

19 – 29 июля 2018  
Братислава, СЛОВАКИЯ  
Прага, ЧЕХИЯ

---

[www.50icho.eu](http://www.50icho.eu)

## ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР

Страна:	RUSSIA
Фамилия (как в паспорте):	
Код участника:	RUS-1
Язык:	Русский



## 50<sup>ая</sup> МХО 2018

Международная химическая олимпиада  
СЛОВАКИЯ & ЧЕХИЯ

[НАЗАД К ИСТОКАМ](#)

[ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ](#)



- Данный комплект содержит 30 страниц.
- Перед началом работы у Вас будет дополнительно 15 минут, чтобы прочитать комплект. **В это время категорически запрещается начинать работу, что-либо писать или считать. Любое нарушение повлечет дисквалификацию.**
- Начинайте работу после команды «Старт» («**Start**»).
- Время тура – **5 часов**.
- Вы можете выполнять задачи в любом порядке, однако мы рекомендуем начать работу с задачи 1.
- Все результаты и ответы должны быть аккуратно записаны **ручкой в специально отведенные для этого ячейки**. Ответы, записанные в любом другом месте, оцениваться не будут.
- Не записывайте ответы карандашом или маркером. Используйте только выданные Вам ручку и калькулятор.
- Вам выдано 3 листа для черновиков. Если Вам требуются дополнительные место для черновиков, используйте оборотные стороны листов данного комплекта. **Помните, что черновики оцениваться не будут.**
- Вы можете попросить **официальную английскую версию** только для уточнения текста.
- Если Вам требуется покинуть лабораторию (выйти в туалет или попить воды), обратитесь к вашему лаборанту.
- **Вы должны следовать требованиям техники безопасности**, изложенным в правилах МХО. Если Вы нарушите правила техники безопасности, Вам будет вынесено лишь одно предупреждение. В случае повторного нарушения Вас удалят из лаборатории, и Вы получите 0 баллов за экспериментальный тур.
- Заменить или получить дополнительное количество лабораторной посуды и реактивов без штрафа можно только один раз. Любая последующая замена или получение дополнительных реактивов приведет к штрафу в 1 балл из 40 за практический тур.
- Лаборант сделает объявление за 30 минут до конца тура.
- Вы должны немедленно прекратить работать после того, как прозвучит команда «Стоп» («**Stop**»). Если Вы не прекратите работать или писать в течение одной минуты, ваш результат за практический тур будет аннулирован.
- После того, как прозвучит команда «Стоп» («**Stop**»), к Вам подойдет лаборант и распишется на вашем комплекте. Также распишитесь на комплекте, вложите его в конверт и сдайте вместе с вашими продуктами и пластинками ТСХ.



## Правила техники безопасности

- Во время пребывания в лаборатории Вы должны быть в застегнутом халате и закрытой обуви.
- Работайте только в защитных или собственных очках.
- В лаборатории запрещается пить воду, принимать пищу или употреблять жвачку.
- Работайте только на отведенном вам пространстве. Поддерживайте чистоту на рабочем столе и в местах общего пользования.
- Запрещается проводить посторонние, а также модифицировать предложенные эксперименты.
- Не заполняйте пипетки ртом. Используйте для этого грушу.
- Незамедлительно убирайте разбитую посуду и разлитые жидкости с пола и вашего рабочего места.
- Все отходы следует утилизировать согласно инструкциям. Безопасные водорастворимые отходы сливайте в раковину. Прочие отходы помещайте в специальные закрывающиеся контейнеры.



## Definition of GHS hazard statements

The GHS hazard statements (H-phrases) associated with the materials used are indicated in the problems. Their meanings are as follows.

### Physical hazards

- H225 Highly flammable liquid and vapour.
- H226 Flammable liquid and vapour.
- H228 Flammable solid.
- H271 May cause fire or explosion; strong oxidizer.
- H272 May intensify fire; oxidizer.
- H290 May be corrosive to metals.

### Health hazards

- H301 Toxic if swallowed.
- H302 Harmful if swallowed.
- H304 May be fatal if swallowed and enters airways.
- H311 Toxic in contact with skin.
- H312 Harmful in contact with skin.
- H314 Causes severe skin burns and eye damage.
- H315 Causes skin irritation.
- H317 May cause an allergic skin reaction.
- H318 Causes serious eye damage.
- H319 Causes serious eye irritation.
- H331 Toxic if inhaled.
- H332 Harmful if inhaled.
- H333 May be harmful if inhaled.
- H334 May cause allergy or asthma symptoms or breathing difficulties if inhaled.
- H335 May cause respiratory irritation.
- H336 May cause drowsiness or dizziness.
- H351 Suspected of causing cancer.
- H361 Suspected of damaging fertility or the unborn child.
- H371 May cause damage to organs.
- H372 Causes damage to organs through prolonged or repeated exposure.
- H373 May cause damage to organs through prolonged or repeated exposure.

### Environmental hazards

- H400 Very toxic to aquatic life.
- H402 Harmful to aquatic life.
- H410 Very toxic to aquatic life with long lasting effects.
- H411 Toxic to aquatic life with long lasting effects.
- H412 Harmful to aquatic life with long lasting effects.



