



48-я Международная
химическая олимпиада

Экспериментальный тур. Часть I

26 июля 2016 г.
Тбилиси, Грузия

Общие указания

- Начинайте работу только после команды START. Экспериментальный тур состоит из двух частей. На выполнение первой части отводится 100 минут (задача 1). После первой части будет сделан перерыв на 30 минут. На это время вы должны покинуть лабораторию.
- Часть I (задача 1) включает 7 страниц задания и 3 страницы листов ответов.
- Строго выполняйте правила техники безопасности, изложенные в комплекте подготовительных заданий. В случае нарушения правил техники безопасности вам будет сделано только одно замечание, при повторном нарушении вы будете дисквалифицированы с экспериментального тура.
- В лаборатории вы обязаны быть в халате и защитных очках (участникам в обычных очках защитные очки не требуются). Если вам потребуются резиновые перчатки, обратитесь к ассистенту.
- Для работы используйте только выданные ручку, маркер и калькулятор. Не пишите маркером на бумаге, используйте его только для нанесения меток и надписей на поверхности из стекла и пластика.
- Проверьте, чтобы ваш личный код (обозначен на рабочем столе) был напечатан в правом верхнем углу каждого листа ответов, а фамилия – в левом верхнем.
- Ваши ответы должны приводиться только в соответствующих местах (рамках) на листах ответов. Записи вне рамок на листах ответов оцениваться не будут. Используйте оборотную сторону листов с заданиями и листов ответов в качестве черновиков.
- На экспериментальном туре не предусмотрено использование раковины с проточной водой. Для выполнения работы вы обеспечены достаточным количеством лабораторного оборудования. Повторно использовать предполагается всего несколько сосудов (приборов). Для их повторного использования тщательно промойте их подходящим растворителем и слейте отходы в контейнер для отходов. В случае необходимости используйте ёршик. Вы можете попросить у ассистента любые дополнительные количества дистиллированной воды и бумажных салфеток без штрафа.
- Все жидкие отходы следует сливать в контейнер с надписью "LIQUID WASTE". Не бросайте мусор (бумажные салфетки, пластик) в этот контейнер. Выбрасывайте такие отходы в мусорную корзину, которая имеется в лаборатории.
- Выдача дополнительных реактивов и оборудования не предусмотрена. В случае крайней необходимости за весь экспериментальный тур (Часть I и Часть II) вы можете попросить дополнительное количество одного реактива или одну единицу оборудования без штрафных санкций. В случае повторных запросов вы будете оштрафованы на 1 балл (из 40 баллов за весь эксперимент) за каждое обращение за дополнительным реактивом или оборудованием (кроме дистиллированной воды и бумажных салфеток).

-
- Если у вас возникли вопросы по технике безопасности, вы хотите попить воды или вам нужно в туалет, поднимите руку и спросите ассистента.
 - После выполнения Части I поместите все свои листы ответов в выданный конверт и, не заклеивая, оставьте его на столе. После этого у вас уже не будет доступа к листам ответов для внесения в них изменений.
 - Вы обязаны немедленно прекратить работу после команды STOP. Задержка в выполнении этого требования может привести к аннулированию результатов вашей работы и нулевому баллу за этот этап. Не покидайте своего рабочего места до тех пор, пока не получите на это разрешение ассистента.
 - Для уточнения некоторых вопросов в тексте вы можете попросить официальную версию задания на английском языке.

Оборудование

Наименование	Количество
Оборудование для всех задач, на столе общего пользования	
Латексные перчатки различных размеров (выберите свой размер)	-
Индивидуальное оборудование для всех задач, на столе участника	
Штатив для пробирок (на 60 пробирок)	1
Бумажные салфетки (можно попросить дополнительные)	5
Перманентный маркер	1
Стеклянная палочка, 20 см	1
Пластиковая воронка, диаметр 3,5 см	1
Пластиковые стаканчики	3
Твердый пластиковый стакан	1
Индивидуальное оборудование для всех задач, в пластиковом стаканчике	
Пробки для пластиковых пробирок	22
Индивидуальное оборудование для задачи 1, на столе участника	
Штатив для пробирок для центрифугирования (на 21 пробирку)	1
Ёмкость для отходов с крышкой, 1 дм ³ , с надписью "Liquid Waste, Test 1"	1
Бумажные фильтры в пакете с zip-застёжкой	5
Индивидуальное оборудование для задачи 1, в жёстком пластиковом стакане	
Пипетки Пастера	20
Индивидуальное оборудование для задачи 1, в штативе для пробирок	
Пластиковые пробирки, 10 см ³	35

