



Министерство образования и науки Республики Саха (Якутия)
ГАОУ ДО «Малая академия наук Республики Саха (Якутия)»
ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»
ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени
М.К. Аммосова»

***XXX Международная олимпиада школьников
«ТУЙМААДА»***

Химия. Задания и решения практического тура

*XXX International school Olympiad
"TUYMAADA"*

Chemistry. Tasks and solutions of the practical tour

learning

соachsн

knowledge

motivation

LEARN

guidance

direction

skill

student

SUPPORT

advice

training



**ГОД ПЕДАГОГА
И НАСТАВНИКА**

XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"

**Состав методической комиссии международной олимпиады «Туймаада-2023»
(ХИМИЯ)**

1. Соколова Марина Дмитриевна, д.т.н., директор Института проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр СО РАН»» – председатель;
2. Спиридовон Александр Михайлович, к.х.н., ведущий научный сотрудник - руководитель лаборатории “Полимерные композиты для Севера” Института естественных наук ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» – член;
3. Верейкина Виктория Васильевна, к.х.н., научный сотрудник лаборатории техногенных газовых гидратов Института проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук, – член;
4. Голиков Алексей Николаевич, аспирант университета Myongji (Респ. Корея), – член;
5. Емельянов Георгий Петрович, аспирант Корейского научно-исследовательского института биологических наук и биотехнологии (Респ. Корея), – член;
6. Оконешников Артур Алексеевич, студент химического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», – член;
7. Павлов Сергей Николаевич, студент химического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», – член;
8. Решетников Виктор Петрович, студент факультета наук о материалах ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», – член;
9. Сивцев Семен Исаевич, младший научный сотрудник Института проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук, – член;
10. Старостин Алексей Данилович, студент факультета фундаментальной физико-химической инженерии ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», – член;
11. Степанова Татьяна Сергеевна, студент химического факультета ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», – член.

Состав жюри международной олимпиады «Туймаада-2023» (ХИМИЯ)

1. Спиридовон Александр Михайлович, к.х.н., ведущий научный сотрудник - руководитель лаборатории “Полимерные композиты для Севера” Института естественных наук ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», – председатель;
2. Соколова Марина Дмитриевна, д.т.н., директор Института проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр СО РАН»», – заместитель председателя;
3. Данилова Сахаяна Николаевна, младший научный сотрудник лаборатории «Полимерные композиты для Севера» Института естественных наук ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», – секретарь;
4. Охлопкова Айталина Алексеевна, д.т.н., профессор, руководитель ОП «Фундаментальная и прикладная химия» Института естественных наук ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», действительный член Академии наук Республики Саха (Якутия), – член;
5. Верейкина Виктория Васильевна, к.х.н., научный сотрудник лаборатории техногенных газовых гидратов Института проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук, – член;

XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"

6. Маркова Марфа Алексеевна, младший научный сотрудник лаборатории материаловедения Института проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук, – член;
7. Оконешников Артур Алексеевич, студент химического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», – член;
8. Павлов Сергей Николаевич, студент химического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», – член;
9. Сивцев Семен Исаевич, младший научный сотрудник Института проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук, – член;
10. Сидорова Долгуйаана Николаевна, ассистент химического отделения Института естественных наук ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», – член;
11. Старостин Алексей Данилович, студент факультета фундаментальной физико-химической инженерии ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», – член;
12. Степанова Татьяна Сергеевна, студент химического факультета ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», – член;
13. Стручкова Татьяна Семеновна, к.т.н., доцент химического отделения Института естественных наук ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», – член.

Авторы заданий: Спиридонов А.М., Верейкина В.В., Голиков А.Н., Емельянов Г.П., Оконешников А.А., Павлов С.Н., Решетников В.П., Старостин А.Д., Степанова Т.С.

***XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"***

Methodological commission structure of the International Olympiad «Tuymada-2023» in Chemistry

1. Sokolova Marina Dmitriyevna, Doctor of Engineering, the Director of Institute of Oil and Gas Problems SB RAS – chairman;
2. Spiridonov Alexander Mikhaylovich, Ph.D. in Chemistry Sciences, leading researcher – the Head of the Laboratory “Polymer composites for the North”, North-Eastern Federal University – member;
3. Vereykina Victoria Vasilievna, PhD in Chemistry Sciences, Laboratory of Technogenic Gas Hydrates, Institute of Oil and Gas Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences – member;
4. Golikov Aleksei Nikolaevich, PhD student of the Chemistry Department, Myongji University (South Korea) – member;
5. Emelyanov Georgiy Petrovich, PhD student of the Korea Research Institute of Biological Sciences and Biotechnology (South Korea) – member;
6. Okoneshnikov Artur Alekseevich, a student of the Chemistry Department, Moscow State University – member;
7. Pavlov Sergey Nikolaevich, a student of the Chemistry Department, Moscow State University – member;
8. Reshetnikov Victor Petrovich, a student of the Faculty of Materials Science, Moscow State University – member;
9. Sivtsev Semyon Isaevich, a junior researcher of the Institute of Oil and Gas Problems SB RAS – member;
10. Starostin Alexey Danilovich, student of the Faculty of Fundamental Physical and Chemical Engineering, Moscow State University – member;
11. Stepanova Tatyana Sergeevna, a student of Chemical Institute, Saint-Petersburg State University – member;

Jury structure of the International Olympiad «Tuymada-2023» in Chemistry

1. Spiridonov Alexander Mikhaylovich, Ph.D. in Chemistry Sciences, leading researcher – the Head of the Laboratory “Polymer composites for the North”, North-Eastern Federal University – chairman;
2. Sokolova Marina Dmitriyevna, Doctor of Engineering, the director of Institute of Oil and Gas Problems SB RAS – vice-chairman;
3. Danilova Sakhayana Nikolaevna, a junior researcher of the Laboratory "Polymer Composites for the North", North-Eastern Federal University. M.K. Ammosova – secretary;
4. Okhlopkova Aitalina Alekseevna, Doctor of Engineering, the professor, the chairman of the Educational Programs in “Fundamental and Applied Chemistry”, North-Eastern Federal University, member of The Academy of Science of the Republic of Sakha (Yakutia) – member;
5. Vereykina Victoria Vasilievna, PhD in Chemistry Sciences, Laboratory of Technogenic Gas Hydrates, Institute of Oil and Gas Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences - member
6. Markova Marfa Alekseevna, a junior researcher of the Laboratory of Materials Science, Institute of Oil and Gas Problems SB RAS – member;
7. Okoneshnikov Artur Alekseevich, a student of the Chemistry Department, Moscow State University – member;
8. Pavlov Sergey Nikolaevich, a student of the Chemistry Department, Moscow State University – member;

***XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"***

9. Sivtsev Semyon Isaevich, a junior researcher of the Institute of Oil and Gas Problems SB RAS – member;
10. Sidorova Dolguyaana Nikolaevna, assistant of the Chemical department of the Institute of Natural Sciences, North-Eastern Federal University – member;
11. Starostin Alexey Danilovich, student of the Faculty of Fundamental Physical and Chemical Engineering, Moscow State University – member;
12. Stepanova Tatyana Sergeevna, a student of Chemical Institute, Saint-Petersburg State University – member;
13. Struchkova Tatyana Semenovna, PhD in Technical Sciences, the associate professor of the Chemistry Department, North-Eastern Federal University – member;

Authors of problems: Spiridonov A.M., Vereykina V.V., Golikov A.N., Emelyanov G.P., Okoneshnikov A.A, Pavlov S.N., Reshetnikov V.P., Starostin A.D., Stepanova T.S.

XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

МЛАДШАЯ ЛИГА.....	7
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ. МЛАДШАЯ ЛИГА	11
СТАРШАЯ ЛИГА	14
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ. СТАРШАЯ ЛИГА.....	21
JUNIOR LEAGUE.....	24
JUNIOR LEAGUE. SOLUTIONS	28
SENIOR LEAGUE.....	31
SENIOR LEAGUE. SOLUTIONS	38

МЛАДШАЯ ЛИГА



Почечнокаменная болезнь (нефролитиаз) – это довольно распространенное заболевание, проявляющееся в отложении в почках конкрементов (камней) различного происхождения. Больные как правило испытывают значительный дискомфорт, т.к. размеры камней иногда могут составлять несколько сантиметров. В таких случаях для их удаления требуется хирургическое вмешательство.

В зависимости от этиологии заболевания конкременты могут состоять из одного или нескольких неорганических минералов – оксалата кальция, ортофосфата кальция, апатита, струвита или карбоната кальция. Также возможно образование конкрементов из органических веществ.

БЛОК 1. Качественный анализ

Диагностика нефролитиаза возможна на ранних стадиях, когда в моче обнаруживается аномально высокое содержание некоторых веществ. В этом случае возможна коррекция питания, что избавит больного от прогрессирования заболевания.

Одним из признаков ранней стадии нефролитиаза является повышенное содержание в моче одного или нескольких ионов из перечня:
 NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, OH^- .

1. Предложите методику качественной идентификации каждого из этих ионов с использованием растворов реагентов: H_2SO_4 , AgNO_3 . Дополнительно доступна водяная баня.
2. Напишите уравнения реакций и опишите визуальные эффекты, позволяющие открыть перечисленные ионы.

БЛОК 2. Количественный анализ

Часто конкременты могут иметь смешанное происхождение. Например, ядро конкремента может состоять из моногидрата оксалата кальция $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, которое по мере роста может агломерировать минералы струвит $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, апатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ и другие инертные примеси.

XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"

Для описания количественного состава образец такого конкримента высушили при 105°C для удаления влаги и подвергли количественному анализу.