## Реактивы

### Для всех задач

Реактивы	Надпись	GHS hazard statements <sup>1</sup>
Деионизированная вода в: промывалке (на рабочем столе) пластиковой бутылке (на рабочем столе) пластиковой канистре (в вытяжном шкафу)	Water	Безопасно

### Для задачи 1 (в белой корзинке, если не указано иное)

Реактивы	Надпись на посуде	GHS hazard statements <sup>1</sup>
Этанол, Промывалка на 100 см <sup>3</sup> (на рабочем столе)	Ethanol	H225, H319
2-Ацетонафтон: ~ 0.002 г в стеклянном пузырьке, стандарт для ТСХ 0.500 г в стеклянном пузырьке	Standard A	H302, H315, H319, H335, H411
	Reactant A	
2,4-Динитрофенилгидразин, содержащий 33% (массовых) воды, 0.300 г в стеклянном пузырьке	DNPH	H228, H302
Раствор гипохлорита, содержащий 4.7% NaClO, 13.5 см <sup>3</sup> в баночке из темного стекла	Bleach	H290, H314, H400
Этилацетат, 15 см <sup>3</sup> в баночке из темного стекла	EtOAc	H225, H319, H336
Элюент для ТСХ, гексан / этилацетат 4:1 (объемные), 5 см <sup>3</sup> в баночке из темного стекла	TLC eluent	H225, H304, H315, H336, H411 <sup>2</sup>
5% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , водный раствор, 20 см <sup>3</sup> в пластиковой бутылке	5% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	H319
20% HCl, водный раствор, 15 см <sup>3</sup> в пластиковой бутылке	20% HCl	H290, H314, H319, H335 и другие

### Для Задачи P2 (в зеленой корзинке)

Реактив	Надпись на посуде	Класс опасности GHS <sup>1</sup>
8 ммоль дм <sup>-3</sup> раствор люминола в 0.4 моль дм <sup>-3</sup> водном растворе NaOH, 50 см <sup>3</sup> в пластиковой бутылке	Luminol in NaOH	H290, H315, H319
2.00 ммоль дм <sup>-3</sup> водный раствор CuSO <sub>4</sub> , 25 см <sup>3</sup> в пластиковой бутылочке	Cu	Не опасен
2.00 моль дм <sup>-3</sup> водный раствор H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , 12 см <sup>3</sup> в пластиковой бутылочке	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> conc.	H302, H315, H318
0.100 моль дм <sup>-3</sup> водный раствор гидрохлорида цистеина, 12 см <sup>3</sup> в пластиковой бутылочке	Cys conc.	Не опасен
Вода, 50 см <sup>3</sup> в пластиковой бутылке	Water	Не опасен

<sup>1</sup> See page 3 for the definition of the GHS hazard statements.

<sup>2</sup> The GHS hazard statements for hexanes.



Для Задачи Р3 (в серой корзинке, если не указано иное)

Реактивы	Надпись на посуде	Информация об опасности GHS <sup>1</sup>
Образец минеральной воды, 400 см <sup>3</sup> в пластиковой бутылке (на столе)	Sample	Безопасное
3 моль дм <sup>-3</sup> NH <sub>4</sub> Cl / 3 моль дм <sup>-3</sup> NH <sub>3</sub> раствор в воде, 15 см <sup>3</sup> в пластиковой бутылочке	Buffer	H302, H319, H314, H400
NaCl, твердый, 10 г в пластиковой бутылочке	NaCl	H319
Эриохром черный Т, индикаторная смесь в пластиковой бутылочке	EBT	H319
Бромтимоловый синий, раствор индикатора в пластиковой бутылочке	BTB	H302, H315, H319
5.965 × 10 <sup>-3</sup> моль дм <sup>-3</sup> динатрий этилендиамин тетраацетат, стандартный раствор, 200 см <sup>3</sup> в пластиковой бутылочке (на столе)	EDTA	H302, H315, H319, H335
0.2660 моль дм <sup>-3</sup> NaOH, стандартный раствор, 250 см <sup>3</sup> в пластиковой бутылочке (на столе)	NaOH	H314
Сильнокислотная катионообменная смола, в H <sup>+</sup> -форме, 50 см <sup>3</sup> набухшей смолы, отмытой деионизированной водой, в пластиковой бутылочке	Catex	H319

## Оборудование

Для всех задач (на полке, если не указано иное)

Общее оборудование	Количество
Бумажные салфетки	1 коробка для 2–4-х чел.
Корзинка для отходов бумаги (на столе, возле раковины)	1 для 4-х чел.
Защитные перчатки (под тягой)	1 коробка на лабораторию
Персональное оборудование	
Защитные очки	1
Штатив для пипеток (на столе)	1
Груша для заполнения пипеток	1
Стеклянный стакан, 100 см <sup>3</sup> , содержащий: стеклянную палочку, пластиковую ложку, металлический шпатель, пинцет, маркер, карандаш, линейку	По 1 каждого



Для задачи 1 (в белой корзинке, если не указано иное)

Оборудование общего пользования	Количество
УФ лампа (под тягой)	1 на 12 чел.
Источник вакуума (вакуумный шланг с пластиковым запорным краном, на рабочем столе)	1 на 2 чел.
Персональное оборудование	
Магнитная мешалка с нагревом (на рабочем столе) и: Термопара, Стеклянная чашка для бани, со скрепкой	1 (каждая)
Штатив (на рабочем столе) и: Муфта с маленькой лапкой Муфта с большой лапкой	1 (каждая)
<b>Органические сливы (Organic waste)</b> , пластиковая бутылка (на рабочем столе)	1
Открытое металлическое кольцо	1
Круглодонная колба, 50 см <sup>3</sup> , с магнитным якорем	1
Мерный цилиндр, 10 см <sup>3</sup>	1
Обратный холодильник	1
Делительная воронка, 100 см <sup>3</sup> , с пробкой	1
Коническая колба без шлифа, 50 см <sup>3</sup>	1
Коническая колба без шлифа, 25 см <sup>3</sup>	1
Коническая колба со шлифом, 50 см <sup>3</sup>	1
Стеклянная воронка	1
Колба Бунзена, 100 см <sup>3</sup>	1
Резиновый уплотнитель для фильтра	1
Стеклянный фильтр с пористостью <b>S2</b> (белый кружочек)	1
Стеклянный фильтр с пористостью <b>S3</b> (оранжевый кружочек)	1
Стеклянный стакан, 50 см <sup>3</sup> , с чашкой Петри	1
Стеклянный стакан, 150 см <sup>3</sup>	1
Градуированные капилляры для ТСХ, 5 мкл	3
Полиэтиленовый пакет с застежкой с 5 полосками индикаторной бумаги и одной шкалой pH	1
Полиэтиленовый пакет с застежкой с 2 пластинками для ТСХ	1
Стеклянные пипетки Пастера	4
Резиновая груша	1
Стеклянная баночка <b>Student code B</b> для продукта галоформной реакции	1
Стеклянная баночка <b>Student code C</b> для продукта реакции с реагентом Брейди	1