Реактивы

Название	Состояние	Концентрация	Количество	Ёмкость	Надпись
Индивидуальные реактивы для всех задач, на столе участника					
Дистиллированная вода	жидкость	-	1 дм ³	промывалка, 1 дм ³	H ₂ O dist.
Индивидуальные реактивы для задачи 1, на столе участника					
Гексан	жидкость	-	25 см ³	стеклянная бутылка с крышкой, 50 см ³	Hexane
Гидроксид натрия	водный раствор	1 М	80 см ³	тёмная пластиковая бутылка с крышкой, 125 см ³	NaOH
Азотная кислота*	водный раствор	2 М	150 см ³	стеклянная бутылка с пипеткой, 250 см ³	HNO ₃
Индивидуальные реактивы для задачи 1, в штативе на 21 пробирку					
5 исследуемых образцов	водные растворы	-	45 см ³	пробирки для центрифугирования, 50 см ³	Unknown No __
Нитрат серебра	водный раствор	0.1 М	25 см ³	пробирка для центрифугирования, 50 см ³	AgNO ₃
Сульфат алюминия	водный раствор	0.3 М	25 см ³	пробирка для центрифугирования, 50 см ³	Al ₂ (SO ₄) ₃
Нитрат бария	водный раствор	0.25 М	25 см ³	пробирка для центрифугирования, 50 см ³	Ba(NO ₃) ₂
Нитрат железа(III)	водный раствор, подкисленный HNO ₃	0.2 М	25 см ³	пробирка для центрифугирования, 50 см ³	Fe(NO ₃) ₃
Иодид калия	водный раствор	0.1 М	25 см ³	пробирка для центрифугирования, 50 см ³	KI
Иодат калия	водный раствор	0.1 М	25 см ³	пробирка для центрифугирования, 50 см ³	KIO ₃
Хлорид магния	водный раствор	0.2 М	25 см ³	пробирка для центрифугирования, 50 см ³	MgCl ₂
Карбонат натрия	водный раствор	0.2 М	25 см ³	пробирка для центрифугиро-	Na ₂ CO ₃

Фамилия:

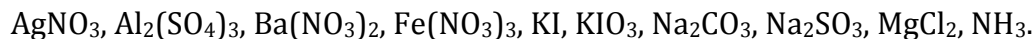
Код участника: RUS-??

				ваня, 50 см ³	
Сульфит натрия	водный раствор	0.2 М	25 см ³	пробирка для центрифугирования, 50 см ³	Na ₂ SO ₃
Аммиак*	водный раствор	1 М	25 см ³	пробирка для центрифугирования, 50 см ³	NH ₃ (aq)

* Азотная кислота и аммиак понадобятся вам в следующей задаче.

Задача 1

Вам выданы пять больших пронумерованных пробирок, в каждой из которых находится водный раствор ровно двух из следующих 10 веществ:



Каждое вещество обязательно встречается в растворах один и только один раз.

Вам также выданы гексан, водные растворы HNO_3 , NaOH и 10 водных растворов, каждый из которых содержит по одному из вышеуказанных веществ.

Для определения состава исследуемых растворов используйте пустые пробирки и любой из имеющихся растворов, включая исследуемые. В случае необходимости отделения осадков используйте воронку и фильтровальную бумагу.

Определите вещества в растворах 1-5. Для каждого вещества запишите номер раствора, в котором оно содержится (колонка «Номер исследуемого раствора» в таблице в листах ответов). Для каждого из десяти веществ выберите по два реагента из числа выданных реактивов, дающие с ним качественную реакцию, укажите в таблице их формулы и буквенные коды признака реакции (один или более). Напишите сокращенные ионные уравнения этих реакций и расставьте в них коэффициенты. По крайней мере одна из двух реакций должна быть специфической для точной идентификации соответствующего вещества в исследуемых растворах.

Внимание: После сигнала STOP закройте все пробирки для центрифугирования, содержащие исследуемые растворы, синими крышками с кодом участника и оставьте их в штативе.



48-я Международная
химическая олимпиада

Экспериментальный тур.
Часть I
Листы ответов

26 июля 2016 г.
Тбилиси, Грузия

ЗАДАЧА 1

13 баллов

7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	Сумма: 70

Начните заполнять таблицу только после того как закончите определение всех веществ. Для обозначения признаков реакции используйте следующие буквенные коды:

- А — образование белого осадка
- В — образование окрашенного осадка (красного, жёлтого, чёрного, коричневого и др.)
- С — растворение осадка
- Д — изменение окраски раствора
- Е — образование окрашенного раствора

- F — коричневый цвет органической фазы
- G — фиолетовый цвет органической фазы
- Н — выделение окрашенного газа
- I — выделение бесцветного газа без запаха
- J — выделение бесцветного газа с запахом
- К — изменение окраски осадка

Вещество	Номер исследуемого раствора	Формулы реагентов для качественного обнаружения	Буквенный код признака реакции	Сокращенное ионное уравнение реакции(ий) с коэффициентами
NH ₃				
Fe(NO ₃) ₃				
Al ₂ (SO ₄) ₃				
AgNO ₃				

Фамилия:

Code: RUS-??

