепла приведет к повышению температуры. Теплота и температура связываются следующим выражением:

$$Q = cm\Delta t$$

Необходимо учесть, что система разделяется на два компонента: воду и кости, у каждой своя теплоемкость.

$$Q = c_1 \cdot m_1 \Delta t + c_2 \cdot m_2 \Delta t$$

Так как человек – это система, изменение температуры будет одинаково для всех ее частей.

Итоговая формула для расчета будет выглядеть следующим образом:

$$\Delta t = \frac{Q}{(c_1 \cdot m_1 + c_2 \cdot m_2)}$$

c_1 – теплоемкость воды: 4,184 Дж/(г·К), m_1 – масса воды: $80 \cdot 0,6 = 48 \text{ кг}$

c_2 – теплоемкость костей: 2,092 Дж/(г·К), m_2 – масса костей: $80 \cdot 0,4 = 32 \text{ кг}$

$$\Delta t = \frac{11297}{(4,184 \cdot 48 + 2,092 \cdot 32)} = 42 \text{ K}$$

Температура должна повыситься на 42 К

4. При употреблении 684 г сахара выделяется 11297 кДж энергии, чтобы их полностью переработать необходимо:

$$m = n \cdot M = 263 \cdot 18 = 4734 \text{ г} = \mathbf{4,73 \text{ кг}}$$

Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Формула сахарозы	1 б
Правильная запись термохимического уравнения	2 б
<i>Неправильно указаны или пропущены агрегатные состояния веществ – 0,5 б</i>	
<i>Неправильно указан или пропущен тепловой эффект – 0,5 б</i>	
Расчет суточного теплового эффекта в кДж	1 б
Расчет массы сахара	1 б
Вывод формулы для расчета изменения температуры	1 б
Расчет все составляющих формулы	1 б
Расчет изменения температуры	1 б
Расчет количества воды	2 б
Итого	10 баллов

Задача № 10-5

1. Молярная масса металла связана с его плотностью и объемом V элементарной ячейки следующим соотношением:

$$M = \frac{\rho \cdot V \cdot N_A}{Z}$$

В гексагональной решетке на одну ячейку приходится $Z = 6$ атомов. Площадь правильного шестиугольника со стороной a : $S = 3\sqrt{3} \cdot a^2 / 2$, объем элементарной ячейки:

$$V = 3\sqrt{3} \cdot a^2 c / 2 = 3\sqrt{3} \cdot (2.706)^2 \cdot 4.268 / 2 = 81.2 \text{ Å}^3 = 81.2 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3.$$

Тогда, молярная масса M :

$$M = \frac{\rho \cdot V \cdot N_A}{Z} = 12.41 \cdot 81.2 \cdot 10^{-24} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} / 6 = 101.1 \text{ г/моль} - \text{это рутений Ru}$$

Молярная масса соли А равна $101 / 0.4866 = 207.5 \text{ г/моль}$, что соответствует RuCl_3

Для вещества Б сумма массовых долей меньше 100%, остаток (5.84%), скорее всего, приходится на водород. Тогда соотношение молей элементов:

$$\begin{aligned} n(\text{Ru}): n(\text{O}): n(\text{Cl}): n(\text{N}): n(\text{H}) &= \frac{0.3531}{101} : \frac{0.1118}{16} : \frac{0.2483}{35.5} : \frac{0.2284}{14} : \frac{0.0584}{1} = \\ &= 0.0035 : 0.007 : 0.007 : 0.016 : 0.0584 = 3 : 6 : 6 : 14 : 50 \end{aligned}$$

Простейшая формула $\text{Ru}_3\text{Cl}_6\text{O}_6\text{N}_{14}\text{H}_{50}$, что соответствует пику молекулярного иона 858 г/моль.

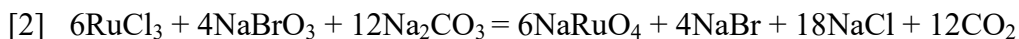
Бромат натрия является сильным окислителем, рутений должен перейти в высокую степень окисления. Есть два варианта: +6 или +7, но в условии сказано об однозарядном анионе, поэтому подойдет перрутеноат RuO_4^- , следовательно

B = NaRuO₄

Таким, образом,



Уравнения реакций



2. Рассчитаем изотоническое давление в растворе вещества Б без учета диссоциации:

$$\pi = CRT = 0.00858 / (858 \cdot 0.1) \cdot 8.314 \cdot 298 = 0.2478 \text{ кПа}$$

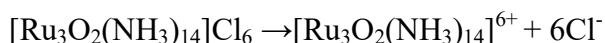
$$\text{Изотонический коэффициент } i = 1.734 / 0.2478 = 7$$

Это означает, что данное соединение диссоциирует в растворе на 7 ионов.

Очевидно, что комплекс содержит аммиак, а также кристаллизационную воду (потеря массы при 150°C), количество которой найдем по уменьшению массы: $858 \cdot 0.0839 = 72$, что соответствует 4 молекулам воды. С учетом этого, истинная формула вещества:

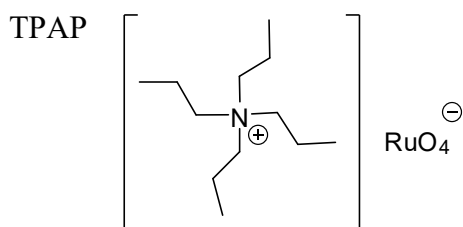
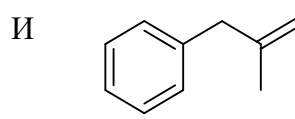
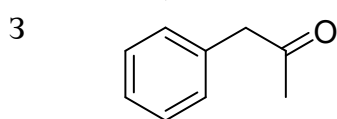
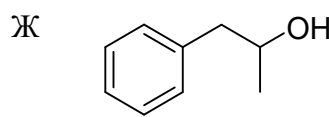
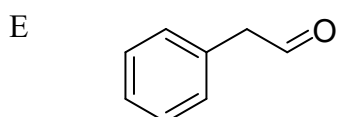
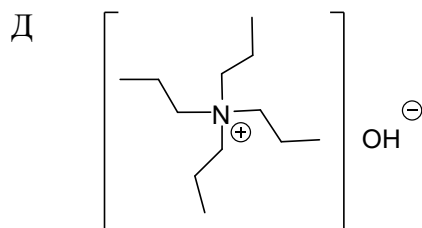
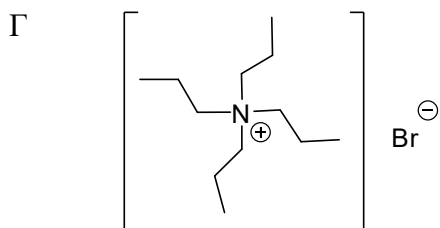


Уравнение диссоциации:



3. При действии избытка пропилбромид на аммиак образуется бромид тетрапропиламмония Г, который при обработке водной суспензией оксида серебра переводят в гидроксид тетрапропиламмония Д. Реакция вещества Д с перрутеном натрия является реакцией обмена и приводит к **перрутенату тетрапропиламмония** $(\text{C}_3\text{H}_7)_4\text{N}^+\text{RuO}_4^-$ (ТРАР). ТРАР мягко окисляет первичные спирты до альдегидов, а вторичные – до кетонов. Реакция альдегида Е с реактивом Гриньяра дает вторичный спирт Ж, который окисляется до кетона З, далее вступающего в реакцию Виттига.

Структурные формулы веществ:



Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Металл М и брутто-формулы солей Б и В	$3 \times 1 = 3 \text{ б}$
Формула А	0,5 б
Уравнения реакций 1 и 2.	$2 \times 0,5 = 1 \text{ б}$
Изотонический коэффициент	0,5 б
Формула комплекса Б ,	0,5 б

Уравнение диссоциации Б в растворе.	0,5 б
Структурные формулы веществ Г–И и ТРАР.	$7 \times 0,5 = 3,5$ б
Название (расшифровка) ТРАР	0,5 б
Итого	10 баллов

2.2.4. Задания 11 класса

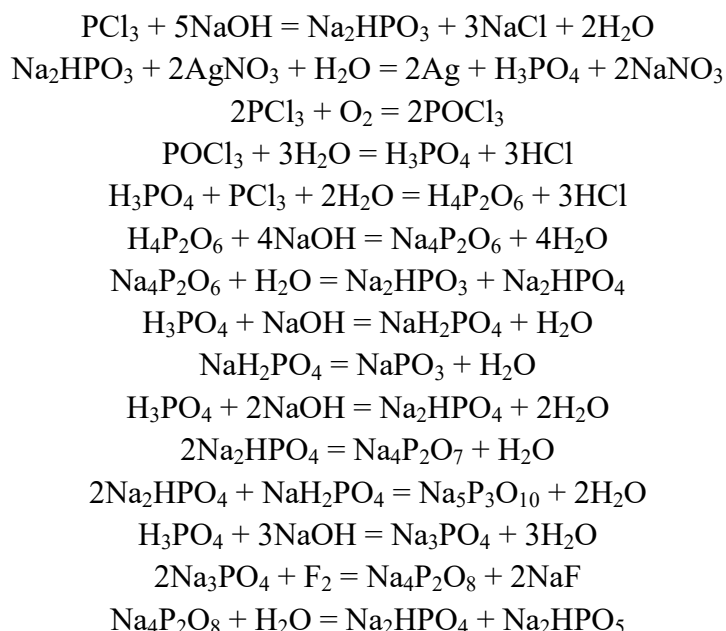
Задача №11-1

1. Молекула, имеющая геометрию тригональной пирамиды, по Гиллеспи описывается как AX_3E , следовательно, ее центральный атом имеет пять валентных электронов, три из которых участвуют в образовании связей, а еще два существуют в виде неподеленной электронной пары. Вероятнее всего, речь идет о галогениде неметалла V группы – фосфора либо мышьяка, поскольку в ходе дальнейших превращений они могут образовать трехосновную кислоту X_4 . Проверим наши предположения.