### Для Задачи P2 (в зеленой корзине, если не указано иное)

Персональное оборудование	Количество
Секундомер	1
Цифровой термометр и бумажка с его калибровочной постоянной	1
Мерная колба, 50 см <sup>3</sup>	1
Пипетка Мора, 5 см <sup>3</sup> (на столе, в штативе для пипеток)	1
Градуированная пипетка, 5 см <sup>3</sup> (на столе, в штативе для пипеток)	3
Градуированная пипетка, 1 см <sup>3</sup> (на столе, в штативе для пипеток)	2
Пластиковая бутылка с надписью <b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dil.</b> для разбавленного водного раствора H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , 50 см <sup>3</sup>	1
Пластиковая бутылка с надписью <b>Cys dil.</b> для разбавленного водного раствора цистеин-НСl, 50 см <sup>3</sup>	1
Черная пластиковая пробирка, 15 см <sup>3</sup>	1
Пробирка Эппендорфа открытая, 1.5 см <sup>3</sup>	1
Пластиковый стакан, 25 см <sup>3</sup>	1
Коническая колба, 100 см <sup>3</sup>	1

### Для задачи P3 (в серой корзинке, если не указано иное)

Персональное оборудование	Количество
Лабораторный штатив (на столе) с: Листом белой бумаги Зажимом для бюретки Бюреткой, 25 см <sup>3</sup>	1 (каждого)
Пипетка Мора, 50 см <sup>3</sup> (на столе, в штативе для пипеток)	1
Пипетка Мора, 10 см <sup>3</sup> (на столе, в штативе для пипеток)	1
Стеклянная воронка	1
Мерный цилиндр, 5 см <sup>3</sup>	1
Колба для титрования (плоскодонная колба), 250 см <sup>3</sup>	2
Коническая колба, 250 см <sup>3</sup>	1
Стеклянный фильтр Шотта, пористость <b>S1</b> (с синим кружочком)	1
Стеклянный стакан, 100 см <sup>3</sup>	2
Стеклянный стакан, 250 см <sup>3</sup>	1
Пластиковая пипетка Пастера, маленькая, неградуированная	2
Пластиковая пипетка Пастера, большая, градуированная	1
Пакет с застежкой, содержащий 5 полосок индикаторной бумаги и одну шкалу рН	1





Пакет с застежкой, содержащий 5 полосок промокательной бумаги	1
Пластиковая бутылка для отходов ионообменной смолы <b>Waste catex</b> (на столе)	1

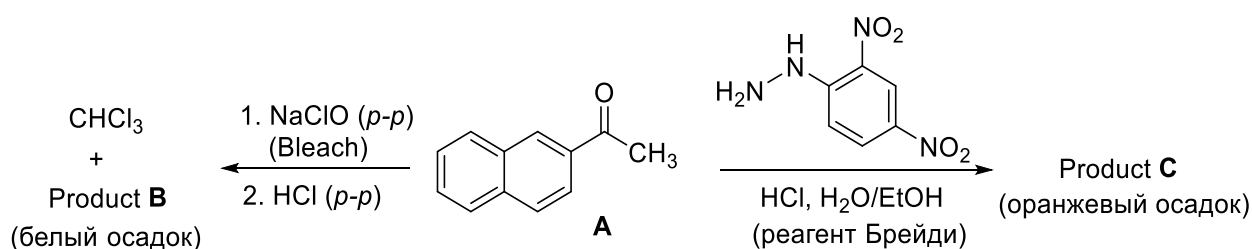


Практическая задача Р1  14 баллов	Вопрос	1.1	1.2	выход	т.пл.	Всего
	Очки	4	16	20	10	<b>50</b>
	Результат					

## Задача Р1. Галоформная реакция с гипохлоритом

Качественные химические реакции широко используются для определения функциональных групп в органических соединениях. В этой задаче, используя (2-нафтил)этанон (**A**, 2-ацетонафтон), вы изучите два примера препаративного использования таких реакций:

- Галоформную реакцию – превращение, типичное для метилкетонов, которые реагируют со щелочными растворами гипогалогенитов с образованием карбоновых кислот (продукт **B**) и галоформа (тригалогенметана).
- Реакцию с реагентом Брэйди (подкисленный раствор 2,4-динитрофенилгидразина), который, реагируя с карбонильными группами альдегидов и кетонов, образует оранжевые осадки гидразонов (продукт **C**).



Р1.1 Нарисуйте структуры продуктов **B** и **C**.

Продукт <b>B</b>	Продукт <b>C</b>
------------------	------------------

### Примечания:

- Баллы будут выставляться на основании значений  $R_f$  соединений **A** и **B**, рассчитанных по хроматограмме 1 (TLC plate 1), и на основании выхода и чистоты продуктов **B** и **C**.
- Чистота ваших продуктов будет определяться методом ТСХ и методом измерения температуры плавления.