Вещество	Номер исследуемого раствора	Формулы реагентов для качественного обнаружения	Буквенный код признака реакции	Сокращенное ионное уравнение реакции(ий) с коэффициентами
KIO ₃				
Na ₂ CO ₃				
MgCl ₂				
Na ₂ SO ₃				
Ba(NO ₃) ₂				
KI				

Замены:

Наименование	Количество	Подпись ассистента	Подпись участника



48-я Международная
химическая олимпиада

Экспериментальный тур. Часть II

26 июля 2016 г.
Тбилиси, Грузия

Общие указания

- Перед началом выполнения задания вам выделяется дополнительно 15 минут для чтения текста заданий Части II (задачи 2 и 3). Чтение начинайте только после команды START.
- Строго выполнять правила техники безопасности, изложенные в комплекте подготовительных заданий. В случае нарушения правил техники безопасности вам будет сделано только одно замечание, при повторном нарушении вы будете дисквалифицированы с экспериментального тура.
- В лаборатории вы обязаны быть в халате и защитных очках (участникам в обычных очках защитные очки не требуются). Если вам потребуются резиновые перчатки, обратитесь к ассистенту.
- Для работы используйте только выданные ручку, маркер и калькулятор. Не пишите маркером на бумаге, используйте его только для нанесения меток и надписей на поверхности из стекла и пластика.
- Проверьте, чтобы ваш личный код (обозначен на рабочем столе) был напечатан в правом верхнем углу каждого листа ответов, а фамилия – в левом верхнем.
- Ваши ответы должны приводиться только в соответствующих местах (рамках) на листах ответов. Записи вне рамок на листах ответов оцениваться не будут. Используйте оборотную сторону листов с заданиями и листов ответов в качестве черновиков.
- На экспериментальном туре не предусмотрено использование раковины с проточной водой. Для выполнения работы вы обеспечены достаточным количеством лабораторного оборудования. Повторно использовать предполагается всего несколько сосудов (приборов). Для их повторного использования тщательно промойте их подходящим растворителем и слейте отходы в контейнер для отходов. В случае необходимости используйте ёршик. Вы можете попросить у ассистента любые дополнительные количества дистиллированной воды и бумажных салфеток без штрафа.
- Все жидкие отходы следует сливать в контейнер с надписью "LIQUID WASTE". Не бросайте мусор (бумажные салфетки, пластик) в этот контейнер. Выбрасывайте такие отходы в мусорную корзину, которая имеется в лаборатории.
- Выдача дополнительных реактивов и оборудования не предусмотрена. В случае крайней необходимости за весь экспериментальный тур (Часть I и Часть II) вы можете попросить дополнительное количество одного реактива или одну единицу оборудования без штрафных санкций. В случае подобных повторных запросов вы будете оштрафованы на 1 балл (из 40 баллов за весь эксперимент) за каждое обращение за дополнительным реактивом или оборудованием (кроме дистиллированной воды и бумажных салфеток).
- Если у вас возникли вопросы по технике безопасности, вы хотите попить воды или вам нужно в туалет, поднимите руку и спросите ассистента.

-
- После выполнения заданий поместите все свои листы ответов в выданный конверт и, не заклеивая, оставьте его на столе.
 - Вы обязаны немедленно прекратить работу после команды STOP. Задержка в выполнении этого требования может привести к аннулированию результатов вашей работы и нулевому баллу за этот этап. Не покидайте своего рабочего места до тех пор, пока не получите на это разрешение ассистента.
 - Для уточнения некоторых вопросов в тексте вы можете попросить официальную версию задания на английском языке.

Указания к Части II

- На выполнение Части II (задачи 2 и 3) вам отводится 200 минут (без учета 15 минут на ознакомление с текстом).
- Начинайте работу с задачи 2. После этого, когда вы готовы начать выполнять задачу 3, обратитесь к ассистенту, и он выставит на ваше рабочее место реактивы и оборудование для задачи 3. При этом реактивы к задаче 2 будут убраны с вашего рабочего стола и будут вам недоступны.
- Часть II (задачи 2 и 3) содержит 13 страниц задания и 6 страниц листов ответов.
- Для нагревания пробирок с растворами попросите ассистента зажечь вашу спиртовку. На спиртовке нагревайте растворы только в стеклянных пробирках. После окончания нагревания потушите спиртовку с помощью колпачка.