Количественное определение оксалата кальция

Пробу высушенного при 105 °C анализируемого образца массой 1,1380 г поместили в стакан, добавили избыток раствора серной кислоты и прокипятили в течение 30 мин. Содержимое охладили до комнатной температуры и отделили от осадка фильтрованием.

Фильтрат перенесли в мерную колбу на 250 мл и довели объем раствора до метки. Из полученного раствора с помощью пипетки Мора на 25 мл **отобрали аликвоту раствора** и перенесли в чистую коническую колбу. Раствор нагрели до 70 °C и оттитровали 0,0179 М раствором перманганата калия.

После серии титрований были получены следующие результаты расхода раствора перманганата калия:

№ титрования	1	2	3	4
V(KMnO ₄), мл	10,90	10,85	10,92	10,89

3. Напишите уравнения реакций, протекающих в ходе количественного определения оксалата кальция.
4. Рассчитайте массу CaC₂O₄·H₂O в высушенной пробе.

Количественное определение фосфатов

Пробу высушенного при 105 °C анализируемого образца массой 1,1380 г поместили в стакан, добавили избыток раствора азотной кислоты и прокипятили в течение 30 мин до полного растворения осадка. Содержимое охладили до комнатной температуры и перенесли в мерную колбу на 250 мл, довели дистиллированной водой объем раствора до метки и тщательно перемешали. Полученный раствор профильтровали через пористый керамический фильтр.

С полученного фильтрата с помощью пипетки Мора на 25 мл **отобрали аликвоту раствора** и перенесли в чистую коническую колбу. Туда же добавили избыток раствора молибдата аммония. После выпадения осадка колбу встряхивали в течение 20 мин. Осадок отделили от раствора фильтрованием и промыли его до нейтральной реакции pH смыва.

Полученный осадок перенесли в чистую коническую колбу, добавили 100 мл дистиллированной воды, предварительно очищенной от углекислого газа, и 10,00 мл 1,0000 М раствора гидроксида натрия.

***XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"***

После растворения осадка добавили несколько капель раствора фенолфталеина и оттитровали 0,1000 М раствором серной кислоты.

После серии титрований были получены следующие результаты расхода раствора серной кислоты:

№ титрования	1	2	3	4	5	6
V(H ₂ SO ₄), мл	24,53	27,35	24,56	24,54	24,53	24,52

5. Напишите уравнения реакций, протекающих в ходе количественного определения фосфатов.

6. Рассчитайте количество в молях PO₄³⁻ в высушеннной пробе.

Термогравиметрическое определение гидратной воды

Термогравиметрия – это метод термического анализа, при котором регистрируется изменение массы образца в зависимости от температуры. Он заключается в наблюдении массы исследуемой навески вещества при изменении её температуры. Результат анализа – т.н. термогравиметрические кривые, иллюстрирующие зависимость массы навески от температуры. Метод используется для определения температуры разложения, дегидратации и дегазации различных веществ, влажности материалов, доли органических компонентов, разрушения полимеров и т.д.

Анализируемую навеску образца, высущенного при 105 °C, подвергли термогравиметрическому анализу. На рис. 1 изображена кривая результатов анализа.

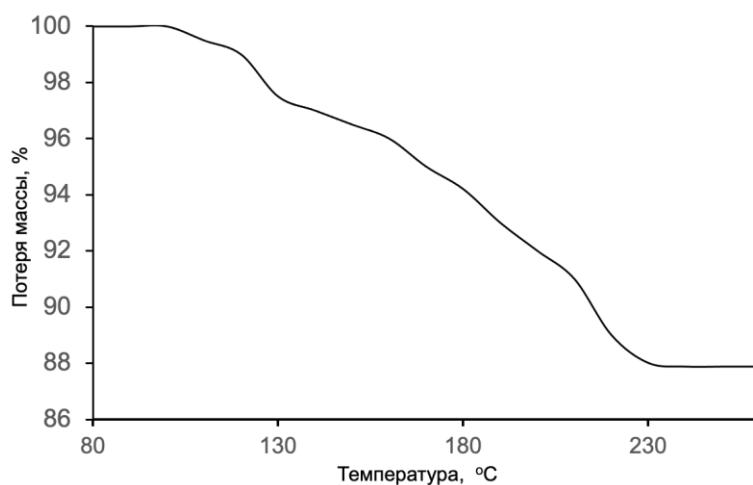


Рисунок 1 – Термогравиметрическая кривая анализируемого образца

XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"

7. Рассчитайте массовую долю гидратной воды в высушенном образце.
8. Рассчитайте массовые доли апатита, струвита и моногидрата оксалата кальция в высушенном исследуемом образце.

Справочная информация

Расчет Q-критерия:

$$Q = \frac{|x_i - x_{i+1}|}{|x_{max} - x_{min}|}$$

Значения Q-критерия:

<i>i</i>	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Q</i>	0,98	0,85	0,73	0,64	0,59	0,54	0,51	0,48

***XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"***

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ. МЛАДШАЯ ЛИГА

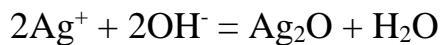
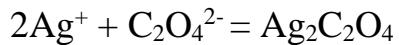
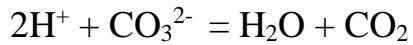
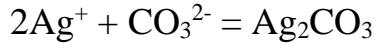
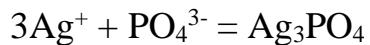
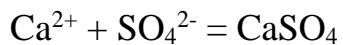
1. Таблица взаимодействий:

	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	PO ₄ ³⁻	CO ₃ ²⁻	C ₂ O ₄ ²⁻	OH ⁻
AgNO ₃	-	-	-	Ag ₃ PO ₄ ↓ желтый	Ag ₂ CO ₃ ↓ желтый	Ag ₂ C ₂ O ₄ ↓ белый	Ag ₂ O↓ серый, чернеет
H ₂ SO ₄	-	CaSO ₄ ↓ муть или белый осадок	-	-	CO ₂ ↑ бесцв.	-	-

За таблицу или описание хода работы, где каждый этап приводит к верному результату – 0,5 б.

Всего 3 балла.

2. Уравнения реакций:



За каждое правильное уравнение – 1 балл.

Всего не более 6 баллов.

3. Уравнения реакций:



4. Расчет массы моногидрата оксалата кальция:

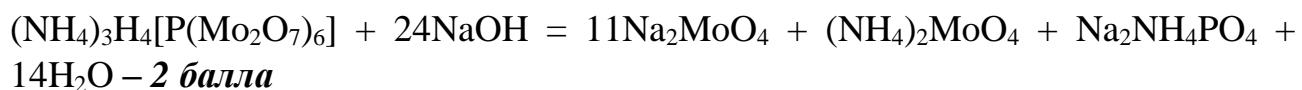
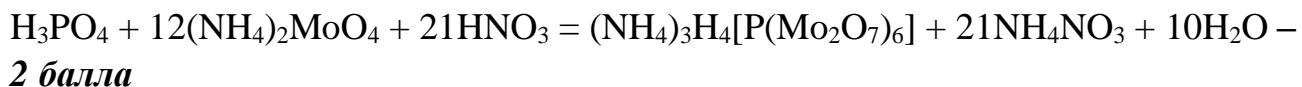
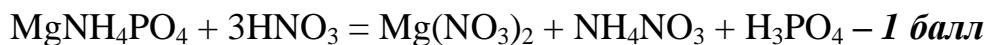
$$m(CaC_2O_4) = 2,5 * C(KMnO_4) * V(KMnO_4) * 10 * 146 = 0,7115 \text{ г.}$$

XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"

Верная формула – 1 балл.

Верный результат расчета – 1 балл.

5. Уравнения реакций:



6. Расчёт количества PO_4^{3-} :

$$Q = |(x_i - x_{i+1}) / (x_{\max} - x_{\min})| = 0,99.$$

В расчетах не учитываем результат с максимальным значением объема.

$$n_{\text{изб}}(\text{NaOH}) = 2C(\text{H}_2\text{SO}_4)V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 4,91 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$n(\text{PO}_4^{3-}) = [C_{\text{добр}}(\text{NaOH})V_{\text{добр}}(\text{NaOH}) - n_{\text{изб}}(\text{NaOH})] * 10/24 = 2,12 \cdot 10^{-3} \text{ моль.}$$

Верная формула расчета количества фосфата – 1 балл

Расчет значения:

- если в расчетах используется промах – 1 балл;
- если в расчетах промах не используется, но это не обосновано расчетами – 2 балла;
- если в расчетах промах не используется и приведено расчетное обоснование – 3 балла.

7. Потеря массы составляет около 12%. Она соответствует массовой доле гидратной воды.

Верный ответ – 3 балла.

XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"

8. Расчет массовой доли минералов в конкременте:

$$m(\text{апатит}) = [n(\text{H}_3\text{PO}_4) - n(\text{струвит})] * 502/3 = 0,2193 \text{ г} - \mathbf{1 \text{ балл}}$$

$$\omega(\text{апатит}) = 19,27\%$$

$$\omega(\text{оксалат кальция}) = 62,52\%$$

$$\omega(\text{струвит}) = 9,75\%$$

Верный расчет массовой доли – 2 балла.

ИТОГО: 30 баллов.

СТАРШАЯ ЛИГА



Почечнокаменная болезнь (нефролитиаз) – это довольно распространенное заболевание, проявляющееся в отложении в почках конкрементов (камней) различного происхождения. Больные как правило испытывают значительный дискомфорт, т.к. размеры камней иногда могут составлять несколько сантиметров. В таких случаях для их удаления требуется

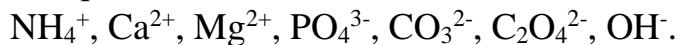
хирургическое вмешательство.