- Количества выданного вам раствора гипохлорита недостаточно для превращения всего соединения **A** в продукт **B**. Вы должны будете выделить остаток реагента **A** при помощи кислотно-основной экстракции и превратить его в гидразон **C**. Оцениваться будет суммарный выход соединений **B** и **C**.

## Методика

### I. Галоформная реакция

1. Включите магнитную мешалку и установите на ней скорость вращения на 540 об/мин. Погрузите термopару, положив провод на верхнюю лапку, на дно водяной бани и установите нагрев на 80 °C.
2. Перенесите 0.500 г 2-ацетонафта из баночки, обозначенной **Reactant A**, в круглодонную колбу на 50 см<sup>3</sup>, в которой находится магнитный якорь. Наберите 3 см<sup>3</sup> этанола (из промывалки) в мерный цилиндр и с его помощью количественно перенесите **Reactant A** в круглодонную колбу, используя стеклянную пипетку Пастера.
3. Поместите круглодонную колбу в нагретую водяную баню. Присоедините обратный воздушный холодильник (не подсоединяйте воду) и аккуратно закрепите его верхнюю часть большим зажимом, как показано на рисунке 1. Дождитесь полного растворения вещества **A** при перемешивании.

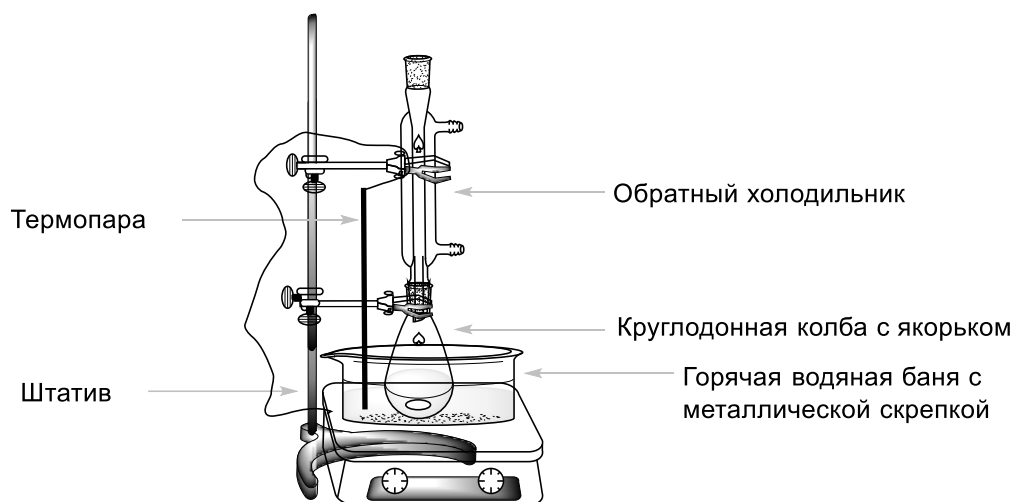


Рис. 1. Установка для нагревания реакционной смеси на водяной бане

4. Когда температура бани достигнет 75 °C, медленно прибавьте весь раствор NaClO (**Bleach**) к реакционной смеси через верхнее отверстие обратного холодильника, используя маленькую стеклянную воронку. Продолжайте нагревать реакционную смесь в течение 60 минут при температуре 75 – 80 °C.
5. Затем выключите нагрев на магнитной мешалке. Ослабьте зажим на верхней лапке и поднимите колбу с реакционной смесью так, чтобы она оказалась выше водяной бани. (ВНИМАНИЕ! Не прикасайтесь к колбе. Она горячая!) Оставьте реакционную смесь остывать на 15 минут.



## II. Обработка реакционной смеси

1. Поместите делительную воронку в металлическое кольцо и разместите под ней коническую колбу без шлифа на 50 см<sup>3</sup>. Перелейте охлажденную реакционную смесь в делительную воронку с помощью стеклянной воронки. Из стеклянной воронки извлеките магнитный якорек пинцетом. Отмерьте 5 см<sup>3</sup> этилацетата (**EtOAc**) и промойте им реакционную колбу. Перенесите эти смывы в делительную воронку с использованием пипетки Пастера.
2. Выполнение экстракции. Подождите, пока два слоя разделятся. Соберите водный слой в коническую колбу без шлифа на 50 см<sup>3</sup>. Используя маленькую стеклянную воронку, перелейте органический слой через верхний шлиф в коническую колбу на 25 см<sup>3</sup>. Сохраните обе фазы!
3. Перенесите водный слой из конической колбы на 50 см<sup>3</sup> в делительную воронку, используя маленькую воронку. Отмерьте еще 5 см<sup>3</sup> этилацетата и повторите экстракцию (шаг No. II.2). Объедините органические фазы в конической колбе на 25 см<sup>3</sup>. Сохраните обе фазы!
4. Выполнение ТСХ. Проверьте пластинку ТСХ перед ее использованием. Поцарапанные неиспользованные пластинки можно заменить без штрафа. Нанесите карандашом на пластинку линию старта и точки нанесения пятен образцов. Напишите номер 1 в кружочке и свой код участника вверху пластинки как это показано на Рисунке 2. Растворите выданный вам образец 2-ацетонафтона в бутылочке (**Standard A**) в ~2 см<sup>3</sup> этанола (приблизительно одна полная стеклянная пипетка Пастера). Отметьте три стартовых места для пятен как **A**, **O1**, и **O2**. Нанесите по 1 мкл (одно деление в капилляре на 5 мкл) стандарта **A** и органической фазы из шага II.3 (**O1**). Пятно **O2** вы нанесете позже.