Оборудование

Наименование	Количество
Индивидуальное оборудование для всех задач, на столе участника	
Штатив для пробирок (на 60 пробирок)	1
Бумажные салфетки	5
Перманентный маркер	1
Стеклянная палочка, 20 см	1
Пластиковая воронка, диаметр 3,5 см	1
Пластиковые стаканчики	3
Твердый пластиковый стакан	1
Пробки для пластиковых пробирок	22
Ёмкость для отходов с крышкой, 3 дм ³ , с надписью “Liquid Waste, Tests 2&3”	1
Индивидуальное оборудование для задачи 2, на столе участника	
Коробка с надписью “Task 2”	1
Лабораторный штатив с креплением для двух бюреток	1
Бюретка, 25,00 см ³	2
Мерная пипетка, 10,0 см ³	1
Мерная пипетка, 1,00 см ³	1
Пипетка Мора, 10,00 см ³	1
Коническая колба, 100 см ³	2
Мерный цилиндр, 10,0 см ³	2
Ёршик	1
Пластиковая воронка, диаметр 5,5 см	1
Индивидуальное оборудование для задачи 2, в коробке с надписью “Task 2”	
Пластиковые пробирки, 10 см ³	8
Резиновая груша	1
Пипетки Пастера для индикаторов	2
Индивидуальное оборудование для задачи 3 (получите у ассистента)	
Коробка с надписью “Task 3”	1
Индивидуальное оборудование для задачи 3, в коробке с надписью “Task 3”	
Пластиковые пробирки, 10 см ³	20
Спиртовка	1
Деревянный держатель для пробирок	1
Стеклянные пробирки	10
Пипетки Пастера	10
Твердый пластиковый стакан	1

Реактивы

Название	Состояние	Концентрация	Количество	Ёмкость	Надпись
Индивидуальные реактивы для задачи 2, на столе участника					
Азотная кислота	водный раствор	2 М	-*	стеклянная бутылка с пипеткой, 250 см ³	HNO ₃
Индивидуальные реактивы для задачи 2, в коробке с надписью "Task 2"					
Исследуемый образец минеральной воды	водный раствор	необходимо определить	100 см ³	стеклянная бутылка с крышкой, 100 см ³	Water sample
Фторид натрия	водный раствор	9 мг/дм ³ фторид-иона	50 см ³	стеклянная бутылка с крышкой, 50 см ³	F ⁻ , 9 mg/dm ³
Индикатор цирконил-ализарин	подкисленный водный раствор	0,055 % ZrOCl ₂ , 0,028 % ализарин красный S	10 см ³	стеклянная бутылка с крышкой, 25 см ³	Zirconyl Alizarin
Хлорид натрия	водный раствор	0,0500 М	50 см ³	стеклянная бутылка с крышкой, 50 см ³	NaCl, 0.0500 М
Додекагидрат сульфата аммония-железа(III)	подкисленный водный раствор	20 г/дм ³	10 см ³	стеклянная бутылка, 15 см ³	Fe ³⁺ ind.
Нитрат серебра	водный раствор	необходимо определить	200 см ³	тёмная стеклянная бутылка, 250 см ³	AgNO ₃
Тиоцианат аммония	водный раствор	точная концентрация приведена на этикетке	100 см ³	стеклянная бутылка с крышкой, 100 см ³	NH ₄ SCN, X.XXXX М
Хромат калия	водный раствор	10 %	5 см ³	стеклянная бутылка, 15 см ³	K ₂ CrO ₄
Индивидуальные реактивы для задачи 3, на столе участника					
Этанол	жидкость	95 %	150 см ³	стеклянная бутылка с пипеткой, 250 см ³	C ₂ H ₅ OH

Индивидуальные реактивы для задачи 3, в коробке с надписью "Task 3"					
Название	Состояние	Концентр.	Кол-во	Ёмкость	Надпись
Неизвестные органические образцы 1—8	жидкости	-	0,5 см ³	Шприцы, 2 см ³	1—8
Перманганат калия	водный раствор	0,13 %	5 см ³	тёмная стеклянная бутылка, 50 см ³	KMnO ₄
Нитрат аммония-церия (IV)	раствор в 2,0 М HNO ₃	28,6 %	5 см ³	пластиковая бутылка, 30 см ³	Ce(IV)
Ацетонитрил	жидкость	-	45 см ³	стеклянная бутылка, 50 см ³	CH ₃ CN
2,4-Динитрофенилгидразин	раствор в этаноле, подкисленный серной кислотой	3 %	20 см ³	пластиковая бутылка, 30 см ³	DNPH
Хлорид железа(III)	раствор в 0,5 М HCl	2,5 %	1 см ³	пластиковая бутылка, 30 см ³	FeCl ₃
Гидрохлорид гидроксил-амин	раствор в этаноле	0,5 М	10 см ³	пластиковая бутылка, 30 см ³	NH ₂ OH×HCl
Гидроксид натрия	водный раствор	6 М	5 см ³	пластиковая бутылка, 30 см ³	NaOH
Соляная кислота	водный раствор	1 М	25 см ³	пластиковая бутылка, 30 см ³	HCl

*В количестве, оставшемся после выполнения задачи 1.