Если **X**– фосфор, то $M(X_1) = 31 / 0.2255 = 137.5$ г/моль, что соответствует PCl_3 .

Если **X**– мышьяк, то $M(X_1) = 75 / 0.2255 = 332.6$ г/моль – подходящих тригалогенидов нет, следовательно, на схеме зашифрованы превращения соединений фосфора.

Уравнения реакций:



2. В приготовленном растворе фосфорной кислоты (раствор **A**)

$$C(H_3PO_4) = 2.73 \cdot 1.689 \cdot 0.85 / 98 \cdot 0.2 = 0.2 \text{ M}$$

Тогда в половине раствора $n(H_3PO_4) = 0.2 \cdot 0.1 = 0.02$ моль

$$n_1(NaOH) = 0.2 \cdot 0.1 = 0.02 \text{ моль}$$

$$n_2(NaOH) = 0.06 \cdot 1 = 0.06 \text{ моль}$$

В растворе **B** $n(H_3PO_4) : n(NaOH) = 1 : 1$, следовательно, протекает реакция (8) с образованием дигидрофосфата натрия

$$C(NaH_2PO_4) = 0.02 / 0.3 = \mathbf{0.067 \text{ M}}$$

В растворе **C** $n(H_3PO_4) : n(NaOH) = 1 : 3$, протекает реакция (13) с образованием фосфата натрия

$$C(Na_3PO_4) = 0.02 / 0.16 = \mathbf{0.125 \text{ M}}$$

В растворе **A** pH определяется диссоциацией фосфорной кислоты по первой ступени (последующими ступенями диссоциации можно пренебречь):



$$K_{a1} = \frac{[H^+]^2}{c - [H^+]} 7.1 \cdot 10^{-3} = \frac{[H^+]^2}{0.2 - [H^+]}, \quad \text{откуда } [H^+] = 0.0343 \text{ M}$$

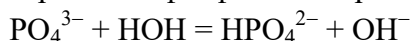
$$\text{pH} = -\lg 0.0343 = \mathbf{1.465}$$

В растворе В присутствует кислая соль, являющаяся амфолитом, для нее

$$[H^+] = \sqrt{K_{a1} \cdot K_{a2}} = \sqrt{7.1 \cdot 10^{-3} \cdot 6.2 \cdot 10^{-8}} = 2.1 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\lg 2.1 \cdot 10^{-5} = \mathbf{4.68}$$

В растворе С pH определяется гидролизом фосфата по первой ступени:



$$K_c = \frac{K_w}{K_{a3}} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{c - [\text{OH}^-]} 0.02 = \frac{[\text{OH}^-]^2}{0.125 - [\text{OH}^-]}, \quad \text{откуда } [\text{OH}^-] = 0.041 \text{ M}$$

$$\text{pOH} = -\lg 0.041 = 1.39, \quad \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 1.39 = \mathbf{12.61}$$

Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Уравнения реакций	15×0,5 = 7,5 б
Молярные концентрации веществ в растворах А и В	2×0,5 = 1 б
pH растворов А–С.	3×0,5 = 1,5 б
Итого	10 баллов

Задача № 11-2

1. Так как Z и W образуют простые вещества - двухатомные газы, на их место подходят, например, H, N, O, Cl, F. Соль 3, вероятно, имеет состав $M(\text{ZW}_3)_2$ и является нитратом, т.е. можно предположить, что W = O, Z = N и уравнение имеет вид:



Полученная газовая смесь содержит 25% M, 50% NO_2 и 25% O_2 , ее молярная масса $M(\text{смеси}) = 2.539 \times 32 = 81.25 \text{ г/моль}$. Рассчитаем молярную массу M:

$M(\text{смеси}) = M \times 0,25 + 46 \times 0,5 + 32 \times 0,25 = 81.25$, откуда $M = 201$ – ртуть Hg.

Найдем молярную массу газовой смеси после разложения соли 2: $M = 32 \times 0.875 = 28 \text{ г/моль}$.

Раз один из газов — это азот, то очевидно, что второй газ должен иметь такую же молярную массу, это может быть угарный газ. В таком случае, случае соль 2 – фульминат ртути, Y = C.

Рассчитаем молярную массу соли 1:

$M = 201 / 0.6341 = 317 \text{ г/моль}$, $M(X) = (317 - 201 - 12 \times 2 - 14 \times 2) / 2 = 32$, X = S, соль 1 – тиоцианат (роданид) ртути.

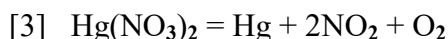
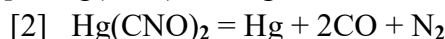
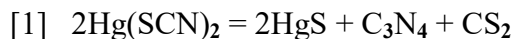
Итак, M = Hg, X = S, Y = C, Z = N, W = O (символы элементов не оцениваются)

соль 1 = $\text{Hg}(\text{SCN})_2$ или $\text{Hg}(\text{NCS})_2$ – тиоцианат (роданид) ртути

соль 2 = $\text{Hg}(\text{CNO})_2$ – фульминат ртути

соль 3 = $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$

2. Уравнения реакций разложения солей:



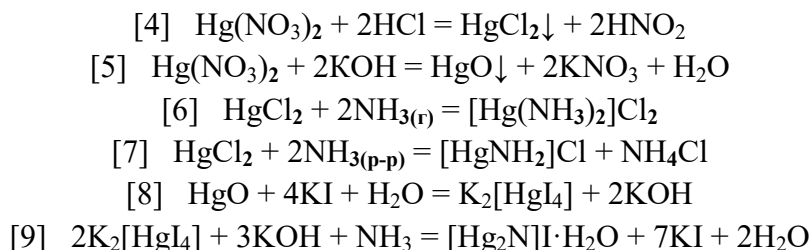
3. При растворении нитрата ртути в соляной кислоте получается хлорид ртути (II) (сулема) HgCl_2 (А), а при растворении в щелочи образуется неустойчивый гидроксид ртути, который сразу же разлагается до оксида HgO (Б). Взаимодействие хлорида ртути (II) с газообразным аммиаком приводит к аммиакату $[\text{Hg}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}_2$ ($\omega(\text{Hg}) = 201/306 = 65.69\%$), в водном аммиаке образуется амидный комплекс $[\text{HgNH}_2]\text{Cl}$ ($\omega(\text{Hg}) = 201/252,5 = 79.6\%$). При

действии на оксид ртути избытка водного раствора иодида калия образуется тетраиодомеркурат $K_2[HgI_4]$. Данное вещество является качественным реактивом на аммиак и соли аммония (реактив Несслера), образуя с ними бурый осадок $[Hg_2N]I \cdot H_2O$ ($\omega(Hg) = 201 \times 2 / 561 = 71.66\%$).

Таким образом,

A = $HgCl_2$, **Б** = HgO , **В** = $[Hg(NH_3)_2]Cl_2$, **Г** = $[HgNH_2]Cl$, **Д** = $K_2[HgI_4]$,
Е = $[Hg_2N]I \cdot H_2O$

4. Уравнения реакций



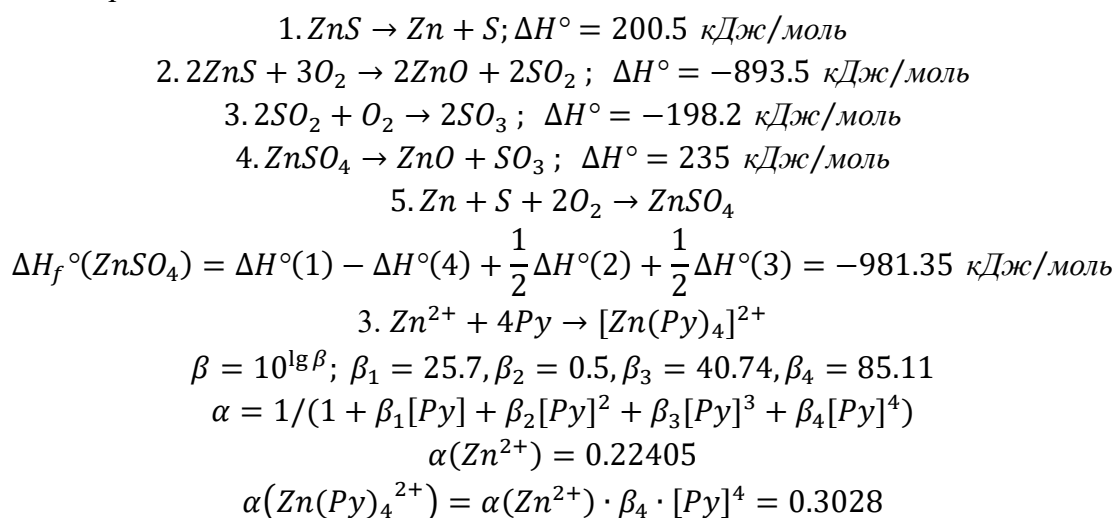
Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Формулы солей 1–3	$3 \times 0,5 = 1,5$ б
Названия солей 1 и 2	$2 \times 0,5 = 1$ б
Уравнения реакций разложения солей 1–3	$3 \times 0,5 = 1,5$ б
Формулы веществ А–Е	$6 \times 0,5 = 3$ б
Уравнения реакций 4–9	$6 \times 0,5 = 3$ б
Итого	10 баллов

Задача № 11-3

1. Заряд ядра дочерних продуктов β^- -распада на 1 больше, чем у исходного нуклида. Так как дочерним является ${}_{31}Ga$, заряд ядра будет $31 - 1 = 30$, что соответствует ${}_{30}Zn$.