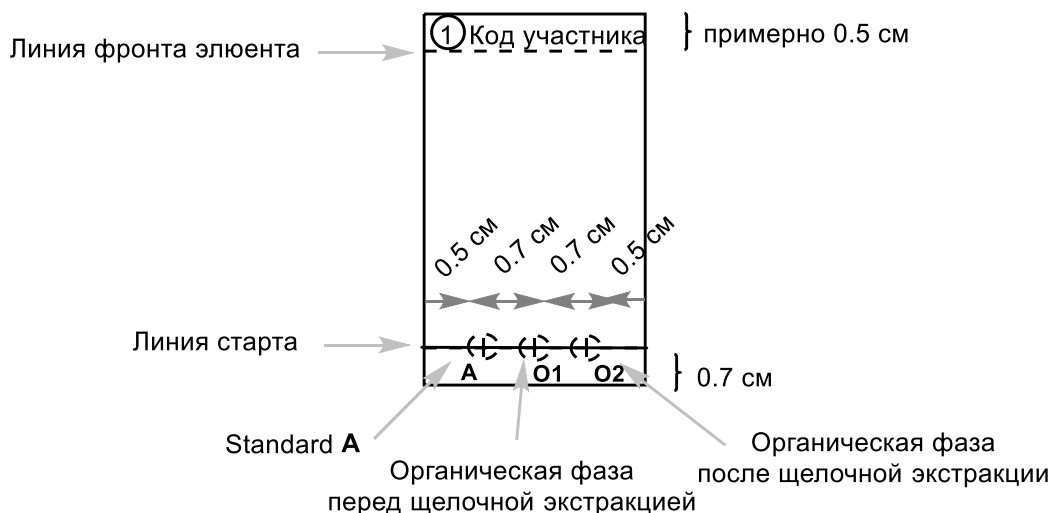


Рис. 2. Разметка пластинки ТСХ

5. Проведите экстракцию объединенной органической фазы дважды 5 см<sup>3</sup> 5% раствора Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Соберите водную фазу в ту же коническую колбу без шлифа на 50 см<sup>3</sup>, куда ранее собирали водную фазу после первой экстракции.
6. Промойте органическую фазу в воронке 5 см<sup>3</sup> деионизированной воды. Добавьте водную фазу к объединенным водным экстрактам. Перелейте органическую фазу (**O2**) через верхний шлиф в коническую колбу на 50 см<sup>3</sup> со шлифом. Нанесите 1 мкл раствора **O2** на вашу пластинку ТСХ, приготовленную на шаге II.4 (Пластинка 1).



7. Проведение анализа ТСХ. Возьмите стаканчик на 50 см<sup>3</sup> и налейте в него ~ 2 см<sup>3</sup> **TLC eluent**. Поместите туда пластинку ТСХ, накройте стаканчик чашечкой Петри и подождите, пока элюент не поднимется до уровня 0.5 см от верхнего края пластинки. Вытащите пластинку ТСХ пинцетом, отметьте фронт элюента и оставьте пластинку просохнуть на воздухе. Поместите пластинку ТСХ под УФ лампу в вытяжном шкафу. Обведите карандашом проявившиеся пятна и рассчитайте  $R_f$  исходного соединения **A** и продукта **B**. Поместите свою пластинку ТСХ для хранения в полиэтиленовый пакет с застежкой.

*Примечание 1:* Пятно продукта **B** может иметь хвост на хроматограмме, поэтому избегайте нанесения избытка образца на пластину.

*Примечание 2:* В некоторых случаях два дополнительных пятна с очень низкой светимостью, которые соответствуют побочным продуктам, могут быть видны в объединенной органической фазе **O1** и **O2**. В этом случае рассчитайте значение  $R_f$  для пятна/пятен с максимальной светимостью.

*Примечание 3:* Если органический слой **O2** содержит оба вещества, исходное **A** и продукт **B**, повторите экстракцию раствором Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и водой (пункты II.5 и II.6). В этом случае вы должны повторить ТСХ (Пластинка 2) и потом сдать пластинку 2 вместе с пластинкой 1. На пластинку 2 необходимо наносить только стандарт **A** и органическую фазу **O2**. Пометьте ее цифрой **2** в кружочке и вашим кодом участника на верху пластинки. Используйте новую порцию элюента для элюирования Пластинки 2.

- P1.2 Ответьте на следующие вопросы о Пластинке(-ах) ТСХ. По Пластинке 1 рассчитайте значения  $R_f$  для соединений **A** и **B**. Запишите результаты с точностью 2 знака после запятой.

На основании ТСХ ваш органический слой <b>O1</b> содержит:		
	ДА	НЕТ
Исходное вещество <b>A</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Продукт <b>B</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
На основании ТСХ ваш конечный органический слой <b>O2</b> содержит:		
	ДА	НЕТ
Исходное вещество <b>A</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Продукт <b>B</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Расчет $R_f(\mathbf{A})$ :		
$R_f(\mathbf{A}) =$		
Расчет $R_f(\mathbf{B})$ :		
$R_f(\mathbf{B}) =$		



### III. Реакция с реагентом Брейди

**Внимание:** Используйте перчатки! Реагент Брейди пачкает кожу и поверхности. При попадании на поверхность немедленно протрите ее этанолом. Если необходимо, то замените перчатки.