В зависимости от этиологии заболевания конкременты могут состоять из одного или нескольких неорганических минералов – оксалата кальция, ортофосфата кальция, апатита, струвита или карбоната кальция. Также возможно образование конкрементов из органических веществ – мочевой кислоты, цистина, ксантина и аденина.

БЛОК 1. Качественный анализ

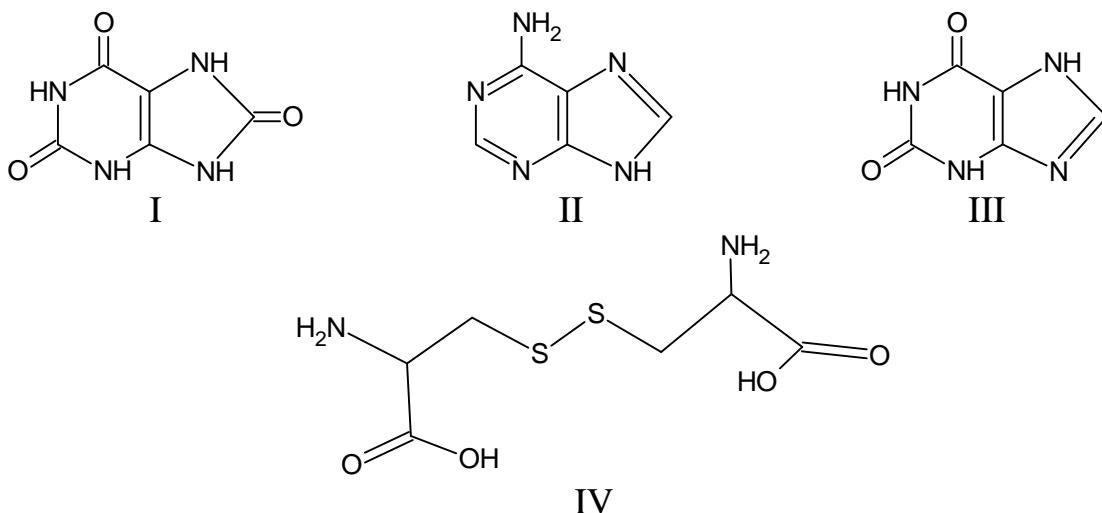
Диагностика нефролитиаза возможна на ранних стадиях, когда в моче обнаруживается аномально высокое содержание некоторых веществ. В этом случае возможна коррекция питания, что избавит больного от прогрессирования заболевания.

Одним из признаков ранней стадии нефролитиаза является повышенное содержание в моче одного или нескольких ионов из перечня:



1. Предложите методику качественной идентификации каждого из этих ионов с использованием растворов реактивов: H_2SO_4 , AgNO_3 .
2. Напишите уравнения реакций и опишите визуальные эффекты, позволяющие открыть перечисленные ионы.

Ниже изображены пронумерованные структуры органических соединений – компонентов почечных конкрементов: аденин, цистин, мочевая кислота, ксантина.



3. Укажите соответствия между структурой и названием вещества.
4. Для некоторых из приведенных веществ характерно явление лактам-лактимной таутомерии. Укажите номер(а) структур(ы), для которых она характерна, и на примере любого одного из соединений I-IV изобразите взаимопревращения между таутомерами. Укажите тип таутомера.

Качественное обнаружение некоторых из приведенных веществ возможно с помощью т.н. мурексидной пробы. Для этого исследуемое вещество окисляют действием избытка соляной кислоты (*реакции 1 и 2*) и обрабатывают продукты избытком раствора аммиака (*реакция 3*). В результате появляется пурпурное окрашивание, обусловленное образованием мурексида (рис. 1).

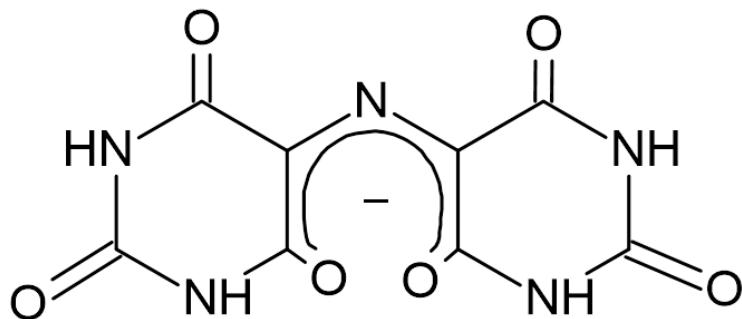


Рисунок 1 – Структурная формула мурексида

5. Укажите номера соединений, которые дают положительную мурексидную пробу.
6. На примере одного из выбранных соединений изобразите схемы превращений (*реакции 1-3*), которые протекают при проведении описанного анализа. Если

**XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"**

затрудняетесь или не уверены в выборе верного соединения, то изобразите схемы превращений (*реакции 1-3*) на примере кофеина (рис. 2).

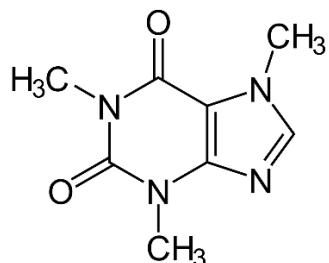


Рисунок 2 – Структурная формула кофеина

БЛОК 2. Количественный анализ

Часто конкрименты могут иметь смешанное происхождение. Например, ядро конкримента может состоять из моногидрата оксалата кальция $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, которое по мере роста может агломерировать минерал апатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ и другие инертные примеси.

Для описания количественного состава образец такого конкримента высушили при 105°C для удаления влаги и подвергли количественному анализу.

Количественное определение оксалата кальция

Пробу высушенного при 105°C анализируемого образца массой 1,2000 г поместили в стакан, добавили избыток раствора серной кислоты и прокипятили в течение 30 мин. Содержимое охладили до комнатной температуры и отделили от осадка фильтрованием.

Фильтрат перенесли в мерную колбу на 250 мл и довели объем раствора до метки. Из полученного раствора с помощью пипетки Мора на 25 мл *отобрали аликвоту раствора* и перенесли в чистую коническую колбу. Раствор нагрели до 70°C и оттитровали 0,0179 М раствором перманганата калия.

После серии титрований были получены следующие результаты расхода раствора перманганата калия:

№ титрования	1	2	3	4
V(KMnO_4), мл	10,90	10,85	10,92	10,89

7. Напишите уравнения реакций, протекающих в ходе количественного определения оксалата кальция.

XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"

8. Рассчитайте массовую долю $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ в высушенной пробе.

Количественное определение фосфата

Пробу высушенного при 105 °С анализируемого образца массой 1,2000 г поместили в стакан, добавили избыток раствора азотной кислоты и прокипятили в течение 30 мин до полного растворения осадка. Содержимое охладили до комнатной температуры и перенесли в мерную колбу на 250 мл, довели дистиллированной водой объем раствора до метки и тщательно перемешали. Полученный раствор профильтровали через пористый керамический фильтр.

С полученного фильтрата с помощью пипетки Мора на 25 мл **отобрали аликвоту раствора** и перенесли в чистую коническую колбу. Туда же добавили избыток раствора молибдата аммония. После выпадения осадка колбу встряхивали в течение 20 мин. Осадок отделили от раствора фильтрованием и промыли его до нейтральной реакции pH смыва.

Полученный осадок перенесли в чистую коническую колбу, добавили 100 мл дистиллированной воды, предварительно очищенной от углекислого газа, и 10,00 мл 1,0000 М раствора гидроксида натрия.

После растворения осадка добавили несколько капель раствора фенолфталеина и оттитровали 0,1000 М раствором серной кислоты.

После серии титрований были получены следующие результаты расхода раствора серной кислоты:

№ титрования	1	2	3	4	5	6
V(H_2SO_4), мл	27,64	27,71	27,65	29,52	27,70	27,65

9. Напишите уравнения реакций, протекающих в ходе количественного определения фосфатов.

10. Рассчитайте массовую долю апатита в высушенной пробе.

Хроматографическое определение ксантина

Количественное определение органических веществ в биологических пробах успешно выполняется методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Этот метод позволяет проводить одновременное разделение сложных проб на составляющие их компоненты, идентификацию большинства компонентов, измерение концентрации одного или нескольких соединений. ВЭЖХ широко применяется в пищевой и сельскохозяйственной

промышленности, в медицине, фармацевтике, нефтехимии, криминалистике и т.д.

Условно принцип действия ВЭЖХ (рис. 3) заключается в следующем: раствор анализируемой смеси с помощью узла ввода пробы (1) вводится в прибор, в котором растворяется в подвижной жидкой фазе (элюенте 2), и переносится с ней к верхней части хроматографической колонки (3). Под действием высокого давления, достигаемого с помощью насоса (4), смесь пропускается через хроматографическую колонку, заранее заполненную сорбентом, в которой происходит разделение анализируемой смеси на отдельные вещества. Вытекающий из колонки раствор (элюат), содержащий отдельные компоненты анализируемой смеси, детектируется детектором (5) и обрабатывается программным обеспечением прибора.