2. Уравнения реакций:



4. ${}_{30}Zn$ 30 электронов; ${}_{30}Zn^{2+}$ 28 электронов. Ближайший благородный газ – ${}_{36}Kr$ 36 электронов. Каждый бромид-ион дает 2 электрона, в случае трех бромид-ионов электронов будет $28 + 3 \cdot 2 = 34$ (комплекс неустойчив), в случае четырех $28 + 4 \cdot 2 = 36$ (комплекс устойчив).

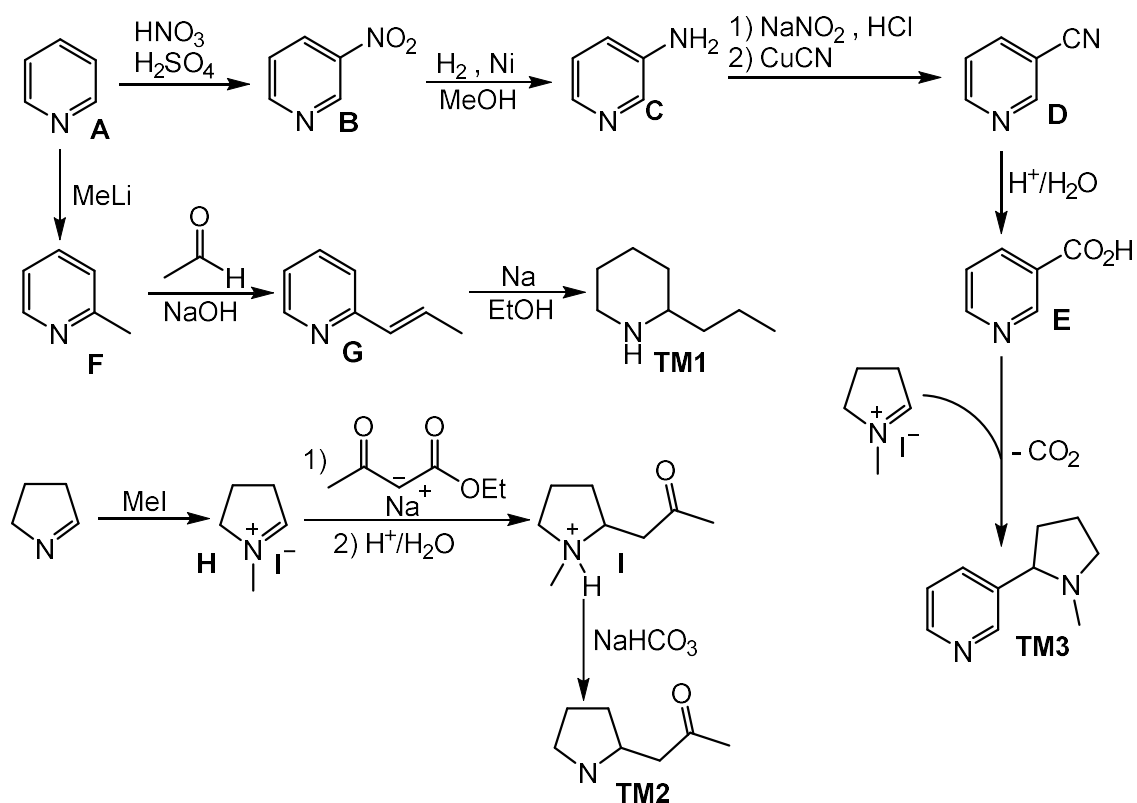
5. ЭДТА – полиидентатный лиганд, поэтому образует с большинством металлов комплексы с отношением EDTA/Met = 1:1.

$$C(\text{Zn}^{2+}) = 0.1 \times 7.8 / 10 = \mathbf{0.078 \text{ M}}$$

Система оценивания

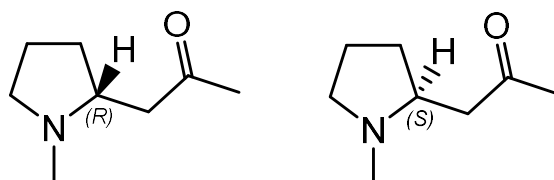
Элемент ответа	Баллы
Определение элемента X	1 б.
Коэффициенты в реакциях 1 – 4	0.25×4 = 1 б.
Расчет энтальпии образования	3 б.
Реакция с пиридином	0.5 б.
Мольные доли Zn^{2+} и $[\text{Zn}(\text{Py})_4]^{2+}$	1×2 = 2 б.
Устойчивость комплексов	0.5×2 = 1 б.
Отношение ЭДТА/Металл	0.5 б.
Расчет концентрации Zn^{2+}	1 б.
Итого	10 б.

Задача № 11-4

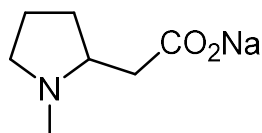


Получить **E** можно, достаточно окислить никотин сильным окислителем (HNO_3 , CrO_3)

Изомеры:



Новый продукт:



Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Структуры ТМ1 – ТМ3	1×3 = 3 б.
Структуры А – I	0.5×9 = 4.5 б.
Возможность получения Е	0.5 б.
Изомеры гигрина	1 б.
Новый продукт реакции	1 б.
Итого	10 б.

Задача № 11-5

1. Молярная масса металла связана с его плотностью и объемом V элементарной ячейки следующим соотношением:

$$M = \frac{\rho \cdot V \cdot N_A}{Z}$$

В гексагональной решетке на одну ячейку приходится $Z = 6$ атомов. Площадь правильного шестиугольника со стороной a : $S = 3\sqrt{3} \cdot a^2 / 2$, объем элементарной ячейки:

$$V = 3\sqrt{3} \cdot a^2 c / 2 = 3\sqrt{3} \cdot (2.706)^2 \cdot 4.268 / 2 = 81.2 \text{ \AA}^3 = 81.2 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3.$$

Тогда, молярная масса M :

$$M = \frac{\rho \cdot V \cdot N_A}{Z} = 12.41 \cdot 81.2 \cdot 10^{-24} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} / 6 = 101.1 \text{ г/моль} - \text{это рутений Ru}$$

Молярная масса соли А равна $101 / 0.4866 = 207.5 \text{ г/моль}$, что соответствует RuCl_3

Для вещества Б сумма массовых долей меньше 100%, остаток (5.84%), скорее всего, приходится на водород. Тогда соотношение молей элементов:

$$n(\text{Ru}): n(\text{O}): n(\text{Cl}): n(\text{N}): n(\text{H}) = \frac{0.3531}{101} : \frac{0.1118}{16} : \frac{0.2483}{35.5} : \frac{0.2284}{14} : \frac{0.0584}{1} = 0.0035 : 0.007 : 0.007 : 0.016 : 0.0584 = 3 : 6 : 6 : 14 : 50$$

Простейшая формула $\text{Ru}_3\text{Cl}_6\text{O}_6\text{N}_{14}\text{H}_{50}$, что соответствует пику молекулярного иона 858 г/моль.

Бромат натрия является сильным окислителем, рутений должен перейти в высокую степень окисления. Есть два варианта: +6 или +7, но в условии сказано об однозарядном анионе, поэтому подойдет перрутеноат RuO_4^- , следовательно

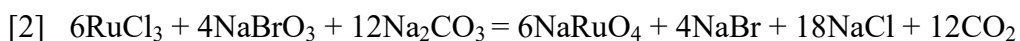


Таким, образом,



Уравнения реакций





2. Рассчитаем изотоническое давление в растворе вещества Б без учета диссоциации:

$$\pi = CRT = 0.00858 / (858 \cdot 0.1) \cdot 8.314 \cdot 298 = 0.2478 \text{ кПа}$$

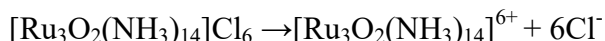
$$\text{Изотонический коэффициент } i = 1.734 / 0.2478 = 7$$

Это означает, что данное соединение диссоциирует в растворе на 7 ионов.