Таблица Менделеева

1																	18
1 H 1.008	2																2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.30	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc -	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -

57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

Задача 2

Определение хлорид- и фторид-ионов в минеральной воде

Грузия всемирно известна своими минеральными водами. Многие из них используют в лечебных целях. Производители вод должны внимательно контролировать их ионный состав, в том числе и содержание фторида и хлорида.

Визуальное колориметрическое определение фторида

Метод определения фторида основан на уменьшении интенсивности окраски комплекса циркония(IV) с ализариновым красным S в присутствии фторид-ионов вследствие образования последними более устойчивого бесцветного комплекса. Равновесие устанавливается примерно через 20 минут после смешения реагентов. Концентрацию фторида определяют визуально, сравнивая цвет образовавшегося раствора с цветом калибровочных растворов.

Перенесите 9.0 см^3 минеральной воды из исследуемого образца в пластиковую пробирку с пометкой «X».

Рассчитайте, какие объемы стандартного раствора фторида с концентрацией фторид-ионов 9.0 мг/дм^3 необходимы для приготовления калибровочных растворов с концентрациями фторид-ионов: 0.0; 1.0; 2.0; 3.5; 5.0; 6.5; 8.0 мг/дм^3 (расчет - на 9.0 см^3 каждого раствора).

С помощью градуированных пипеток на 1.0 и 10.0 см^3 перенесите рассчитанные объемы стандартного раствора фторида в пробирки, затем в каждую добавьте 1.0 см^3 цирконил-ализаринового индикатора и доведите дистиллированной водой до объема 10.0 см^3 (нужная метка показана на рисунке стрелкой).



2.1.1. Запишите в листы ответов объемы стандартного раствора фторида, использованные для приготовления калибровочных растворов.

Перемешайте растворы в пробирках. Отставьте штатив с пробирками не менее чем на 20 минут.

2.1.2. Сравните цвета исследуемого и калибровочных растворов, глядя на них сбоку и сверху. Выберите концентрацию калибровочного раствора, цвет которого наиболее близок к цвету исследуемого.

Примечание: штатив с пробирками будет сфотографирован ассистентом после окончания тура.

Стандартизация раствора нитрата серебра по методу Мора

Перенесите аликвоту 10.0 см³ стандартного раствора NaCl с концентрацией 0.0500 моль/дм³ в коническую колбу с помощью пипетки Мора. Добавьте примерно 20 см³ дистиллированной воды и 10 капель 10 %-ого раствора K₂CrO₄.

Заполните бюретку раствором нитрата серебра. При интенсивном перемешивании титруйте содержимое колбы раствором нитрата серебра. Последние порции титранта следует прибавлять медленно при интенсивном перемешивании. Титрование заканчивают, когда небольшое изменение окраски, возникающее при добавлении порции титранта, не исчезает в желтой взвеси. Отметьте показания бюретки. Если нужно, повторите титрование.

- 2.2.1. Запишите объемы в листах ответов.
- 2.2.2. Напишите уравнения с коэффициентами для реакции, происходящей при титровании раствора NaCl раствором AgNO₃, и реакции, используемой для определения конечной точки титрования.
- 2.2.3. Рассчитайте молярную концентрацию раствора AgNO₃.
- 2.2.4. Титрование по методу Мора необходимо проводить в нейтральной среде. Запишите уравнения побочных реакций, происходящих при более низких и более высоких pH.

Определение хлорида методом Фольгарда

Промойте пипетку Мора дистиллированной водой. Промойте конические колбы сначала небольшим количеством раствора аммиака, оставшегося после задачи 1, чтобы смыть осадок соли серебра, а затем дистиллированной водой. (Если при выполнении первой задачи раствор аммиака закончился, вы можете попросить еще без штрафа.)

Перенесите аликвоту 10.0 см³ минеральной воды в коническую колбу с помощью пипетки Мора. С помощью мерного цилиндра добавьте 5 см³ 2 М азотной кислоты. Добавьте из бюретки 20.00 см³ раствора нитрата серебра и тщательно перемешайте получившуюся взвесь. Добавьте примерно 2 см³ раствора индикатора (Fe³⁺) пипеткой Пастера.

Заполните вторую бюретку стандартным раствором тиоцианата аммония (точную концентрацию см. на этикетке). Титруйте взвесь этим раствором при интенсивном перемешивании. В конечной точке титрования добавление одной капли титранта приводит к появлению бледно-коричневого окрашивания, которое не исчезает даже при интенсивном перемешивании. Запишите показания бюретки. При необходимости повторите титрование.