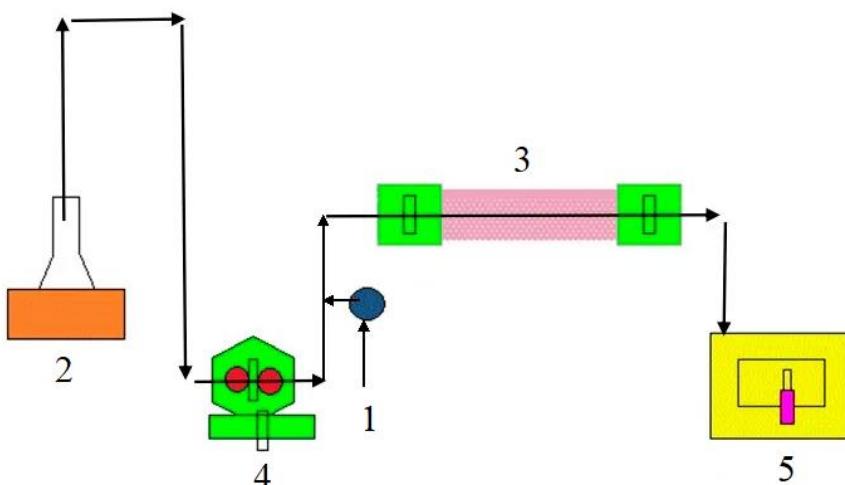


Рисунок 3 – Упрощенная принципиальная схема ВЭЖХ

Качественная и количественная идентификация веществ с помощью ВЭЖХ производится с помощью хроматограмм (рис. 4), которые представляют собой зависимость интенсивности сигнала, получаемого детектором, от времени. Различные вещества имеют разное время удержания в колонке, поэтому каждому веществу будет соответствовать определенное положение пика относительно шкалы времени – на этом основана качественная идентификация веществ с помощью ВЭЖХ. Количественное определение основано на том, что площадь пика на хроматограмме прямо пропорциональна концентрации определяемого компонента.

**XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"**

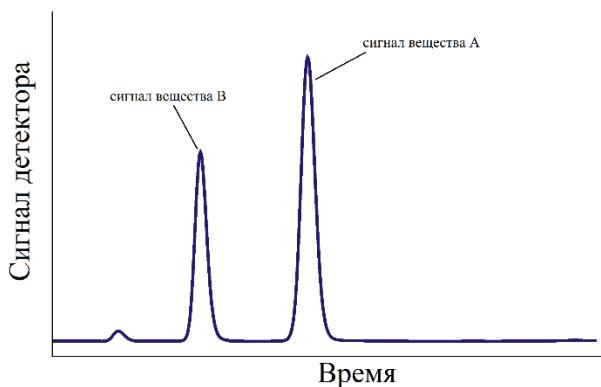


Рисунок 4 – Пример хроматограммы, полученной при анализе смеси двух веществ

Метод ВЭЖХ наравне с другими методами анализа применяется для определения состава почечных конкрементов органического происхождения. Реже всего встречаются ксантиновые конкременты, образование которых обусловлено редким генетическим заболеванием.

Пробу ксантина содержащего конкремента массой 0,0010 г растворили в 1 л растворителя. Отобрали аликвоту 0,1 мл и ввели в узел для ввода пробы ВЭЖХ. На рис. 5 приведена хроматограмма пробы ксантинового конкремента, полученная на ВЭЖХ с ультрафиолетовым (УФ-) фотометрическим детектором, настроенным на длину волны 280 нм.

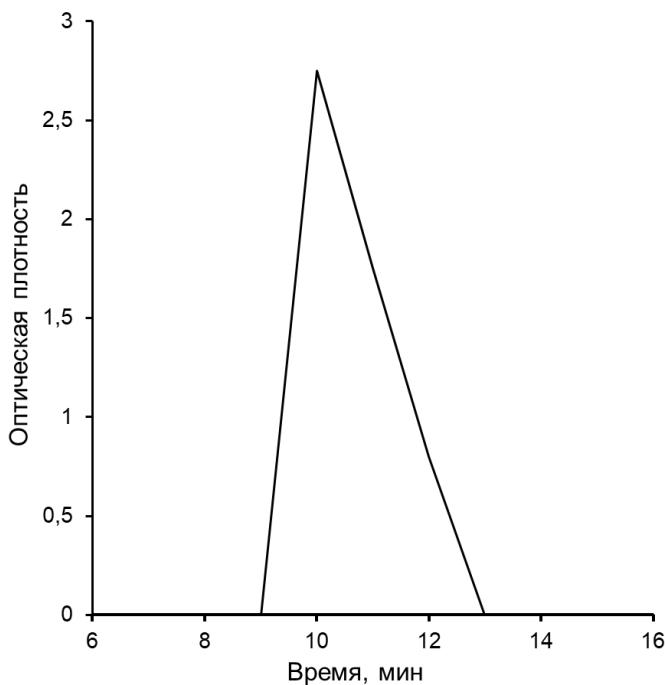


Рисунок 5 – Хроматограмма исследуемого раствора

В таблице приведены экспериментальные данные градуировки хроматографа по стандартному образцу ксантина:

XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"

S пика	1,23	2,47	3,62	4,94	6,07	7,36
Концентрация ксантина в пробе, мг/л	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6

11. Рассчитайте массовую долю ксантина в исследуемом конкременте.

Справочная информация

Расчет Q-критерия:

$$Q = \frac{|x_i - x_{i+1}|}{|x_{max} - x_{min}|}$$

Значения Q-критерия:

<i>i</i>	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Q</i>	0,98	0,85	0,73	0,64	0,59	0,54	0,51	0,48

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ. СТАРШАЯ ЛИГА

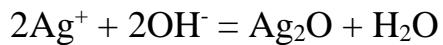
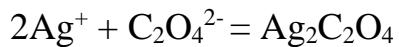
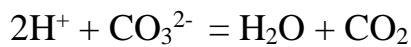
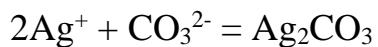
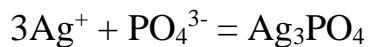
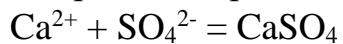
1. Таблица взаимодействий:

	NH_4^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	PO_4^{3-}	CO_3^{2-}	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	OH^-
AgNO_3	-	-	-	$\text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow$ желтый	$\text{Ag}_2\text{CO}_3 \downarrow$ желтый	$\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4 \downarrow$ белый	$\text{Ag}_2\text{O} \downarrow$ серый, чернеет
H_2SO_4	-	$\text{CaSO}_4 \downarrow$ муть или белый осадок	-	-	$\text{CO}_2 \uparrow$ бесцв.	-	-

За таблицу или описание хода работы, где каждый этап приводит к верному результату – 0,5 б.

Всего 3 балла.

2. Уравнения реакций:



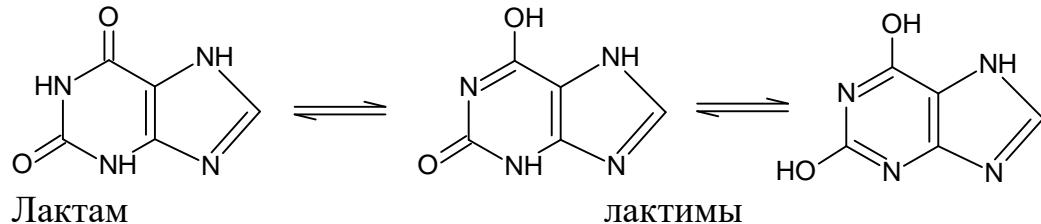
0,5 x 6 = 3 балла.

3. I – мочевая кислота; II – аденин; III – ксантин; IV – цистин.

$0,5 \times 4 = 2$ балла.

4. Лактам-лактимная таутомерия характерна для I и III.

0,5 x 2 = 1 балл.



**XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"**

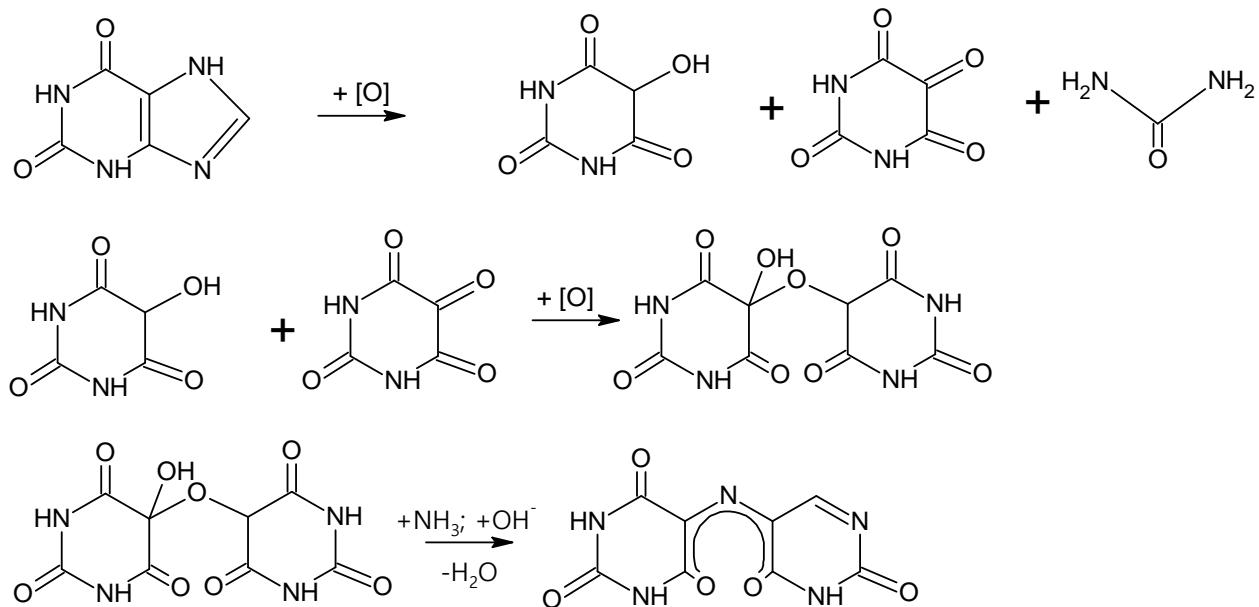
Структуры – 1 балл.