Очевидно, что комплекс содержит аммиак, а также кристаллизационную воду (потеря массы при 150°C), количество которой найдем по уменьшению массы: $858 \cdot 0.0839 = 72$, что соответствует 4 молекулам воды. С учетом этого, истинная формула вещества:

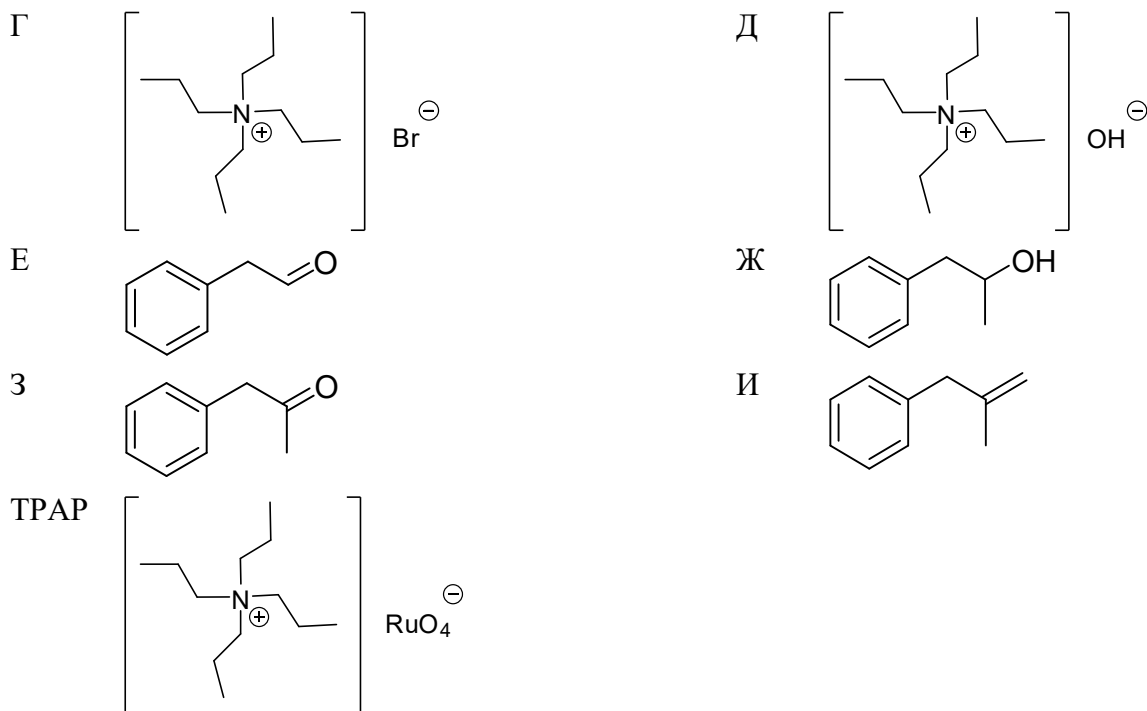


Уравнение диссоциации:



3. При действии избытка пропилбромид на аммиак образуется бромид тетрапропиламмония Г, который при обработке водной суспензией оксида серебра переводят в гидроксид тетрапропиламмония Д. Реакция вещества Д с перрутеном натрия является реакцией обмена и приводит к **перрутенату тетрапропиламмония** $(\text{C}_3\text{H}_7)_4\text{N}^+\text{RuO}_4^-$ (ТРАР). ТРАР мягко окисляет первичные спирты до альдегидов, а вторичные – до кетонов. Реакция альдегида Е с реактивом Гриньяра дает вторичный спирт Ж, который окисляется до кетона З, далее вступающего в реакцию Виттига.

Структурные формулы веществ:



Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Металл М и брутто-формулы солей Б и В	3×1 = 3 б
Формула А	0,5 б
Уравнения реакций 1 и 2.	2×0,5 = 1 б
Изотонический коэффициент	0,5 б
Формула комплекса Б ,	0,5 б
Уравнение диссоциации Б в растворе.	0,5 б
Структурные формулы веществ Г–И и ТРАР.	7×0,5 = 3,5 б

Название (расшифровка) ТРАР	0,5 б
Итого	<i>10 баллов</i>

2.3. Критерии оценивания заданий Экспериментального тура

2.3.1. Задание 7-8 класса

В шести пронумерованных пробирках (1–6) находятся растворы веществ из следующего списка: нитрат серебра, нитрат алюминия, нитрат свинца, нитрат натрия, карбонат натрия, хлорид бария и сульфат цинка. В трех пробирках обозначенных «А», «Б», «В» находятся растворы серной кислоты, гидроксида натрия и аммиака.

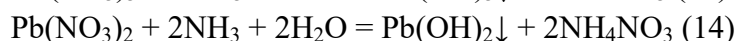
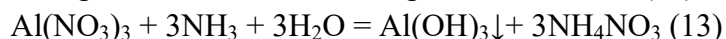
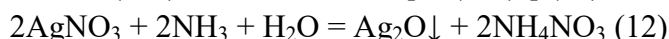
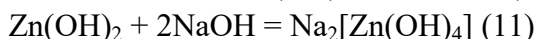
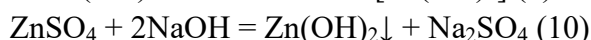
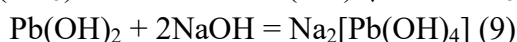
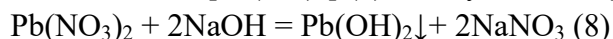
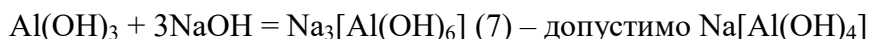
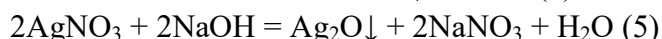
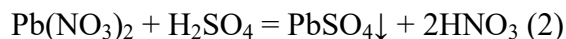
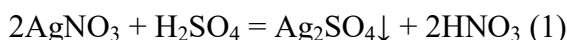
1. Напишите все возможные уравнения реакций между веществами, которые могут находиться в пробирках и растворами в пробирках, обозначенных «А», «Б», «В».

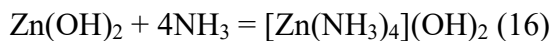
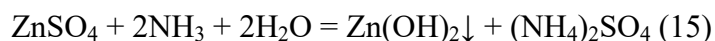
2. Используя только идентифицируемые растворы, определите соответствие обозначения пробирки и вещества, которое в нем находится.

Оборудование: штатив для пробирок, чистые пробирки

Для идентификации веществ проще составить таблицу, отражающую все возможные химические реакции между растворами двух наборов:

	H_2SO_4	NaOH	NH_3
AgNO_3	↓ белый (1)	↓ черный (5)	↓ черный (12)
$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	-	↓ белый (6, 7), раствор в изб.	↓ белый (13)
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	↓ белый (2)	↓ белый (8, 9), раствор в изб	↓ белый (14)
NaNO_3	-	-	-
Na_2CO_3	↑ бесцветный(3)	-	-
BaCl_2	↓ белый (4)	-	-
ZnSO_4	-	↓ белый (10, 11), раствор в изб.	↓ белый (15, 16), раствор в изб





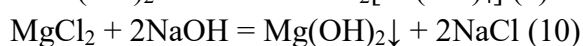
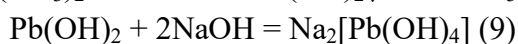
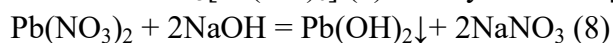
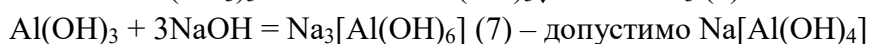
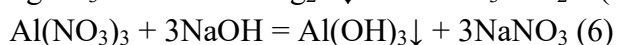
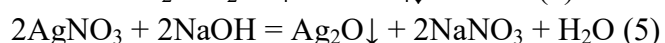
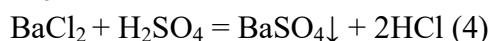
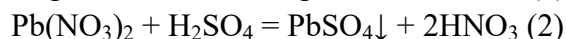
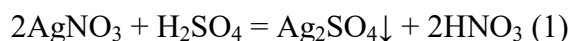
Разбалловка

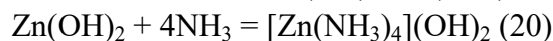
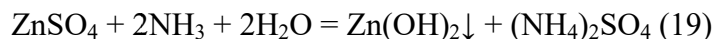
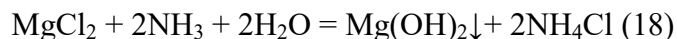
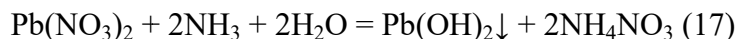
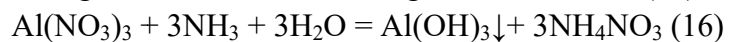
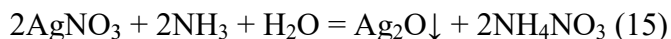
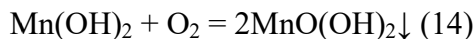
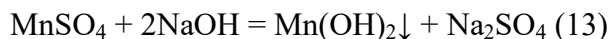
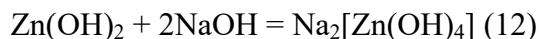
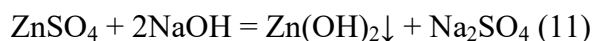
Написание уравнений (1)–(16)	16 x 0,5 б. = 8 б.
Идентификация растворов А, Б, В	3 x 1 б. = 3 б.
Идентификация растворов (1)–(6)	6 x 1,5 б. = 9 б.
ИТОГО	20 б.

2.3.2. Задание 9 класса

Для идентификации веществ проще составить таблицу, отражающую все возможные химические реакции между растворами двух наборов:

	H₂SO₄	NaOH	NH₃
AgNO₃	↓ белый (1)	↓ черный (5)	↓ черный (15)
Al(NO₃)₃	-	↓ белый (6, 7), раствор в изб.	↓ белый (16)
Pb(NO₃)₂	↓ белый (2)	↓ белый (8, 9), раствор в изб	↓ белый (17)
NaNO₃	-	-	-
Na₂CO₃	↑ бесцветный(3)	-	-
BaCl₂	↓ белый (4)	-	-
MgCl₂	-	↓ белый (10)	↓ белый (18)
ZnSO₄	-	↓ белый (11, 12), раствор в изб.	↓ белый (19, 20), раствор в изб
MnSO₄	-	↓ телесн. (13, 14), буреет на воздухе	↓ телесн. (21), буреет на воздухе





Разбалловка

Написание уравнений (1)–(8), (10)–(21)	20 x 0,5 б. = 10 б.
Написание уравнения (9)	16.
Идентификация растворов (1)–(6), А, Б, В	9 x 1 б. = 9 б.
ИТОГО	20 б.