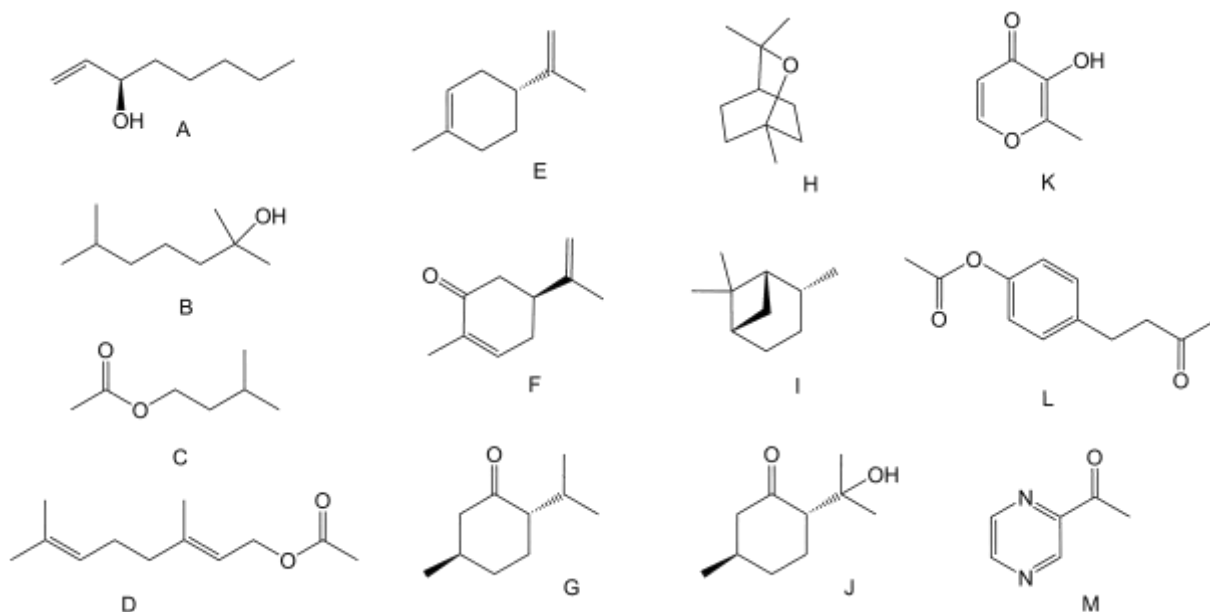
Примечание. Осадок AgCl может обмениваться ионами Cl⁻ с ионами SCN⁻ из раствора. Если Вы титруете слишком медленно или с перерывами, то коричневое окрашивание со временем пропадает и вам потребуется больше титранта. Следовательно, вблизи конечной точки вы должны добавлять титрант с постоянной невысокой скоростью, при постоянном интенсивном перемешивании так, чтобы взвесь оставалась белой. Появление бледно-коричневого окрашивания означает достижение конечной точки титрования.

- 2.3.1. Запишите объемы растворов, использованных для титрования, в листы ответов.
- 2.3.2. Запишите уравнение реакции, происходящей при обратном титровании раствором NH₄SCN, и уравнение реакции, используемой для определения конечной точки титрования.
- 2.3.3. Рассчитайте концентрацию хлорид-ионов (в мг/дм³) в исследуемом вами растворе по данным ваших измерений.
- 2.3.4. Если кроме хлорид-ионов в растворе также присутствуют ионы Br⁻, I⁻ и F⁻, то какие из них повлияют на результат титрования по Фольгарду?
- 2.3.5. При определении концентрации ионов Cl⁻ в присутствии других галогенидов экспериментатор добавил к раствору иодат калия и серную кислоту и прокипятил раствор. Затем он восстановил избыток иодата до иода путем кипячения раствора с фосфористой кислотой H₃PO₃. Какие мешающие анионы были удалены в результате этой процедуры? Напишите уравнения реакций иодата с этими ионами.

Задача 3

Определяя ароматы

Местная кухня является одной из многочисленных достопримечательностей Грузии. Отличное мясо, свежие овощи, фрукты и зелень... Что еще нужно чтобы угостить настоящим гурманам? Уникальные ароматы!



В вашем распоряжении 8 образцов органических соединений (помеченных цифрами от 1 до 8), которые широко используются в качестве ароматических добавок. Все образцы являются чистыми индивидуальными соединениями. Их возможные структуры, обозначенные **A—M**, изображены на рисунке выше.

Все выданные вам соединения хорошо растворимы в эфире и не растворимы в разбавленных водных растворах NaOH и HCl. Почти все эти соединения нерастворимы в воде. Исключение составляет только малорастворимое (3,5 г/дм³) соединение № 6.