Предварительно разогрейте водяную баню до 80 °С. Поместите магнитную мешалку в коническую колбу со шлифом на 50 см<sup>3</sup>, содержащую органическую фазу **O2** из пункта II.6. Добавьте 0.300 г 2,4-динитрофенилгидразина (**DNPН**). С помощью мерного цилиндра отмерьте 10 см<sup>3</sup> этанола. Для более полного переноса **DNPН** в коническую колбу промойте баночку 5 × 2 см<sup>3</sup> этанола, используя стеклянную пипетку Пастера. Поместите коническую колбу в горячую водяную баню, присоедините холодильник (аналогично тому, как показано на Рис. 1), который предварительно промыли этанолом. Используя воронку, добавьте 3 см<sup>3</sup> 20%-й HCl через верх холодильника. Перемешивайте реакционную смесь 2 минуты при 80 °С. Наблюдайте образование оранжевых кристаллов продукта **C**. После этого выключите нагрев плитки-мешалки и поднимите колбу из воды. (**Внимание!** Касайтесь только лапки, колба – горячая.) Дайте реакционной смеси охладиться 15 минут, а после – поместите колбу в холодную водяную баню (для этого заполните холодной водопроводной водой стакан на 150 см<sup>3</sup>).

### IV. Выделение продуктов

1. Проверьте pH объединенной водной фазы, полученной в пункте II.6. Подкислите её до pH 2 (проверьте по индикаторной бумаге) осторожно добавляя 20%-й раствор HCl (для этого должно потребоваться примерно 2 см<sup>3</sup> раствора HCl). Наблюдайте образование белого осадка продукта **B**.
2. Соберите установку для фильтрования (Рис. 3). Используйте стеклянный фильтр с пористостью **S2** (помеченный белым кружочком) и не забудьте закрепить установку с помощью малой лапки. Присоедините колбу Бунзена к вакуумному шлангу. Аккуратно вылейте суспензию продукта **B** (пункт IV.1) в стеклянный фильтр, обязательно дайте осадку осесть на фильтр и после этого откройте кран с вакуумом. **ВНИМАНИЕ: уведомите лаборанта перед и после использования вакуумного крана!** Промойте осадок дважды порциями деионизированной воды по 6 см<sup>3</sup> пока pH фильтрата не станет равным примерно 6. Оставьте осадок на фильтре на 5 минут при подключенном вакууме, чтобы удалить большую часть воды. Отсоедините источник вакуума. Используйте шпатель для переноса белого продукта **B** в стеклянную баночку, подписанную **Student code B**. После переноса вещества не закрывайте баночку, чтобы дать веществу высохнуть. Вылейте фильтрат в раковину и промойте колбу Бунзена.

**Примечание:** Будьте осторожны, не наскребите стекло из фильтра в ваш продукт!

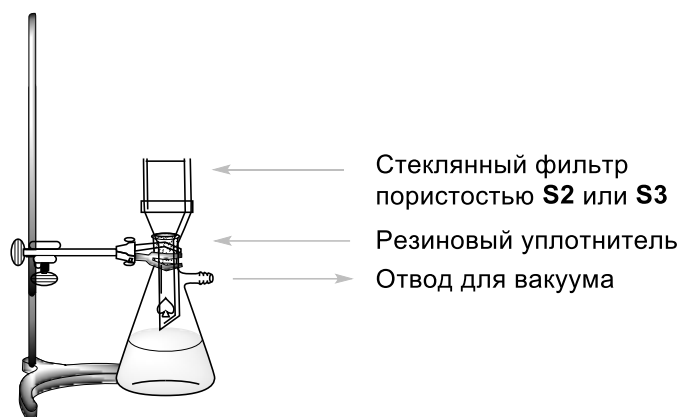


Рис. 3. Установка для фильтрования в вакууме

3. Соберите установку для фильтрования в вакууме, используя стеклянный фильтр с пористостью **S3** (помеченный оранжевым кружочком) так же, как в пункте IV.2. Переместите суспензию продукта **C** (шаг III) на стеклянный фильтр, подождите минуту и откройте кран на вакуумном шланге. НЕ перемешивайте и не скребите шпателем осадок во время фильтрования и промывания во избежание просачивания осадка сквозь фильтр. Промойте осадок три раза по 5 см<sup>3</sup> этанола (всего 15 см<sup>3</sup>) до тех пор, пока pH фильтрата не станет нейтральным. После этого сушите осадок на фильтре в течение 5 минут. Перекройте вакуумный кран и отсоедините шланг. Используя шпатель, перенесите оранжевый продукт C в стеклянную баночку, помеченную **Student code C**, и оставьте ее открытой на столе для высыхания. Вылейте фильтрат в бутылку **Organic waste**.

*Примечание:* Если продукт прошел через пористый фильтр, отфильтруйте суспензию еще раз. Если продукт прошел через пористый фильтр снова, обратитесь к лаборанту.

Ваш лаборант подпишет ваши листы ответов и заберет со стола:

- Стеклянные баночки, помеченные **Student code B** и **Student code C**, в которых находятся ваши продукты;
- Пластинку(и) ТСХ в пластиковом пакете с застежкой, отмеченным вашим **кодом участника**.