2.3.3. Задание 10 класса

Получение карбоната натрия:



Расчет результатов титрования:

– в присутствии фенолфталеина титруется только карбонат натрия



тогда масса карбоната натрия в растворе (с учетом разбавления)

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = C(\text{HCl}) \cdot V_{\phi-\phi}(\text{HCl}) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot 1000 \cdot \frac{100}{10} \text{ (г)},$$

– дальнейшее титрование с метиловым оранжевым заключается в титровании гидрокарбоната натрия из пробы и гидрокарбоната натрия, образовавшегося из карбоната



тогда масса гидрокарбоната натрия в пробе равна

$$m(\text{NaHCO}_3) = C(\text{HCl}) \cdot [V_{\text{м.о.}}(\text{HCl}) - 2V_{\phi-\phi}(\text{HCl})] \cdot M(\text{NaHCO}_3) \cdot 1000 \cdot \frac{100}{10} \text{ (г)}.$$

Вычислим массовые доли карбоната натрия и гидрокарбоната натрия в смеси:

$$w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{m(\text{навески})} \cdot 100 \quad ; \quad w(\text{NaHCO}_3) = \frac{m(\text{NaHCO}_3)}{m(\text{навески})} \cdot 100$$

Разбалловка

Написание уравнений (1)–(4)	4 x 1 б. = 4 б.
Расчет массовой доли карбоната и гидрокарбоната натрия (безотносительно точности)	2 x 2 б. = 4 б.

Оценка результата титрования: По объему, затраченному на титрование с фенолфталеином: $\Delta V \leq 5\%$ – 6 б; $15\% \geq \Delta V > 5\%$ – 4 б.; $30\% \geq \Delta V > 15\%$ – 2 б.; $\Delta V > 30\%$ – 0 б. По объему, затраченному на титрование с метилоранжем: $\Delta V \leq 5\%$ – 6 б; $15\% \geq \Delta V > 5\%$ – 4 б.; $30\% \geq \Delta V > 15\%$ – 2 б.; $\Delta V > 30\%$ – 0 б.	12 б.
ИТОГО	20 б.

2.3.4. Задание 11 класса

1. Расчет результатов титрования:

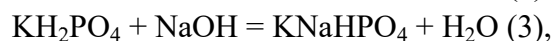
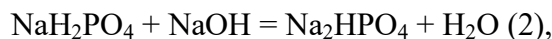
– в присутствии метилоранжа титруется только фосфорная кислота



тогда масса фосфорной кислоты в растворе (с учетом разбавления)

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = C(\text{NaOH}) \cdot V_{\text{б.о.}}(\text{NaOH}) \cdot M(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot 1000 \cdot \frac{100}{10} \text{ (г)},$$

– дальнейшее титрование с фенолфталеином заключается в титровании гидрофосфатов натрия и калия:



тогда масса гидрофосфата калия в пробе равна

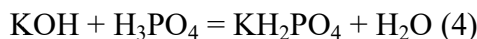
$$m(\text{KH}_2\text{PO}_4) = C(\text{NaOH}) \cdot [V_{\phi-\phi}(\text{NaOH}) - 2V_{\text{м.о.}}(\text{NaOH})] \cdot M(\text{KH}_2\text{PO}_4) \cdot 1000 \cdot \frac{100}{10} \text{ (г)}.$$

Вычислим массовые доли фосфорной кислоты и дигидрофосфата калия в технологическом растворе:

$$w(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{m(\text{навески})} \cdot 100$$

$$w(\text{KH}_2\text{PO}_4) = \frac{m(\text{KH}_2\text{PO}_4)}{m(\text{навески})} \cdot 100$$

2. При нейтрализации протекает реакция:



В 1 тонне технологического раствора содержится $w(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot \frac{1000}{100} = 10w(\text{H}_3\text{PO}_4)$ кг фосфорной кислоты. Согласно уравнению реакции (4)

на нейтрализацию 1 моль = 98 г H_3PO_4 требуется 1 моль = 56 г KOH

на нейтрализацию $10w(\text{H}_3\text{PO}_4)$ кг H_3PO_4 требуется X кг KOH

$$X = 10w(H_3PO_4) \cdot \frac{56}{98} \text{ кг.}$$

Учитывая, что мы используем 50 %раствор гидроксида калия, его масса будет равна:

$$m(p - pa) = \frac{10w(H_3PO_4) \cdot \frac{56}{98}}{0,5} \text{ кг.}$$

Разбалловка

Написание уравнений (1)–(4)	4 x 0,5 б. = 2 б.
Расчет массовой доли фосфорной кислоты и дигидрофосфата калия (безотносительно точности)	2 x 2 б. = 4 б.
Расчет массы добавленного раствора гидроксида калия	2б.
Оценка результата титрования: По объему, затраченному на титрование с фенолфталеином: $\Delta V \leq 5\%$ – 6 б; $15\% \geq \Delta V > 5\%$ – 4 б.; $30\% \geq \Delta V > 15\%$ – 2 б.; $\Delta V > 30\%$ – 0 б. По объему, затраченному на титрование с метилоранжем: $\Delta V \leq 5\%$ – 6 б; $15\% \geq \Delta V > 5\%$ – 4 б.; $30\% \geq \Delta V > 15\%$ – 2 б.; $\Delta V > 30\%$ – 0 б.	12 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 7-8 класса

№	Балл	8 класс
1	6	Поваренная соль это: 1. Простое вещество 2. Сложное вещество 3. Смесь простых веществ 4. Смесь сложных веществ 5. Смесь простого и сложного вещества 6. Нет правильного
2	4	Порядковый номер элемента в Периодической таблице химических элементов Д.И. Менделеева равен: 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	В результате химической реакции изменяются: 1. Атомы 2. Общее число протонов в системе 3. Общее число электронов в системе 4. Химические связи 5. Общее число нейтронов в системе 6. Масса системы
4	6	В каком из указанных кристаллогидратов самая большая массовая доля воды? 1. $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ 2. $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 3. $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 4. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 5. $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ 6. $Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$
5	6	Среди перечисленных веществ, укажите то(те), которое(ые) при комнатной

		температуре не растворяется(ются) в воде: 1. хлорид натрия 2. оксид кальция 3. оксид кремния 4. сахар 5. уксусная кислоты 6. мел
6	6	Расположите соединения в порядке возрастания массовой доли серы (в ответе приведите номера соединений через запятую): 1. Na_2SO_3 2. Na_2SO_4 3. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ 4. NaHSO_4 5. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 6. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
7	4	В 3 молях молекул Cl_2, состоящих только из изотопов хлора-35 половину атомов хлора-35 заменили на изотопы хлора-37. Во сколько раз увеличится масса исходных 3 молей хлора? 1. 1.0278; 2. 1.0571; 3. 1.0141; 4. 1.0286.
8	6	Какую(ие) степень(и) окисления имеют атомы железа в оксиде марганца Mn_5O_8? 1. 1 2. 2 3. 3 4. 4 5. 5 6. 6 7. 7 8. 3.2
9	4	Взяли 160 г смеси титановых и никелевых опилок, мела и сахара. После растворения в воде масса нерастворившегося остатка составила 90% от первоначальной массы. После того, как на нерастворившийся остаток подействовали магнитом, его масса уменьшилась на 25%. Оставшийся остаток растворили в растворе холодной соляной кислоты – масса остатка после обработки кислотой составила $\frac{2}{5}$ от массы первоначальной смеси веществ. Определите массу мела в первоначальной смеси.
10	6	Сколько молей атомов кислорода содержится в 64.4 г $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (ответ приведите с точностью до десятых)
11	4	Сколько грамм хлороводорода содержит самый концентрированный из перечисленных растворов соляной кислоты? 1. 100 г. 15%-ного раствора HCl

		2. 250 мл. 3 М раствора HCl 3. 125 мл. 5.5 М раствора HCl 4. 150 г. 8%-ного раствора HCl (ответ приведите с точностью до десятых)
12	4	Простые вещества чёрного цвета X и жёлтого цвета Y сожгли в кислороде. В обоих случаях получились оксиды состава ЭО ₂ , отношение молекулярных масс которых равно 1.4545. Между собой элементы X и Y также образуют бинарное соединение состава XY ₂ . Определите молекулярную массу соединения XY ₂ .
13	4	Среди перечисленных элементов укажите p-металлы: 1. Cs 2. P 3. Pb 4. Tl 5. I 6. B 7. In 8. Bi 9. Li 10. Fe
14	4	В лаборатории лаборант перепутал пробирки с бесцветными растворами. В пробирках находятся соляная кислота, хлорид цинка и сульфат алюминия. Среди предложенных реактивов выберите только один, с помощью которого можно установить содержимое каждой пробирки. 1. NH ₃ ·H ₂ O; 2. лакмус; 3. Ba(NO ₃) ₂ ; 4. AgNO ₃ ; 5. NaOH _(p-p) ; 6. Pb(NO ₃) ₂ .
15	4	Растворимость сульфата цинка при 20°C равна 53.8 г. на 100 г. воды. Определите:
16	4	1. Массовую долю сульфата цинка в насыщенном водном растворе при 20°C (ответ приведите в % с точностью до целых)?
17	4	2. Сколько грамм осадка выпадет из насыщенного раствора сульфата цинка при 20°C массой 46 г, если к нему добавить необходимую массу сухого нитрата бария (ответ привести с точностью до десятых)?
18	4	3. Какое количество нитрата бария (в граммах) необходимо прибавить к 46 г