- 3.1.** Проведите описанные ниже тестовые реакции для того, чтобы идентифицировать соединения **1—8** и заполните таблицу в листах ответов. Для каждого вещества и каждого теста поставьте «+», если тест положительный и «-», если отрицательный. Для каждого вещества и каждого теста обозначьте наблюдаемый результат соответствующей римской цифрой (цифрами) из листов ответов. Заполните каждую клетку в таблице.
- 3.2.** По результатов тестов и вышеприведенной информации идентифицируйте выданные соединения. Запишите соответствующие буквы (**A – M**) в листе ответов.

Методики проведения тестов

Тест с KMnO_4 (тест Байера)

Поместите примерно 1 см^3 95 %-ого этилового спирта в пластиковую пробирку и добавьте 1 каплю исследуемого вещества. Добавьте 1 каплю раствора KMnO_4 и встряхните пробирку для перемешивания раствора. Считайте результат теста положительным в случае немедленного исчезновения окраски перманганата после перемешивания.

3.3. Приведите схему реакции при положительном тесте Байера для одного из веществ А—М.

Тест с нитратом церия(IV)

Поместите 2 капли реагента на основе **церия(IV)** в стеклянную пробирку. Добавьте 2 капли ацетонитрила, а после этого — 2 капли исследуемого раствора (порядок добавления важен!). Встряхните пробирку для перемешивания раствора. Считайте результат теста положительным в случае быстрого изменения цвета смеси с желтого на оранжево-красный. После окончания теста закройте пробирки пробками для предотвращения неприятного запаха.

Примечание 1. Используйте только стеклянные пробирки для проведения теста. В случае если вам необходимо помыть пробирку, внимательно выберите подходящий растворитель.

Примечание 2. Для правильной интерпретации результатов теста рекомендуется сравнение с холостым (без исследуемого вещества) и контрольным (с этанолом) тестами.

Примечание 3. Первоначальное яркое окрашивание раствора обусловлено образованием координационного соединения церия(IV) со спиртами. Комплексы, образованные первичными и вторичными спиртами, испытывают дальнейшие превращения (за время от 15 секунд до 1 часа) с исчезновением окраски.

Тест с 2,4-динитрофенилгидразином (2,4-DNPH)

Налейте 1 см^3 95%-ного раствора этанола в пластиковую пробирку и добавьте туда только одну каплю исследуемого вещества. Затем к полученному раствору прибавьте 1 см^3 раствора DNPH. Встряхните пробирку для перемешивания раствора и оставьте на 1-2 мин. Считайте результат теста положительным в случае появления осадка желтого или красно-оранжевого цвета.

3.4. Приведите схему реакции при положительном тесте с 2,4-DNPH для одного из веществ А—М.

Тест с гидроксаматом Fe(III).

Попросите ассистента зажечь вашу спиртовку. Смешайте в стеклянной пробирке 1 см³ этанольного раствора гидроксиламина гидрохлорида (концентрация 0,5 моль/дм³) и 5 капель водного раствора гидроксида натрия (концентрация 6 моль/дм³). Добавьте туда же 1 каплю исследуемого вещества и нагрейте реакционную смесь на спиртовке до кипения, аккуратно перемешивая ее во избежание разбрызгивания. Дайте реакционной смеси немного охладиться и добавьте туда же 2 см³ раствора HCl. Затем добавьте одну каплю 2,5%-ого раствора хлорида железа(III). Считайте результат теста положительным в случае появления пурпурной окраски. После окончания теста закрывайте спиртовку колпачком, а пробирки – пробками для предотвращения неприятного запаха.

Примечание 1. Используйте только стеклянные пробирки для проведения этого теста. Для нагревания реакционной смеси используйте деревянный держатель для пробирок. Если вам нужно вымыть стеклянную пробирку, используйте подходящий растворитель.

Примечание 2. Ионы Fe(III) образуют окрашенный комплекс с гидроксамовыми кислотами (R-CO-NHOH) в мольном соотношении 1:1.

3.5. Приведите схему реакции при положительном тесте с гидроксаматом Fe(III) для одного из веществ **A—M**.

Примечание: После команды СТОП присоедините соответствующие иглы к шприцам с неизвестными веществами, сложите их в пластиковый стакан и оставьте на столе.



48-я Международная
химическая олимпиада

Экспериментальный тур.
Часть II
Листы ответов

26 июля 2016 г.
Тбилиси, Грузия

Задача 2

14 баллов

2.1.1	2.1.2	2.2.1	2.2.2	2.2.3	2.2.4	2.3.1	2.3.2	2.3.3	2.3.4	2.3.5	Сумма
2	15	30	2	2	2	30	2	4	2	4	95

2.1.1. Запишите объемы стандартного раствора фторида, использованные для приготовления калибровочных растворов.