**Переданные образцы:**

- Продукт В
- Продукт С
- ТСХ пластинка 1
- ТСХ пластинка 2 (если необходимо)

**Подписи:**

---

Участник

---

Лаборант

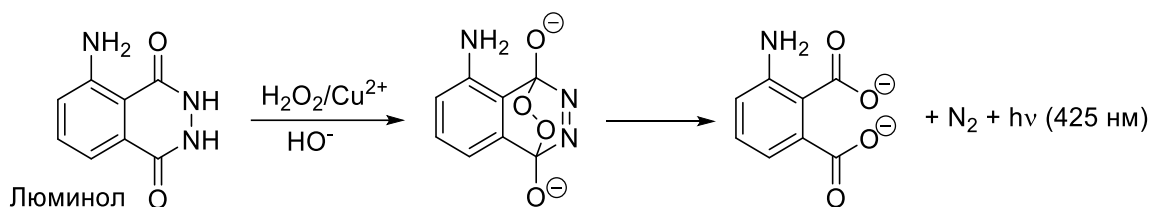




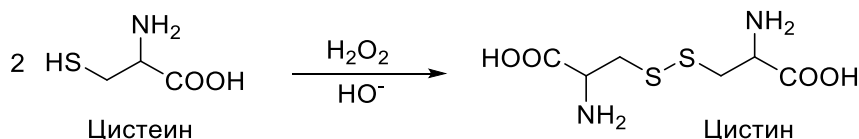
Практическая Задача P2  13 баллов	Вопрос	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	Всего
	Очки	30	30	7	3	4	6	80
	Результат							

## Задача P2. Химические часы со свечением

Люминол – хорошо известный люминофор. В присутствии катализатора, например,  $\text{Cu}^{2+}$ , он реагирует с окислителями, обычно  $\text{H}_2\text{O}_2$ , образуя электронно-возбужденные продукты. Последние переходят в основное состояние, испуская голубой свет:



Эту реакцию можно осуществить в режиме «химических часов», при котором свет появляется не сразу, а с некоторой задержкой, называемой индукционным периодом. При добавлении цистеина  $\text{Cu(II)}$  восстанавливается до  $\text{Cu(I)}$  и связывается в комплекс  $\text{Cu(I)}$ –цистеин, который не окисляет люминол. Однако, это ингибирование временное. Циклические реакции с участием  $\text{H}_2\text{O}_2$  приводят к постепенному окислению цистеина:



После того, как весь цистеин окислится,  $\text{Cu(I)}$  обратно превращается в  $\text{Cu(II)}$ , и каталитическая активность восстанавливается. В этот момент происходит голубая хемилюминесцентная вспышка. Время появления вспышки может служить мерой скорости окисления цистеина с медным катализатором.

### Методика

**Внимание:** Все растворы и пипетки держите подальше от электроплиток!

Небольшие изменения температуры не вызовут проблем, так как ваши результаты будут оцениваться с учетом той температуры, которую вы укажете. Вы не потеряете баллов, даже если вы приведете данные при разных температурах. Однако, чрезмерного нагревания, которое может случиться вблизи электроплитки, следует избегать.

**Важно:** Записывайте все значения с требуемым числом значащих цифр или знаков после запятой. Грубое округление может привести к тому, что правильный ответ нельзя будет отличить от неправильного.



### Общий план эксперимента

В части I вам надо будет разбавить два исходных раствора, которые даны в более концентрированном виде. В части II вы измерите времена реакции для двух наборов концентраций реагентов. Необходимые для этих наборов объемы растворов приведены в таблице:

	Объем в черной пробирке			В пробирке Эппендорфа	
	Вода	Luminol in NaOH	Cys dil.	Cu	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dil.
<b>Набор №1</b>	3.00 см <sup>3</sup>	2.50 см <sup>3</sup>	3.30 см <sup>3</sup>	0.50 см <sup>3</sup>	0.70 см <sup>3</sup>
<b>Набор №2</b>	3.30 см <sup>3</sup>	2.50 см <sup>3</sup>	3.30 см <sup>3</sup>	0.50 см <sup>3</sup>	0.40 см <sup>3</sup>

Мы рекомендуем, чтобы перед тем, как сделать измерения, которые будут оцениваться, вы провели пробный эксперимент, чтобы понять методику.

Поскольку скорость реакции зависит от температуры, значения температуры надо записывать во всех опытах. Температуру реакционной смеси надо измерить СРАЗУ ЖЕ ПОСЛЕ ТОГО, как вы записали время появления голубой вспышки.

При каждом измерении значение температуры, указанное на дисплее термометра, должно быть скорректировано путем добавления калибровочной постоянной термометра. Эта постоянная записана на листке, находящемся в корзине для Задачи 2.

После этого каждое время реакции  $t(x\text{ }^\circ\text{C})$ , измеренное при  $x\text{ }^\circ\text{C}$  (скорректированное), необходимо пересчитать на время  $t(25\text{ }^\circ\text{C})$ , за которое реакция протекала бы при  $25\text{ }^\circ\text{C}$ . Для этого значение  $t(x\text{ }^\circ\text{C})$  надо просто умножить на нормировочный коэффициент  $n_{x \rightarrow 25}$ :

$$t(25\text{ }^\circ\text{C}) = n_{x \rightarrow 25} t(x\text{ }^\circ\text{C})$$

Значения нормировочных коэффициентов  $n_{x \rightarrow 25}$  при различных температурах приведены в таблице P2 в конце задачи.

### I. Разбавление исходных концентрированных растворов

Изначально вам даны концентрированные растворы H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2.00 моль дм<sup>-3</sup>) и цистеина (0.100 моль дм<sup>-3</sup>), обозначенные **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> conc.** и **Cys conc.** Используя пипетку Мора на 5 см<sup>3</sup> и мерную колбу на 50 см<sup>3</sup>, разбавьте 5.00 см<sup>3</sup> каждого из этих растворов до 50.00 см<sup>3</sup> деионизированной водой и перенесите разбавленные растворы в бутылочки, обозначенные **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dil.** и **Cys dil.**

Подпишите маркером по одной градуированной пипетке для каждого из реактивов и для измерения объемов используйте только их. Пипетки на 5 см<sup>3</sup> предназначены для растворов **Luminol in NaOH**, **Cys dil.**, и **Water**, пипетки на 1 см<sup>3</sup> – для растворов **Cu** (2.00 ммоль дм<sup>-3</sup>) и **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dil.**



## II. Методика проведения реакции

*Внимание:* Прежде, чем выполнять эксперимент, внимательно прочитайте весь раздел II.