Типы таутомеров – 1 балл.

5. Положительную пробу дают соединения I и III.

$0,5 \times 2 = 1$ балл.

6. Схема образования мурексида:



$1 \times 3 = 3$ балла.

7. Уравнения реакций:



8. Расчет массы моногидрата оксалата кальция:

$$m(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 2,5 * C(\text{KMnO}_4) * V(\text{KMnO}_4) * 10 * 146 = 0,7115 \text{ г}$$

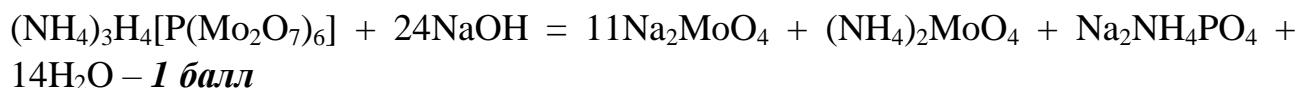
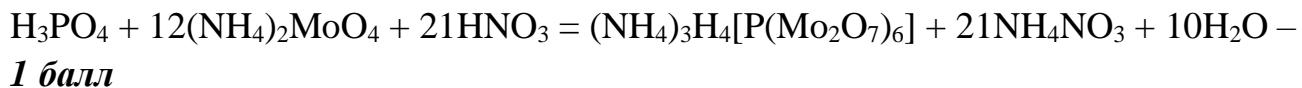
$$\omega(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 59,29\%$$

Формула – 1 балл

Верный результат – 1 балл

XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"

9. Уравнения реакций:



10. Расчёт количества PO_4^{3-} :

$$Q = |(x_i - x_{i+1}) / (x_{\max} - x_{\min})| = 0,96$$

В расчетах не учитываем результат с максимальным значением объема.

$$n_{\text{изб}}(\text{NaOH}) = 2C(\text{H}_2\text{SO}_4)V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 5,53 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$n(\text{PO}_4^{3-}) = [C_{\text{доb}}(\text{NaOH})V_{\text{доb}}(\text{NaOH}) - n_{\text{изб}}(\text{NaOH})] * 10/24 = 1,86 \cdot 10^{-3} \text{ моль.}$$

$$m(\text{апатит}) = M(\text{апатит}) * n(\text{PO}_4^{3-})/3 = 0,3112 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{апатит}) = 25,93\%$$

Верная формула расчета количества фосфата – 1 балл

Расчет значения:

- если в расчетах используется промах – 1 балл;
- если в расчетах промах не используется, но это не обосновано расчетам – 2 балла;
- если в расчетах промах не используется и приведено расчетное обоснование – 3 балла.

11. $S = 5,5 \text{ о.е.п}^* \text{мин} - 1 \text{ балл.}$

$\omega(\text{ксантин}) = 45\% - 2 \text{ балла.}$

ИТОГО: 30 баллов.

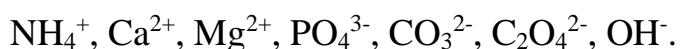
JUNIOR LEAGUE



Kidney stone disease (nephrolithiasis) is a fairly common disease, manifested by the deposition of concretions (stones) of various origins in the kidneys. Patients usually experience significant discomfort, as the size of the stones can sometimes be several centimeters. In such cases, surgical intervention is required to remove them. Depending on the etiology of the disease, concretions can consist of one or several inorganic minerals - calcium oxalate, calcium orthophosphate, apatite, struvite or calcium carbonate. Formation of concretions from organic substances is also possible.

BLOCK 1. Qualitative analysis

Diagnosis of nephrolithiasis is possible at an early stage when an abnormally high content of certain substances is detected in the urine. In this case, dietary correction is possible, which will relieve the patient from the progression of the disease. One of the signs of the early stage of nephrolithiasis is an increased content in the urine of one or several ions from the list:



1. Suggest a methodology for the qualitative identification of each of these ions using solutions of reagents: H_2SO_4 , AgNO_3 . A water bath is also available.
2. Write the equations of the reactions and describe the visual effects that allow you to reveal the listed ions.

BLOCK 2. Quantitative analysis

Concretions often have a mixed origin. For example, the core of the concretion may consist of calcium oxalate monohydrate $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, which as it grows can agglomerate minerals such as struvite $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, apatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ and other inert impurities. To identify the quantitative composition, a sample of such a concretion was dried at 105°C to remove moisture and subjected to quantitative analysis.

Quantitative determination of calcium oxalate

A probe of the analyzed sample, dried at 105°C and weighing 1.1380 g, was placed in a beaker, an excess of sulfuric acid solution was added and boiled for 30 minutes. The contents were cooled to room temperature and separated from the precipitate by filtration. The filtrate was transferred to a 250 mL volumetric flask and the volume of the solution was brought up to the mark. From the resulting solution, using a Mohr pipette of 25 mL, ***an aliquot of the solution was taken*** and transferred to a clean conical flask. The solution was heated to 70°C and titrated with a 0.0179 M solution of potassium permanganate. After a series of titrations, the following results were obtained for the consumption of potassium permanganate solution:

Nº of titration	1	2	3	4
V(KMnO ₄), ml	10.90	10.85	10.92	10.89

3. Write the equations of the reactions that occur during the quantitative determination of calcium oxalate.
4. Calculate the mass of CaC₂O₄·H₂O in the dried probe.

Quantitative determination of phosphates

A probe of the analyzed sample, dried at 105°C and weighing 1.1380 g, was placed in a beaker, an excess of nitric acid solution was added and boiled for 30 minutes until the precipitate was completely dissolved. The contents were cooled to room temperature and transferred to a 250 mL volumetric flask, the volume of the solution was brought up to the mark with distilled water and thoroughly mixed. The resulting solution was filtered through a porous ceramic filter.

From the resulting filtrate, using a Mohr pipette of 25 mL, ***an aliquot of the solution was taken*** and transferred to a clean conical flask. An excess of ammonium molybdate solution was also added there. After the precipitate had formed, the flask was shaken for 20 minutes. The precipitate was separated from the solution by filtration and washed until a neutral pH reaction of the washings.

The resulting precipitate was transferred to a clean conical flask, 100 mL of distilled water, previously purified from carbon dioxide, and 10.00 mL of 1.0000 M sodium hydroxide solution were added.

After the precipitate had dissolved, a few drops of phenolphthalein solution were added and titrated with a 0.1000 M solution of sulfuric acid.

**XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"**

After a series of titrations, the following results were obtained for the consumption of sulfuric acid solution:

Nº of titration	1	2	3	4	5	6
V(H ₂ SO ₄), ml	24.53	27.35	24.56	24.54	24.53	24.52

5. Write the equations of the reactions that occur during the quantitative determination of phosphates.

6. Calculate the amount in moles of PO₄³⁻ in the dried probe.

Thermogravimetric determination of water of hydration

Thermogravimetry is a method of thermal analysis in which the change in mass of a sample is recorded as a function of temperature. It involves observing the mass of a sample of a substance as its temperature changes. The result of the analysis is the so-called thermogravimetric curves, which illustrate the dependence of the sample mass on temperature. The method is used to determine the temperature of decomposition, dehydration, and degassing of various substances, the moisture content of materials, the proportion of organic components, the destruction of polymers, etc.

The analyzed sample, dried at 105°C, was subjected to thermogravimetric analysis. Figure 1 shows the curve of the analysis results.

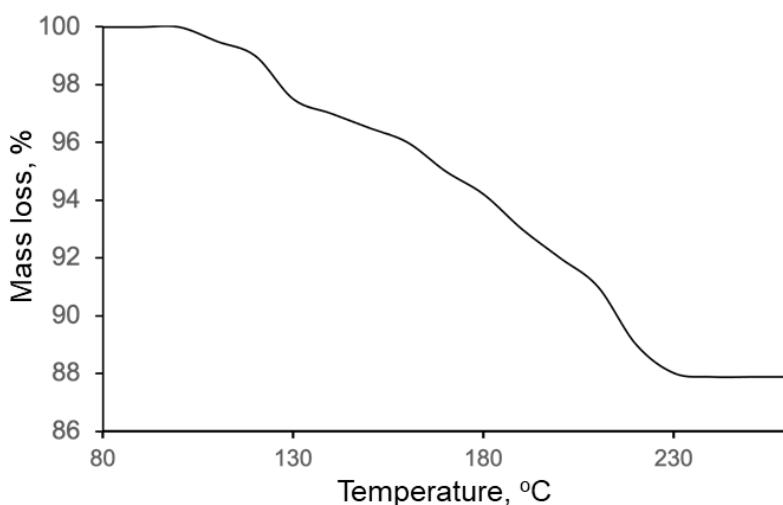


Figure 1 - Thermogravimetric curve of the analyzed sample

7. Calculate the mass fraction of water of hydration in the dried sample

8. Calculate the mass fraction of apatite, struvite, and calcium oxalate monohydrate in the dried sample being analyzed.

XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"

Reference Information

Q-criterion calculation:

$$Q = \frac{|x_i - x_{i+1}|}{|x_{max} - x_{min}|}$$

Q-criterion values:

<i>i</i>	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Q</i>	0,98	0,85	0,73	0,64	0,59	0,54	0,51	0,48

***XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"***

JUNIOR LEAGUE. SOLUTIONS

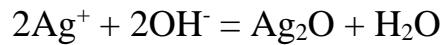
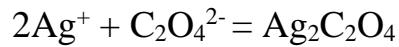
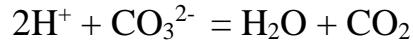
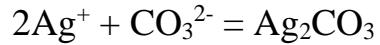
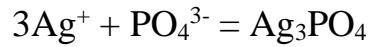
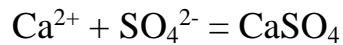
1. Interaction table:

	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	PO ₄ ³⁻	CO ₃ ²⁻	C ₂ O ₄ ²⁻	OH ⁻
AgNO ₃	-	-	-	Ag ₃ PO ₄ ↓ yellow	Ag ₂ CO ₃ ↓ yellow	Ag ₂ C ₂ O ₄ ↓ white	Ag ₂ O↓ grey, blackish
H ₂ SO ₄	-	CaSO ₄ ↓ haze or white sediment	-	-	CO ₂ ↑ colorless	-	-

For a table or description of the progress of work, where each stage leads to the correct result - 0.5 points.