		насыщенного раствора сульфата цинка, чтобы осадить все SO_4^{2-}-группы (ответ приведите с точностью до десятых)? 4. Рассчитайте массовую долю соли в растворе, полученном после добавления нитрата бария к 46 г. насыщенного раствора сульфата цинка (ответ приведите с точностью до десятых)?
19	4	Один элемент X , имеющий постоянную валентность в соединениях с другими элементами, образует нитрат, сульфат и ортофосфат. Разница молекулярных масс фосфата и нитрата равна 148 г/моль, а молекулярных масс нитрата и сульфата равна 28 г/моль.
20	4	1. Определите элемент X (в ответе запишите символ соответствующего химического элемента). 2. Какая соль получается при взаимодействии сульфата элемента X с концентрированной серной кислотой (в ответе укажите молекулярную массу образующейся соли)?
21	4	3. При нагревании нитрата элемента X до 500°C выделяется газ Y , а при нагревании выше 600°C – газы Y и Z . Чему равна разница молекулярных масс Z и Y ?
22	4	4. В состав какого природного минерала входит сульфат металла X (в ответе напишите название минерала)?
23	4	Три сульфата одно- (X), двух- (Y) и трехвалентных (Z) металлов смешали в мольном соотношении 3:2:1. Масса полученной смеси составила 100.8 г. После полного растворения полученной смеси в 1000 г. воды к полученному раствору (<i>раствор 1</i>) добавили избыток нитрата бария. Выпал белый кристаллический осадок массой 186.4 г. Известно, что разница атомных масс X и Z составляет 4 г/моль, а отношение атомных масс Y и Z равно 1.125.
24	4	
25	4	1. Определите элементы X , Y и Z , указав в ответе их символы через запятую. 2. Определите число молей сульфата металла Y (ответ приведите с точностью до десятых).
26	4	3. Чему равна массовая доля (в %) сульфата металла X в <i>растворе 1</i> (ответ приведите с точностью до сотых)? 4. Какова масса осадка, образующегося после обработки <i>раствора 1</i> избытком концентрированного водного раствора аммиака (ответ приведите с точностью до десятых)?
27	4	Оксид некоторого металла X применяют в лаборатории для получения двухатомного газа Y , являющегося простым веществом ($M(\text{Y})=71$ г/моль). Для этого оксид металла X смешивают с концентрированным раствором кислоты Z . В результате образуется соль L , содержащая 43.65% металла X .
28	4	1. Определите металл X (в ответе запишите символ химического элемента X)
29	4	2. Расшифруйте соль L и кислоту Z (в ответе приведите молекулярные массы через запятую соли L и кислоты Z с точностью до десятых).
30	4	3. Какова молекулярная масса исходного оксида металла X (укажите с точностью до целых)? 4. Чему равна сумма всех стехиометрических коэффициентов в реакции оксида металла X с концентрированным раствором кислоты Z .

3.1.2. Задания 9 класса

№	Балл	9 класс
---	------	---------

1	6	Какие вещества являются по своему составу неорганическими: 1. Кварц 2. Известняк 3. Бумага 4. Свеча 5. Цемент 6. Жевательная резинка
2	4	В каком соединении степень окисления кислорода будет максимальной: 1. H_2O_2 2. H_2O 3. O_2 4. OF_2
3	4	Сколько электронов содержит ион NH_4^+ 1. 12 2. 11 3. 10 4. 9
4	6	Расположите соединения в порядке возрастания массовой доли ванадия. В ответе приведите последовательность номеров соединений, например 123456 1. VOCl_3 2. V_2O_5 3. NaVO_3 4. $(\text{NH}_4)_3\text{V}_3\text{O}_9$ 5. V_5S_8 6. Na_3VO_4
5	6	Какие вещества будут иметь кислую реакцию среды: 1. Сахар 2. Поваренная соль 3. Железный купорос 4. Уксус 5. Силикатный клей 6. Лимонная кислота
6	4	В каком растворе содержится больше всего соли: 1. в 35 г 15 % раствора KCl 2. в 50 г 10% раствора KCl 3. в 15 г 45% раствора KCl 4. в 200 г 2% раствора KCl

7	4	Какую степень окисления имеет ион иридия в комплексном соединении триоксалоиридате калия: $K_3[Ir(C_2O_4)_3]$ 0 +2 +3 +6
8	6	Сульфат магния можно получить по реакции: $Mg + H_2SO_{4(конц)} \rightarrow \dots$ В ответе укажите сумму коэффициентов всех веществ в реакции, например 5.
9	6	Какие из представленных частиц являются изоэлектронными: S^0 Al^{+3} Cl^{-1} Si^{-2} Cl^{+1} P^{+3}
10	6	Какой объем аммиака (при н.у.) получится в результате реакции $2 \cdot 10^{24}$ молекул азота и $1 \cdot 10^{25}$ молекул водорода. Ответ выразите в литрах и округлите до целых, например 2.
11	4	К 31 г раствора соляной кислоты добавили 2,34 г цинка. Выделившийся газ смешали с воздухом объемом 945 мл (при н.у.), поместили в герметичный сосуд и взорвали. После охлаждения смеси внутри сосуда сконденсировалась жидкость без цвета и запаха и осталось 786 мл газа. - Запишите уравнение реакции взрыва. В ответе укажите сумму коэффициентов всех участников реакции, например 7. - Считая, что воздух состоит только из кислорода и азота. Рассчитайте массовую долю кислорода в нем, если объемная равна 20%. Ответ запишите в процентах с точностью до целых, например 15. - Зная, что кислород находился в избытке, определите какой объем газа (при н.у.) выделился в результате реакции цинка с раствором соляной кислоты. Ответ запишите в миллилитрах с точностью до целых, например 5. <i>Примечание. Состав воздуха возьмите из условия 2.</i> - Рассчитайте массовую долю хлороводорода в растворе соляной кислоты. Ответ запишите в процентах с точностью до целых, например 22.
12	4	
13	4	
14	4	
15	4	$ЭCl_3 \xrightarrow{\text{Э}} ЭCl_2 \xrightarrow{NaOH} X_1 \xrightarrow{H_2O_2} X_2 \xrightarrow{KOH, Br_2} X_3$ - Определите элемент Э, если известно, что в результате реакции содержание хлора уменьшилось на 9,63%. В ответе напишите символ элемента, например Si. - Напишите формулу вещества X_1, учитывая, что оно выпадает в осадок, например $Ca_3(PO_4)_2$.
16	4	
17	4	

18	4	3. Определите формулу вещества X_2. В ответе укажите название вещества без указания валентности, например, хлорид меди. 4. Определите формулу вещества X_3, учитывая, что окраска брома исчезла. В ответе укажите степень окисления элемента Э в соединении X_3 с указанием знака, например +3 или -2.
19	4	К 71,15 мл раствора серной кислоты с плотностью 1,102 г/мл и массовой концентрацией 15% добавили 80 г 10 % раствора гидроксида натрия. Протекало две последовательные реакции: вначале образовывалась соль А; затем соль А вступала в реакцию с остатками щелочи и образовывалась соль В. Полученный раствор тщательно перемешали и выпарили. При прокаливании сухого остатка при 380°C его масса уменьшилась и образовался густой белый пар, конденсирующийся в тяжелую маслянистую жидкость С.
20	4	
21	4	
22	4	1. Напишите уравнения химических реакций. В ответе укажите молекулярную массу соли А. Ответ запишите с точностью до целых, например 10. 2. Рассчитайте массу сухого остатка, который образовался после выпаривания. Ответ запишите с точностью до целых, например 21. 3. Напишите химическую формулу жидкости С, например NH_3. 4. Определите массу сухого остатка после прокаливании, учитывая, что жидкость С удаляется полностью. Ответ запишите с точностью до целых, например 5.
23	4	При разложении нитрата серебра (I) образовалась смесь двух газов. Их пропустили через 350 мл раствора гидроксида бария с массовой концентрацией 10 % и плотностью 1,07 г/см³. Часть газовой смеси не поглотилась и ее объем составил 1,57 л (при н.у.).
24	4	
25	4	
26	4	1. Напишите уравнение реакции разложения нитрата серебра. В ответе укажите сумму коэффициентов всех участников реакции, например 5. 2. Какая соль образуется при пропускании газов через раствор гидроксида бария? Напишите ее химическую формулу, например $(NH_4)_2SO_4$. 3. Какова масса исходной навески нитрата серебра? Ответ запишите с точностью до десятых, например 2,5. 4. Рассчитайте массовую долю соли в растворе, полученном после пропускания газовой смеси. Ответ выразите в процентах и запишите с точностью до десятых, например 1,2.
27	4	Элементарная ячейка платины имеет форму куба. Центры атомов платины находятся в вершинах и в центрах граней куба (атомы считаются жесткими шарами). Из литературы известно, что радиус атома платины R равен 0,139 нм.
28	4	
29	4	
30	4	

		числа, например 1111. <i>Примечание. Плотность платины возьмите из ответа на условие 2.</i>
--	--	---