Концентрация F ⁻ (мг/дм ³)	0.0	1.0	2.0	3.5	5.0	6.5	8.0
Расчетный объем раствора F ⁻ (см ³)							

2.1.2. Обведите кружочком концентрацию калибровочного раствора, цвет которого наиболее близок к цвету исследуемого раствора.

Концентрация F ⁻ (мг/дм ³)	0.0	1.0	2.0	3.5	5.0	6.5	8.0
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

2.2.1. Запишите объемы растворов, использованных для титрования.

Номер титрования	1	2				
Начальный объем в бюретке, см ³						
Конечный объем в бюретке, см ³						
Израсходованный объем, см ³						

Принятый вами для расчётов объем, V₁: _____ см³

2.2.2. Напишите уравнение химической реакции, происходящей при титровании NaCl раствором AgNO₃, и уравнение реакции, используемой для определения конечной точки титрования.

Уравнение реакции при титровании:

Уравнение реакции в конечной точке:

2.2.3. Рассчитайте молярную концентрацию раствора AgNO_3 по данным ваших измерений.

Расчет:

$c(\text{Ag}^+)$: М

2.2.4. Титрование по Мору необходимо проводить в нейтральной среде. Запишите уравнения побочных реакций, происходящих при более низких и более высоких pH.

Низкие pH:

Высокие pH:

2.3.1. Запишите объемы растворов, использованных для титрования.

Номер титрования	1	2				
Начальный объем в бюретке, cm^3						
Конечный объем в бюретке, cm^3						
Израсходованный объем, cm^3						
Принятый Вами для расчётов объем, V_2 :		см ³				

2.3.2. Запишите уравнение реакции, происходящей при обратном титровании раствором NH_4SCN , и уравнение реакции, используемой для определения конечной точки титрования.

Уравнение реакции при титровании:

Уравнение реакции в конечной точке:

2.3.3. Рассчитайте концентрацию хлорид-ионов (в мг/дм^3) в исследуемом вами растворе по данным ваших измерений.

Расчет:

$c(\text{Cl}^-)$: мг/дм^3

2.3.4. Если кроме хлорид-ионов в растворе также присутствуют ионы Br^- , I^- и F^- , то какие из них повлияют на результат титрования по Фольгарду? Отметьте галочкой необходимый квадратик (необходимые квадратики).

Br^- I^- F^- никакие

2.3.5. При определении концентрации ионов Cl^- в присутствии других галогенидов экспериментатор добавил к раствору иодат калия и серную кислоту и прокипятил раствор. Затем он восстановил избыток иодата до иода путем кипячения раствора с фосфористой кислотой H_3PO_3 . Отметьте галочкой, какие мешающие анионы были удалены в результате этой процедуры.

Br^- I^- F^- никакие

Напишите уравнения реакций иодата с этими ионами.

Замены:

Наименование	Количество	Подпись лаборанта	Подпись участника

Задача 3

13 баллов

3.1.	3.2.	3.3.	3.4.	3.5.	Сумма
32	16	4	4	4	60

3.1. Для каждого вещества и каждого теста поставьте «+», если тест положительный и «-», если отрицательный. Для каждого вещества и каждого теста обозначьте наблюдаемый результат соответствующей римской цифрой (цифрами) из листов ответов. Заполните каждую клетку в таблице.

I — немедленное исчезновение фиолетовой окраски

II — медленное исчезновение фиолетовой окраски

III — исчезновение желтой окраски

IV — образование коричневого или черного осадка

V — образование белого осадка

VI — образование желтого или оранжево-красного осадка

VII — появление оранжевой или красной окраски раствора

VIII — появление пурпурной окраски

IX — неизвестное соединение нерастворимо в этаноле

X — без видимых изменений

Номер образца	1	2	3	4	5	6	7	8
Результаты теста Байера (+/-)								
Видимые изменения в тесте Байера (I-X)								
Результаты теста с нитратом Ce(IV) (+/-)								
Видимые изменения в тесте с нитратом Ce(IV) (I-X)								
Результаты теста с 2,4-DNPH (+/-)								
Видимые изменения в тесте с 2,4-DNPH (I-X)								
Результаты теста с гидроксаматом Fe(III) (+/-)								
Видимые изменения в тесте с гидроксаматом Fe(III) (I-X)								

3.2. По результатов тестов и вышеприведенной информации идентифицируйте выданные соединения. Запишите соответствующие буквы (A – M).

Номер образца	1	2	3	4	5	6	7	8
Буква структуры								

3.3. Приведите схему реакции при положительном тесте Байера для одного из веществ **A—M**.

3.4. Приведите схему реакции при положительном тесте с 2,4-DNPH для одного из веществ **A—M**.

3.5. Приведите схему реакции при положительном тесте с гидроксаматом Fe(III) для одного из веществ **A—M**.