Only 3 points.

2. Reaction equations:



For each correct equation - 1 point.

No more than 6 points in total.

3. Reaction equations:



4. Calculation of the mass of calcium oxalate monohydrate:

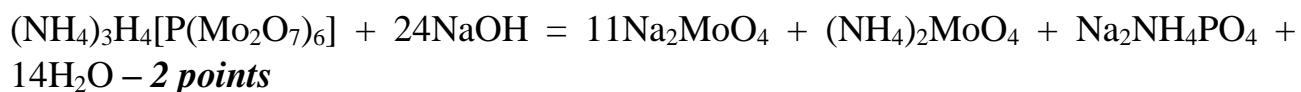
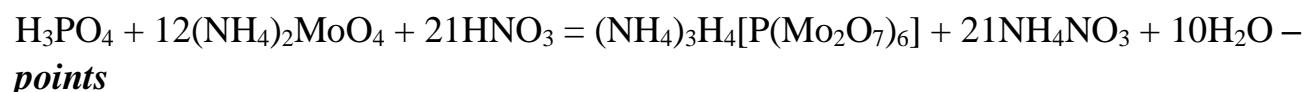
$$m(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 2.5 * C(\text{KMnO}_4) * V(\text{KMnO}_4) * 10 * 146 = 0.7115 \text{ g.}$$

**XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"**

The correct formula is 1 point.

The correct calculation result is 1 point.

5. Reaction equations:



6. Quantity calculation of PO_4^{3-} :

$$Q = |(x_i - x_{i+1}) / (x_{\max} - x_{\min})| = 0.99.$$

In the calculations, we do not take into account the result with the maximum value of the volume.

$$n_{\text{exc}}(\text{NaOH}) = 2C(\text{H}_2\text{SO}_4)V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 4.91 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{PO}_4^{3-}) = [C_{\text{add}}(\text{NaOH})V_{\text{add}}(\text{NaOH}) - n_{\text{exc}}(\text{NaOH})] * 10/24 = 2.12 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$$

The correct formula for calculating the amount of phosphate is 1 point

Value calculation:

- if a slip is used in the calculations – 1 point;

- if the slip is not used in the calculations, but it is not justified by the calculations – 2 points;

- if the slip is not used in the calculations and the calculation justification is given – 3 points.

7. The weight loss is about 12%. It corresponds to the mass fraction of hydrated water.

The correct answer is 3 points.

XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"

8. Calculation of the mass fraction of minerals in the stone:

$$m(\text{apatite}) = [n(\text{H}_3\text{PO}_4) - n(\text{struvite})] * 502/3 = 0.2193 \text{ g} - \mathbf{1 \text{ point}}$$

$$\omega(\text{apatite}) = 19.27\%$$

$$\omega(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 62.52\%$$

$$\omega(\text{struvite}) = 9.75\%$$

The correct calculation of the mass fraction is 2 points.

TOTAL: 30 points.

SENIOR LEAGUE

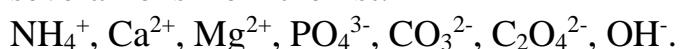


Kidney stone disease (nephrolithiasis) is a fairly common disease, manifested by the deposition of concretions (stones) of various origins in the kidneys. Patients usually experience significant discomfort, as the size of the stones can sometimes be several centimeters. In such cases, surgical intervention is required to remove them.

Depending on the etiology of the disease, concretions can consist of one or several inorganic minerals - calcium oxalate, calcium orthophosphate, apatite, struvite or calcium carbonate. Formation of concretions from organic substances is also possible - uric acid, cystine, xanthine, and adenine

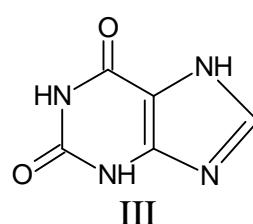
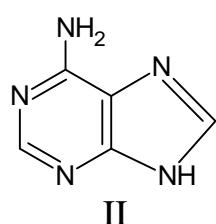
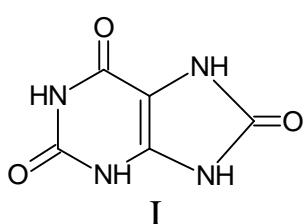
BLOCK 1. Qualitative analysis

Diagnosis of nephrolithiasis is possible at an early stage when an abnormally high content of certain substances is detected in the urine. In this case, dietary correction is possible, which will relieve the patient from the progression of the disease. One of the signs of the early stage of nephrolithiasis is an increased content in the urine of one or several ions from the list:

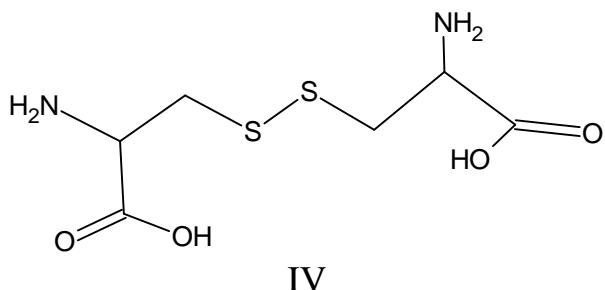


1. Suggest a methodology for the qualitative identification of each of these ions using solutions of reagents: H_2SO_4 , AgNO_3 . A water bath is also available.
2. Write the equations of the reactions and describe the visual effects that allow you to reveal the listed ions.

Below are the numbered structures of organic compounds - components of kidney concretions: adenine, cystine, uric acid, xanthine.



**XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"**



3. Indicate the correspondences between the structure and the name of the substance.
4. For some of the substances listed, the phenomenon of lactam-lactim tautomerism is characteristic. Indicate the number(s) of the structure(s) for which it is characteristic, and using the example of any one of the compounds I-IV, illustrate the interconversion between tautomers. Indicate the type of tautomer.

Qualitative detection of some of the substances listed is possible using the so-called murexide test. For this, the substance being tested is oxidized by the action of an excess of hydrochloric acid (***reactions 1 and 2***) and treated with an excess of ammonia solution (***reaction 3***). As a result, a purple coloration appears, due to the formation of murexide (Fig. 1).

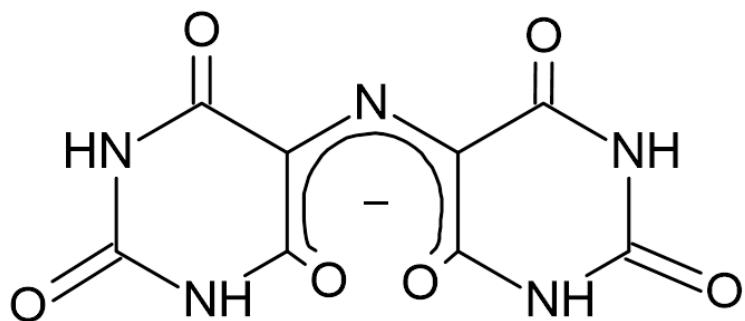


Figure 1 - Structural formula of murexide

5. Indicate the numbers of the compounds that give a positive murexide test.
6. Using the example of one of the selected compounds, illustrate the schemes of transformations (***reactions 1-3***) that occur during the described analysis. If you are unsure or not confident in choosing the correct compound, then illustrate the schemes of transformations (***reaction 1-3***) using the example of caffeine (Fig. 2).

**XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"**

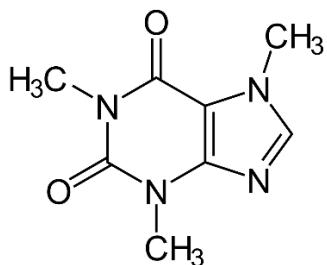


Figure 2 - Structural formula of caffeine

BLOCK 2. Quantitative analysis

Concretions often have a mixed origin. For example, the core of the concretion may consist of calcium oxalate monohydrate CaC₂O₄·H₂O, which as it grows can agglomerate mineral such as apatite Ca₅(PO₄)₃(OH) and other inert impurities. To identify the quantitative composition, a sample of such a concretion was dried at 105°C to remove moisture and subjected to quantitative analysis.

Quantitative determination of calcium oxalate

A probe of the analyzed sample, dried at 105°C and weighing 1.2000 g, was placed in a beaker, an excess of sulfuric acid solution was added and boiled for 30 minutes. The contents were cooled to room temperature and separated from the precipitate by filtration.

The filtrate was transferred to a 250 mL volumetric flask and the volume of the solution was brought up to the mark. From the resulting solution, using a Mohr pipette of 25 mL, *an aliquot of the solution was taken* and transferred to a clean conical flask. The solution was heated to 70°C and titrated with a 0.0179 M solution of potassium permanganate. After a series of titrations, the following results were obtained for the consumption of potassium permanganate solution:

Nº of titration	1	2	3	4
V(KMnO ₄), mL	10.90	10.85	10.92	10.89

7. Write the equations of the reactions that occur during the quantitative determination of calcium oxalate.
8. Calculate the mass fraction of CaC₂O₄·H₂O in the dried probe.