3.1.3 Задания 10 класса

№	Балл	10 класс
1	6	Ковалентная неполярная связь присутствует в молекулах: 1. метанол 2. пероксид водорода 3. циклогексан 4. серная кислота 5. карбид кальция 6. фосфат натрия
2	4	В четырех пробирках находятся сухие порошки сульфата бария, хлорида свинца, сульфата меди безводного, нитрата серебра. Каким ОДНИМ реактивом можно их всех различить? 1. NaOH 2. KI 3. Na₂S 4. H₂SO₄
3	4	Какой минимальный объем кислорода требуется для сжигания 1 л газообразного водородного соединения с формулой ЭН_х? 1. 0,1 л 2. 0,25 л 3. 0,5 л 4. 1,0 л
4	6	Какие валентности сера имеет в тиосульфат-анионе? 1. I 2. II 3. III 4. IV 5. V 6. VI
5	6	Какие из представленных частиц являются изоэлектронными: 1. S⁰ 2. Al⁺³ 3. Cl⁻¹ 4. Si⁻² 5. Cl⁺¹ 6. P⁺³
6	4	Аммиак получают путем взаимодействия водорода и азота над катализатором: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \leftrightarrow 2\text{NH}_3 + Q$ Каким образом можно увеличить выход аммиака в этой реакции? 1. Увеличить температуру и давление

		2. Уменьшить температуру и давление 3. Увеличить температуру и уменьшить давление 4. Уменьшить температуру и увеличить давление
7	4	Некоторый минерал содержит 27,59 % кальция, 22,07 % серы, 49,65 % кислорода и водород. Определите количество молекул воды, входящее в минерал. Ответ запишите с точностью до десятых, например 0,2.
8	6	Какие вещества дают положительную реакцию с раствором хлорида железа: 1. Резорцин 2. Циклогексан 3. Салициловая кислота 4. Соляная кислота 5. Толуол 6. Фенол
9	6	При обработке карбида алюминия раствором соляной кислоты массой 219 г и массовой концентрацией 21,5 % выделилось 3,36 л (при н.у.) газа. Рассчитайте массовую концентрацию кислоты в оставшемся растворе. Ответ выразите в процентах и округлите до целых, например 10.
10	6	Точное значение атомных весов для углерода равно 12,011 а.е.м, а для водорода – 1,008 а.е.м. Определите, какое минимальное число атомов углерода должно содержаться в простейшем алкане, чтобы молекулярная масса при округлении дала нечетное число? В ответе укажите целое число, например 10.
11	4	К 31 г раствора соляной кислоты добавили 2,34 г цинка. Выделившийся газ смешали с воздухом объемом 945 мл (при н.у.), поместили в герметичный сосуд и взорвали. После охлаждения смеси внутри сосуда сконденсировалась жидкость без цвета и запаха и осталось 786 мл газа. 1. Запишите уравнение реакции взрыва. В ответе укажите сумму коэффициентов всех участников реакции, например 7. 2. Считая, что воздух состоит только из кислорода и азота. Рассчитайте массовую долю кислорода в нем, если объемная равна 20%. Ответ запишите в процентах с точностью до целых, например 15. 3. Зная, что кислород находился в избытке, определите какой объем газа (при н.у.) выделился в результате реакции цинка с раствором соляной кислоты. Ответ запишите в миллилитрах с точностью до целых, например 5. <i>Примечание. Состав воздуха возьмите из условия 2.</i> 4. Рассчитайте массовую долю хлороводорода в растворе соляной кислоты. Ответ запишите в процентах с точностью до целых, например 22.
12	4	
13	4	
14	4	
15	4	$\text{ЭCl}_3 \xrightarrow{\text{Э}} \text{ЭCl}_2 \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{X}_1 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}_2} \text{X}_2 \xrightarrow{\text{KOH, Br}_2} \text{X}_3$ 1. Определите элемент Э, если известно, что в результате реакции содержание хлора уменьшилось на 9,63%. В ответе напишите символ элемента, например Si.
16	4	

17	4	2. Напишите формулу вещества X_1 , учитывая, что оно выпадает в осадок, например $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.
18	4	3. Определите формулу вещества X_2 . В ответе укажите название вещества без указания валентности, например, хлорид меди. 4. Определите формулу вещества X_3 , учитывая, что окраска брома исчезла. В ответе укажите степень окисления элемента Э в соединении X_3 с указанием знака, например +3 или -2.
19	4	этан $\xrightarrow{\text{Э}_2} X_1 \xrightarrow{\text{KOH}, \text{H}_2\text{O}} X_2 \xrightarrow{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7, \text{H}_2\text{SO}_4} X_3 \xrightarrow{t, \text{Ni}} X_2$
20	4	1. Укажите название соединения X_1 , если известно, что в его состав входит элемент с массовой долей 73,39 %, например тетрахлорметан.
21	4	2. Укажите брутто-формулу вещества X_2 , например $\text{C}_2\text{H}_4\text{CO}_2$.
22	4	3. Запишите уравнение превращения X_2 в X_3 , зная, что X_3 имеет яблочный запах. Расставьте коэффициенты. В ответе укажите сумму коэффициентов всех участников реакции, например 5. 4. Какой газ используется для превращения X_3 в X_2 ? В ответе запишите формулу газа, например N_2 .
23	4	При разложении нитрата серебра (I) образовалась смесь двух газов. Их пропустили через 350 мл раствора гидроксида бария с массовой концентрацией 10 % и плотностью $1,07 \text{ г/см}^3$. Часть газовой смеси не поглотилась и ее объем составил 1,57 л (при н.у.).
24	4	
25	4	
26	4	1. Напишите уравнение реакции разложения нитрата серебра. В ответе укажите сумму коэффициентов всех участников реакции, например 5. 2. Какая соль образуется при пропускании газов через раствор гидроксида бария? Напишите ее химическую формулу, например $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. 3. Какова масса исходной навески нитрата серебра? Ответ запишите с точностью до десятых, например 2,5. 4. Рассчитайте массовую долю соли в растворе, полученном после пропускания газовой смеси. Ответ выразите в процентах и запишите с точностью до десятых, например 1,2.
27	4	Элементарная ячейка платины имеет форму куба. Центры атомов платины находятся в вершинах и в центрах граней куба (атомы считаются жесткими шарами). Из литературы известно, что радиус атома платины R равен 0,139 нм.
28	4	1. Рассчитайте число атомов платины в элементарной ячейке. 2. Рассчитайте плотность платины. Ответ выразите в г/см^3 и запишите с точностью до десятых, например 10,2.
29	4	3. Считая, что пустоты в элементарной ячейке имеют форму шара, определите максимальный диаметр атома, который может быть помещен внутрь. Ответ выразите в нм и запишите с точностью до тысячных, например 0,234.
30	4	4. Платина может быть использована для накопления водорода. Диаметр атома водорода составляет $\sim 0,11 \text{ нм}$. При поглощении газа 1 атом водорода заполняет 1 пустоту в ячейке платины. Рассчитайте во сколько раз объем атомов водорода, который можно максимально поместить внутрь ячейки, превышает объем 1 моль платины. Ответ запишите в формате целого числа, например 1111. <i>Примечание. Плотность платины возьмите из ответа на условие 2.</i>

3.1.4 Задания 11 класса

№	Балл	11 класс
1	6	В каких соединениях присутствует связь, образованная по донорно-акцепторному механизму: 1. $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 2. CO 3. $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 4. H_2SO_4 5. NH_4Cl 6. Na_3PO_4
2	4	Какая из кислот при одинаковых условиях будет иметь наибольшее значение степени диссоциации? 1. Уксусная кислота 2. Хлоруксусная кислота 3. Моноиодуксусная кислота 4. Трихлоруксусная кислота
3	4	Хлор можно получить действием концентрированной соляной кислоты на соединения марганца: $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{HCl}_{(\text{конц})} \rightarrow \dots$ Определите продукты реакции. В ответе укажите сумму коэффициентов всех веществ в реакции, например 5.
4	6	Какие растворы нельзя кипятить в жестяном сосуде? 1. Хлорид меди 2. Нитрат серебра 3. Сульфат натрия 4. Гидроксид калия 5. Фосфат лития 6. Бромид цинка
5	6	Какие из представленных частиц являются изоэлектронными: 1. Ti^{+2} 2. Sc^0 3. Fe^{+3} 4. Mn^{+4} 5. Br^{+7} 6. Cr^{+3}
6	4	Гидроксиламин NH_2OH представляет собой бесцветные кристаллы не устойчивые на воздухе. Разложение сопровождается выделением тепла: $4\text{NH}_2\text{OH}_{(\text{тв})} + \text{O}_{2(\text{г})} \leftrightarrow 2\text{N}_{2(\text{г})} + 6\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} + Q$ Каким образом можно снизить разложение гидроксиламина? 1. Увеличить температуру и давление 2. Уменьшить температуру и давление