Quantitative determination of phosphates

A probe of the analyzed sample, dried at 105°C and weighing 1.2000 g, was placed in a beaker, an excess of nitric acid solution was added and boiled for 30 minutes until the precipitate was completely dissolved. The contents were cooled to room temperature and transferred to a 250 mL volumetric flask, the volume of the solution was brought up to the mark with distilled water and thoroughly mixed. The resulting solution was filtered through a porous ceramic filter.

From the resulting filtrate, using a Mohr pipette of 25 mL, *an aliquot of the solution was taken* and transferred to a clean conical flask. An excess of ammonium molybdate solution was also added there. After the precipitate had formed, the flask was shaken for 20 minutes. The precipitate was separated from the solution by filtration and washed until a neutral pH reaction of the washings.

The resulting precipitate was transferred to a clean conical flask, 100 mL of distilled water, previously purified from carbon dioxide, and 10.00 mL of 1.0000 M sodium hydroxide solution were added.

After the precipitate had dissolved, a few drops of phenolphthalein solution were added and titrated with a 0.1000 M solution of sulfuric acid.

After a series of titrations, the following results were obtained for the consumption of sulfuric acid solution:

Nº of titration	1	2	3	4	5	6
V(H ₂ SO ₄), ml	27.64	27.71	27.65	29.52	27.70	27.65

9. Write the equations of the reactions that occur during the quantitative determination of phosphates.

10. Calculate the mass fraction of apatite in the dried probe

Chromatographic determination of xanthine

The quantitative determination of organic substances in biological samples is successfully performed by high-performance liquid chromatography (HPLC). This method allows for the simultaneous separation of complex samples into their constituent components, identification of most components, and measurement of the concentration of one or several compounds. HPLC is widely used in the food and agricultural industry, medicine, pharmaceuticals, petrochemistry, forensics, etc.

The principle of HPLC operation (Fig. 3) is as follows: a solution of the analyzed mixture is introduced into the instrument using a sample injection unit (1), where it is dissolved in the mobile liquid phase (eluent 2) and transferred with it to the top of the chromatographic column (3). Under the action of high pressure, achieved by means of

**XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"**

a pump (4), the mixture is passed through a chromatographic column pre-filled with sorbent, where separation of the analyzed mixture into individual substances occurs. The solution (eluate) flowing out of the column, containing individual components of the analyzed mixture, is detected by a detector (5) and processed by the instrument's software

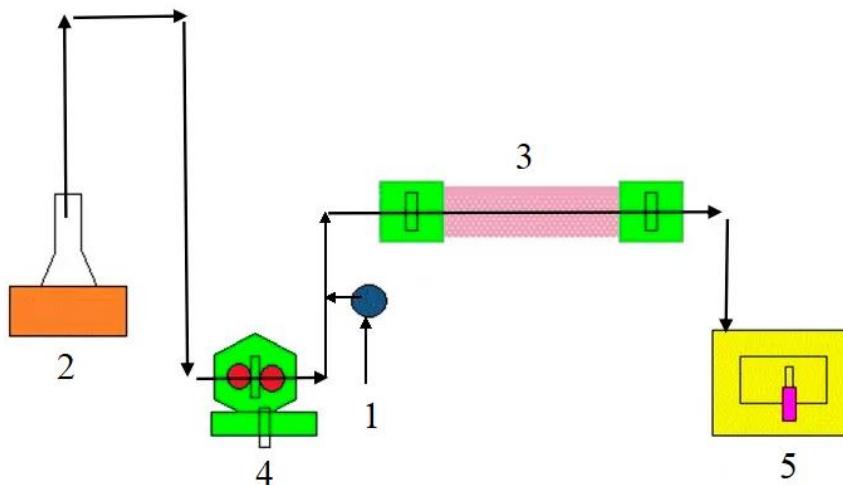


Figure 3 - Simplified schematic diagram of HPLC

Qualitative and quantitative identification of substances using HPLC is performed using chromatograms (Fig. 4), which represent the dependence of the signal intensity obtained by the detector on time. Different substances have different retention times in the column, so each substance will correspond to a certain peak position relative to the time scale - this is the basis for qualitative identification of substances using HPLC. Quantitative determination is based on the fact that the area of the peak on the chromatogram is directly proportional to the concentration of the determined component

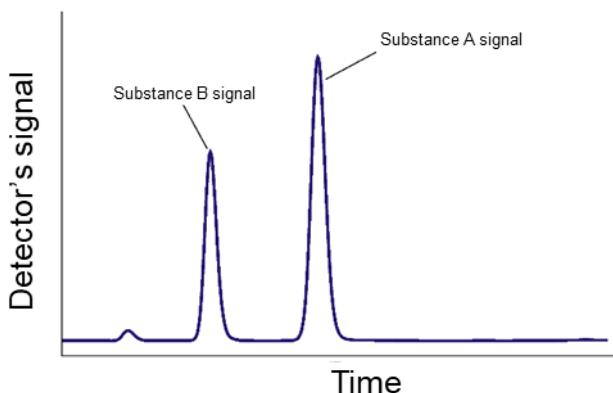


Figure 4 - Example of a chromatogram obtained during the analysis of a mixture of two substances

**XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"**

The HPLC method, along with other analysis methods, is used to determine the composition of kidney stones of organic origin. Xanthine stones are the least common, their formation is due to a rare genetic disease.

A sample of a xanthine-containing stone weighing 0.0010 g was dissolved in 1 L of solvent. A 0.1 mL aliquot was taken and introduced into the HPLC sample injection unit. Figure 5 shows the chromatogram of a xanthine stone sample obtained by HPLC with an ultraviolet (UV) photometric detector tuned to a wavelength of 280 nm.

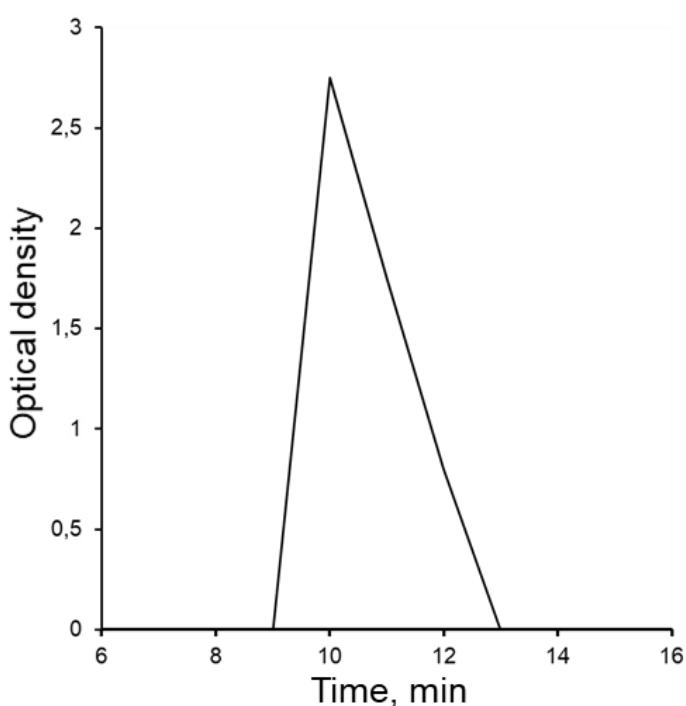


Figure 5 - Chromatogram of the investigated solution

The table shows the experimental data for the calibration of the chromatograph using a standard xanthine sample

S of peak	1.23	2.47	3.62	4.94	6.07	7.36
Xanthine concentration in the sample, mg/L	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6

11. Calculate the mass fraction of xanthine in the investigated stone.

XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"

Reference Information

Q-criterion calculation:

$$Q = \frac{|x_i - x_{i+1}|}{|x_{max} - x_{min}|}$$

Q-criterion values:

<i>i</i>	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Q</i>	0,98	0,85	0,73	0,64	0,59	0,54	0,51	0,48

***XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"***

SENIOR LEAGUE. SOLUTIONS

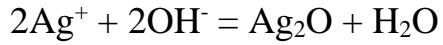
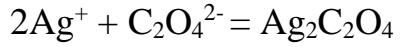
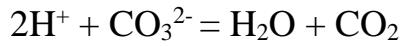
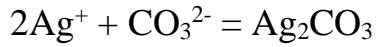
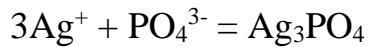
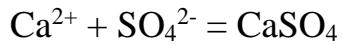
1. Interaction table:

	NH_4^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	PO_4^{3-}	CO_3^{2-}	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	OH^-
AgNO_3	-	-	-	$\text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow$ yellow	$\text{Ag}_2\text{CO}_3 \downarrow$ yellow	$\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4 \downarrow$ white	$\text{Ag}_2\text{O} \downarrow$ grey, blackish
H_2SO_4	-	$\text{CaSO}_4 \downarrow$ haze or white sediment	-	-	$\text{CO}_2 \uparrow$ colorless	-	-

For a table or description of the progress of work, where each stage leads to the correct result - 0.5 points.

Only 3 points.

2. Reaction equations:



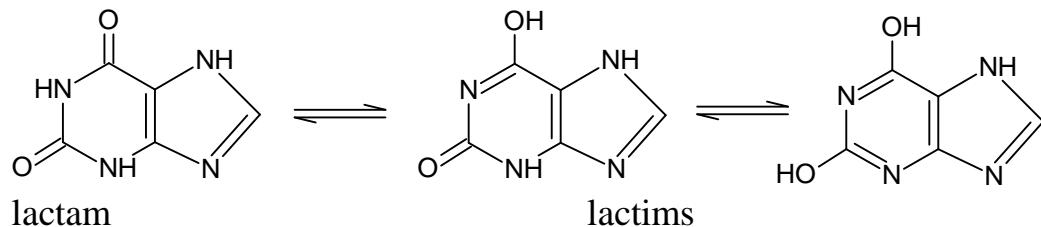
$$0.5 \times 6 = 3 \text{ points.}$$

3. I - uric acid; II - adenine; III - xanthine; IV - cystine.

$$0.5 \times 4 = 2 \text{ points.}$$

4. Lactam-lactim tautomerism is characteristic of I and III.

$$0.5 \times 2 = 1 \text{ point.}$$



XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"

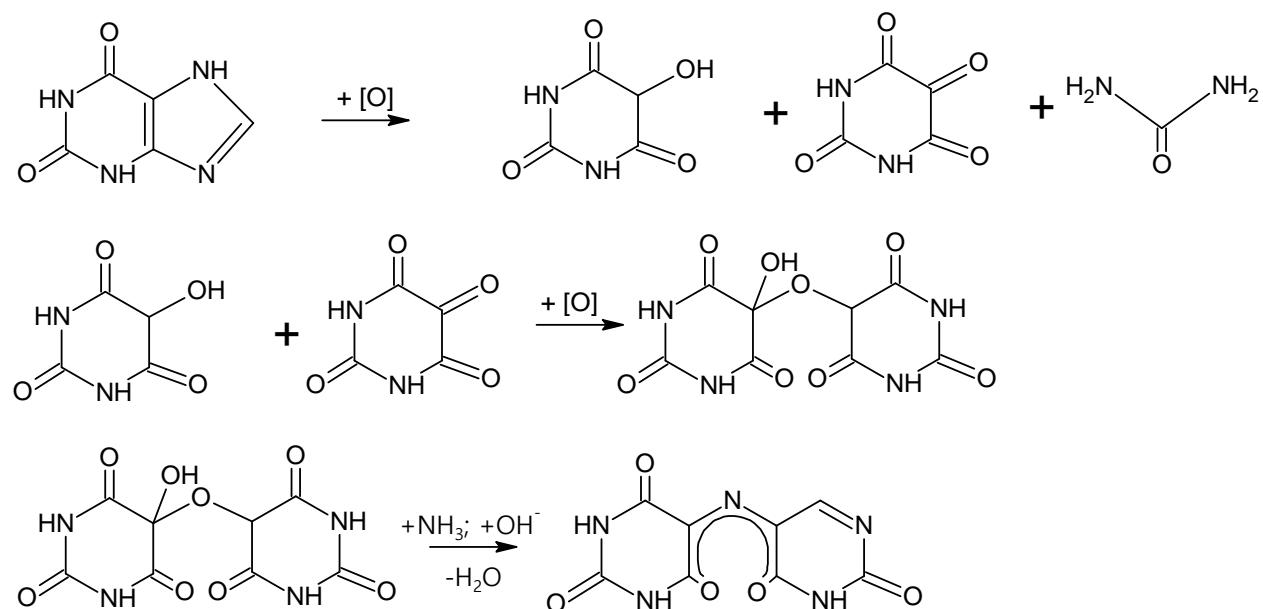
Structures - 1 point.

Types of tautomers - 1 point.

5. Compounds I and III give a positive sample.

$0.5 \times 2 = 1$ point.

6. Murexide Formation Scheme:



1 point $\times 3 = 3$ points.

7. Reaction equations:



8. Calculation of the mass of calcium oxalate monohydrate:

$$m(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 2.5 * C(\text{KMnO}_4) * V(\text{KMnO}_4) * 10 * 146 = 0.7115 \text{ g}$$

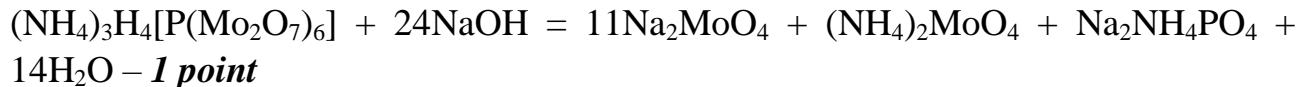
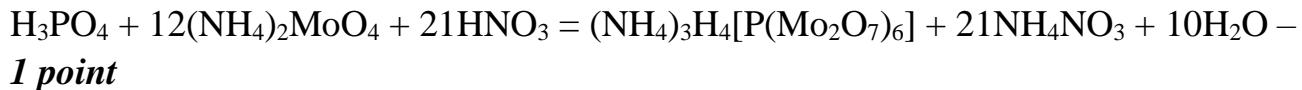
$$\omega(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 59.29\%$$

Formula - 1 point

Correct result - 1 point

**XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"**

9. Reaction equations:



10. Calculation of the amount PO_4^{3-} :

$$Q = |(x_i - x_{i+1})/(x_{\max} - x_{\min})| = 0.96$$

In the calculations, we do not consider the result with the maximum value of the volume.

$$n_{\text{exc}}(\text{NaOH}) = 2C(\text{H}_2\text{SO}_4)V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 5.53 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{PO}_4^{3-}) = [C_{\text{add}}(\text{NaOH})V_{\text{add}}(\text{NaOH}) - n_{\text{exc}}(\text{NaOH})] * 10/24 = 1.86 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$$

$$m(\text{apatite}) = M(\text{apatite}) * n(\text{PO}_4^{3-})/3 = 0.3112 \text{ g.}$$

$$\omega(\text{apatite}) = 25.93\%$$

The correct formula for calculating the amount of phosphate is 1 point

Value calculation:

- if a miss is used in the calculations - **1 point**;
- if the slip is not used in the calculations, but it is not justified by the calculations - **2 points**;
- if the slip is not used in the calculations and the calculation justification is given - **3 points**.

11. $S = 5.5 \text{ o.d.u.} * \text{min} - \textbf{1 point.}$

$\omega(\text{xanthine}) = 45\% - \textbf{2 points.}$

TOTAL: 30 points.

XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H Hydrogen 1.008																	
3 Li Lithium 6.968	4 Be Beryllium 9.012																
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.306																
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.630	33 As Arsenic 74.922	34 S Sulfur 32.068	35 Cl Chlorine 35.452	36 Ar Argon 39.948
37 Rb Rubidium 85.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium [99]	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.906	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.868	48 Cd Cadmium 112.414	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.710	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.60	53 I Iodine 126.904	54 Xe Xenon 131.293
55 Cs Cesium 132.905	56 Ba Barium 137.327	57-71 La-Lu Lanthanoids [138.905]	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.948	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.217	78 Pt Platinum 195.084	79 Au Gold 196.967	80 Hg Mercury 200.592	81 Tl Thallium 204.384	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.98	84 Po Polonium [210]	85 At Astatine [210]	86 Rn Radon [222]
87 Fr Francium [223]	88 Ra Radium [226]	89-103 Ac-Lr Actinoids [267]	104 Rf Rutherfordium [268]	105 Ds Dubnium [271]	106 Sg Seaborgium [272]	107 Bh Bohrium [273]	108 Hs Hassium [277]	109 Mt Meitnerium [276]	110 Ds Darmstadtium [281]	111 Rg Roentgenium [280]	112 Cn Copernicium [285]	113 Nh Nhonium [278]	114 Fl Flerovium [289]	115 Mc Moscovium [289]	116 Lv Livermorium [293]	117 Ts Tennessine [293]	118 Og Oganesson [294]
57-71 La-Lu Lanthanoids [138.905]	57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.116	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.242	61 Pm Promethium [145]	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.045	71 Lu Lutetium 174.967		
89-103 Ac-Lr Actinoids [227]	89 Ac Actinium [227]	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium [237]	94 Pu Plutonium [239]	95 Am Americium [243]	96 Cm Curium [247]	97 Bk Berkelium [247]	98 Cf Californium [252]	99 Es Einsteinium [252]	100 Fm Fermium [257]	101 Md Mendelevium [258]	102 No Nobelium [259]	103 Lr Lawrencium [262]		

XXX International school Olympiad in Chemistry
"TUYMAADA"

Electrochemical series

Li, Rb, K, Cs, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Be, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Pb, (H), Bi, Cu, Hg, Ag, Pd, Pt, Au

Solubility table

anion\catione	OH ⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	S ²⁻	SO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	SiO ₃ ²⁻	PO ₄ ³⁻	CH ₃ COO ⁻
H ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	P
NH ₄ ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	—	P	P
K ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Na ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Ag ⁺	—	P	P	H	H	H	H	M	H	—	H	H	P
Ba ²⁺	P	P	M	P	P	P	H	H	H	H	H	H	P
Ca ²⁺	M	P	H	P	P	M	H	M	H	H	H	H	P
Mg ²⁺	H	P	M	P	P	M	H	P	H	H	H	H	P
Zn ²⁺	H	P	M	P	P	H	P	H	P	H	—	H	P
Cu ²⁺	H	P	P	P	P	—	H	H	P	—	—	H	P
Co ²⁺	H	P	P	P	P	H	H	P	H	—	—	H	P
Hg ²⁺	—	P	—	P	M	H	H	—	P	—	—	H	P
Pb ²⁺	H	P	H	M	M	H	H	H	H	H	H	H	P
Fe ²⁺	H	P	P	P	P	H	H	P	H	H	H	H	P
Fe ³⁺	H	P	P	P	—	—	—	P	—	—	—	H	P
Al ³⁺	H	P	P	P	P	—	—	P	—	—	—	H	P
Cr ³⁺	H	P	P	P	P	—	—	P	—	—	—	H	P
Sn ²⁺	H	P	H	P	P	M	H	—	P	—	—	H	P
Mn ²⁺	H	P	P	P	P	H	H	P	H	H	H	H	P

P – soluble M – slightly soluble ($< 0,1 \text{ M}$) H – insoluble ($< 10^{-4} \text{ M}$) – compound does not exist