		3. Увеличить температуру и уменьшить давление Уменьшить температуру и увеличить давление
7	4	Гидроксид кадмия не растворяется в избытке щелочи, но очень хорошо растворяется в избытке раствора аммиака с образованием комплексного соединения. По уравнению реакции для полного растворения 43,8 г гидроксида потребуется 81,6 г 25% раствора аммиака. Рассчитайте массовую долю кадмия в полученном комплексе. Ответ запишите в процентах и округлите до целых, например 12.
8	6	Какие из соединений склонны образовывать водородные связи: 1. глицин 2. фтор 3. метанол 4. бута-1,3-диен 5. толуол 6. фенол
9	6	Высокомолекулярное соединение А содержит 24,24 % углерода, водород, кислород и 14,14 % азота. При кипячении с концентрированной соляной кислотой вещество А растворяется. После обработки цинком состав реакционной смеси содержит: хлорид цинка, хлорид аммония и многоатомный спирт: $\text{CH}_2(\text{CHOH})_4\text{CH}_2\text{OH}$. Установите состав вещества А, зная, что оно используется в пиротехнике. В ответе укажите число атомов кислорода, например 7.
10	6	Точное значение атомных весов для углерода равно 12,011 а.е.м, а для водорода – 1,008 а.е.м. Определите, какое минимальное число атомов углерода должно содержаться в простейшем алкане, чтобы молекулярная масса при округлении дала нечетное число? В ответе укажите целое число, например 10.
11	4	К 31 г раствора соляной кислоты добавили 2,34 г цинка. Выделившийся газ смешали с воздухом объемом 945 мл (при н.у.), поместили в герметичный сосуд и взорвали. После охлаждения смеси внутри сосуда сконденсировалась жидкость без цвета и запаха и осталось 786 мл газа. 1. Запишите уравнение реакции взрыва. В ответе укажите сумму коэффициентов всех участников реакции, например 7. 2. Считая, что воздух состоит только из кислорода и азота. Рассчитайте массовую долю кислорода в нем, если объемная равна 20%. Ответ запишите в процентах с точностью до целых, например 15. 3. Зная, что кислород находился в избытке, определите какой объем газа (при н.у.) выделился в результате реакции цинка с раствором соляной кислоты. Ответ запишите в миллилитрах с точностью до целых, например 5. <i>Примечание. Состав воздуха возьмите из условия 2.</i> 4. Рассчитайте массовую долю хлороводорода в растворе соляной кислоты. Ответ запишите в процентах с точностью до целых, например 22.
12	4	
13	4	
14	4	
15	4	$\text{ЭCl}_3 \xrightarrow{\text{Э}} \text{ЭCl}_2 \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{X}_1 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}_2} \text{X}_2 \xrightarrow{\text{KOH, Br}_2} \text{X}_3$
16	4	

1. Определите элемент Э, если известно, что в результате реакции

17	4	содержание хлора уменьшилось на 9,63%. В ответе напишите символ элемента, например Si.
18	4	- Напишите формулу вещества X_1, учитывая, что оно выпадает в осадок, например $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. - Определите формулу вещества X_2. В ответе укажите название вещества без указания валентности, например, хлорид меди. - Определите формулу вещества X_3, учитывая, что окраска брома исчезла. В ответе укажите степень окисления элемента Э в соединении X_3 с указанием знака, например +3 или -2.
19	4	$\text{этан} \xrightarrow{\text{Э}_2} X_1 \xrightarrow{\text{KOH}, \text{H}_2\text{O}} X_2 \xrightarrow{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7, \text{H}_2\text{SO}_4} X_3 \xrightarrow{t, \text{Ni}} X_2$
20	4	- Укажите название соединения X_1, если известно, что в его состав входит элемент с массовой долей 73,39 %, например тетрахлорметан. - Укажите брутто-формулу вещества X_2, например $\text{C}_2\text{H}_4\text{CO}_2$. - Запишите уравнение превращения X_2 в X_3, зная, что X_3 имеет яблочный запах. Расставьте коэффициенты. В ответе укажите сумму коэффициентов всех участников реакции, например 5. - Какой газ используется для превращения X_3 в X_2? В ответе запишите формулу газа, например N_2.
21	4	
22	4	
23	4	При разложении нитрата серебра (I) образовалась смесь двух газов. Их пропустили через 350 мл раствора гидроксида бария с массовой концентрацией 10 % и плотностью 1,07 г/см ³ . Часть газовой смеси не поглотилась и ее объем составил 1,57 л (при н.у.).
24	4	
25	4	- Напишите уравнение реакции разложения нитрата серебра. В ответе укажите сумму коэффициентов всех участников реакции, например 5. - Какая соль образуется при пропускании газов через раствор гидроксида бария? Напишите ее химическую формулу, например $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. - Какова масса исходной навески нитрата серебра? Ответ запишите с точностью до десятых, например 2,5. - Рассчитайте массовую долю соли в растворе, полученном после пропускания газовой смеси. Ответ выразите в процентах и запишите с точностью до десятых, например 1,2.
26	4	
27	4	Элементарная ячейка платины имеет форму куба. Центры атомов платины находятся в вершинах и в центрах граней куба (атомы считаются жесткими шарами). Из литературы известно, что радиус атома платины R равен 0,139 нм.
28	4	
29	4	- Рассчитайте число атомов платины в элементарной ячейке. - Рассчитайте плотность платины. Ответ выразите в г/см³ и запишите с точностью до десятых, например 10,2. - Считая, что пустоты в элементарной ячейке имеют форму шара, определите максимальный диаметр атома, который может быть помещен внутрь. Ответ выразите в нм и запишите с точностью до тысячных, например 0,234. - Платина может быть использована для накопления водорода. Диаметр атома водорода составляет ~0,11 нм. При поглощении газа 1 атом водорода заполняет 1 пустоту в ячейке платины. Рассчитайте во сколько раз объем атомов водорода, который можно максимально поместить внутрь ячейки, превышает объем 1 моль платины. Ответ запишите в формате целого числа, например 1111. <i>Примечание. Плотность платины возьмите из ответа на условие 2.</i>
30	4	

3.2 Критерии оценки заданий Интернет-тура

3.2.1 Задания 7-8 класса

№	Балл	
1	6	2
2	4	3,4
3	4	4
4	6	5
5	6	3,6
6	6	2,1,4,5,3,6
7	4	4
8	6	2,4
9	4	44
10	6	2,8
11	4	27.4
12	4	76
13	4	3,4,7,8
14	4	1
15	4	35
16	4	23.3
17	4	26.1
18	4	18.9
19	4	Ca/ca/cA/CA
20	4	137
21	4	14
22	4	гипс
23	4	Na,Mg,Al
24	4	0.2

25	4	3.87
26	4	19.4
27	4	Mn/mn/MN/mN
28	4	126/36.5
29	4	87
30	4	9
ИТОГО	132	

3.2.2 Задания 9 класса

№	Балл	
1	6	1, 2, 5
2	4	4
3	4	3
4	6	613452
5	6	3, 4, 6
6	4	3
7	4	3
8	6	18
9	6	1, 4, 5
10	6	149
11	4	1. 5 2. 22 3. 318 4. 3
12	4	
13	4	
14	4	
15	4	1. Fe/fe/FE 2. Fe(OH) ₂ /fe(oh) ₂ /FE(OH) ₂ 3. гидроксид железа/Гидроксид железа/ГИДРОКСИД ЖЕЛЕЗА 4. +6
16	4	
17	4	
18	4	

19	4	1. 120 2. 16 3. H ₂ SO ₄ /h ₂ so ₄ 4. 14
20	4	
21	4	
22	4	
23	4	1. 7 2. Ba(NO ₃) ₂ /ba(no ₃) ₂ /BA(NO ₃) ₂ 3. 47,6/47.6 4. 9,4/9.4
24	4	
25	4	
26	4	
27	4	1. 4 2. 21,4/21.4 3. 0,115/0.115 4. 1229/1230
28	4	
29	4	
30	4	
ИТОГО	132	

3.2.3 Задания 10 класса

№	Балл	
1	6	2, 3, 5
2	4	2
3	4	2
4	6	2, 6
5	6	1, 4, 5
6	4	4
7	4	0,5/0.5
8	6	1, 3, 6
9	6	11
10	6	18
11	4	1. 5 2. 22 3. 318
12	4	
13	4	

№	Балл	
14	4	4. 3
15	4	1. Fe/fe/FE 2. Fe(OH)2/fe(oh)2/FE(OH)2 3. гидроксид железа/Гидроксид железа/ГИДРОКСИД ЖЕЛЕЗА 4. +6
16	4	
17	4	
18	4	
19	4	1. бромэтан/Бромэтан/БРОМЭТАН 2. C2H6O/c2h6o 3. 20 4. H2/h2
20	4	
21	4	
22	4	
23	4	1. 7 2. Ba(NO3)2/ba(no3)2/BA(NO3)2 3. 47,6/47.6 4. 9,4/9.4
24	4	
25	4	
26	4	
27	4	1. 4 2. 21,4/21.4 3. 0,115/0.115 4. 1229/1230
28	4	
29	4	
30	4	

3.2.4 Задания 11 класса

№	Балл	
1	6	2, 3, 5
2	4	4
3	4	18
4	6	1, 2, 4
5	6	2, 4, 6
6	4	1
7	4	52
8	6	1, 3, 6

№	Балл	
9	6	11
10	6	18
11	4	1. 5 2. 22 3. 318 4. 3
12	4	
13	4	
14	4	
15	4	1. Fe/fe/FE 2. Fe(OH)2/fe(oh)2/FE(OH)2 3. гидроксид железа/Гидроксид железа/ГИДРОКСИД ЖЕЛЕЗА 4. +6
16	4	
17	4	
18	4	
19	4	1. бромэтан/Бромэтан/БРОМЭТАН 2. C2H6O/c2h6o 3. 20 4. H2/h2
20	4	
21	4	
22	4	
23	4	1. 7 2. Ba(NO3)2/ba(no3)2/BA(NO3)2 3. 47,6/47.6 4. 9,4/9.4
24	4	
25	4	
26	4	
27	4	1. 4 2. 21,4/21.4 3. 0,115/0.115 4. 1229/1230
28	4	
29	4	
30	4	