1. Поставьте черную пробирку в коническую колбу, выполняющую роль штатива. Используя соответствующие пипетки, перенесите в пробирку необходимые объемы воды и растворов **Luminol in NaOH** и **Cys dil**.
2. Поставьте пробирку Эппендорфа в пластиковый стаканчик и внесите в нее необходимые объемы растворов **Cu** и **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dil**.
3. **Сразу же, без промедления** аккуратно внесите пробирку Эппендорфа внутрь черной пробирки. Это надо сделать **очень осторожно, не перемешивая** два раствора!
4. Закройте черную пробирку завинчивающейся крышкой. Убедитесь, что крышка закрыта плотно, так как пробирку придется трясти. *Внимание:* **Не завинчивайте крышку чересчур сильно**, иначе пробирка треснет и начнет протекать. Если это произошло, надо сразу же попросить замену (штраф за это будет по обычным правилам).
5. Приготовьте секундомер и возьмите его в руку. Запустите секундомер в тот момент, когда вы начнете трясти черную пробирку для перемешивания растворов внутри нее. Для тщательного перемешивания надо сильно трясти в течение первых 10 секунд, не меньше.
6. После этого поставьте пробирку обратно в коническую колбу, снимите крышку и внимательно наблюдайте сверху за раствором внутри нее. От постороннего света лучше заслонить пробирку ладонью. Через некоторое время вы увидите яркую голубую вспышку по всему объему раствора. В этот момент остановите секундомер.
7. Сразу же после вспышки вставьте металлический зонд цифрового термометра внутрь черной пробирки. Подождите, пока показания стабилизируются (обычно от 10 до 30 с), и запишите показания секундомера и термометра.
8. С помощью пинцета выньте пробирку Эппендорфа из черной пробирки. После каждого эксперимента надо помыть пробирки и протереть их досуха бумажными салфетками.

### Обработка измеренных данных

P2.1 В таблицу, приведенную ниже, запишите полученные результаты для набора концентраций № 1. К температуре, показанной термометром, прибавьте калибровочную постоянную термометра. Для каждой полученной температуры из таблицы P2 (в конце задания) выберите нормировочный коэффициент  $n_{x \rightarrow 25}$  и пересчитайте время реакции на 25 °С. Если ваша температура выходит за пределы значений в таблице P2, приведенной в конце задачи, (что маловероятно), обратитесь за значением  $n_{x \rightarrow 25}$  к лаборанту.

*Внимание:* Как в титровании, погрешность измерения объемов составляет  $\pm 0.1 \text{ см}^3$ ; погрешность нормированного времени реакции для набора № 1 равна  $\pm 2.3 \text{ с}$ .

(Делайте столько измерений, сколько считаете нужным. Нет необходимости заполнять все строки таблицы. Оцениваться будут только принятые вами значения.)



	Номер опыта	Время реакции [с]	Температура на дисплее термометра [°C]	Скорректированная температура [°C]	Время реакции, нормированное на 25 °C [с]
		1 цифра после запятой	1 цифра после запятой	1 цифра после запятой	3 значащие цифры
Набор концентраций №1	1				
	2				
	3				
	Принятое вами значение нормированного времени реакции для набора концентраций №1				

P2.2 В таблицу ниже запишите результаты измерений, значения скорректированной температуры и времени реакции, нормированного на 25 °C, для набора концентраций №2.

*Внимание:* Как в титровании, погрешность измерения объемов составляет  $\pm 0.1 \text{ см}^3$ ; погрешность нормированного времени реакции для набора №2 равна  $\pm 3.0 \text{ с}$ .

(Делайте столько измерений, сколько считаете нужным. Нет необходимости заполнять все строки таблицы. Оцениваться будут только принятые вами значения.)

	Номер опыта	Время реакции [с]	Температура на дисплее термометра [°C]	Скорректированная температура [°C]	Время реакции, нормированное на 25 °C [с]
		1 цифра после запятой	1 цифра после запятой	1 цифра после запятой	3 значащие цифры
Набор концентраций №2	1				
	2				
	3				
	Принятое вами значение нормированного времени реакции для набора концентраций №2				

P2.3 На основе описания методики и концентраций исходных растворов (приведенных в списке реактивов и в Части I методики), рассчитайте начальные концентрации цистеина, меди и  $\text{H}_2\text{O}_2$  для обоих наборов концентраций.



Выразите в минутах принятые вами значения времени реакции ( $t_1$  и  $t_2$ ) из пунктов P2.1 и P2.2 и рассчитайте соответствующие значения скорости реакции расщедования цистеина ( $v_1$  и  $v_2$ ) в ммоль дм<sup>-3</sup> мин<sup>-1</sup>. Примите, что эта скорость остается постоянной в течение всей реакции.

Если вы в силу большого таланта оказались неспособны получить ответ, то для последующих расчетов примите значения скорости реакции 11.50 для набора №1 и 5.500 для набора №2.

	Начальные концентрации [ммоль дм <sup>-3</sup> ] 3 значащие цифры			Принятое время реакции [мин] 4 значащие цифры	Скорость реакции [ммоль дм <sup>-3</sup> мин <sup>-1</sup> ] 4 значащие цифры
	Цистеин	Медь [Cu]	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		
Набор концентраций №1					
Набор концентраций №2					

P2.4 Считая, что скорость реакции можно выразить степенной зависимостью

$$v = k [\text{H}_2\text{O}_2]^p$$

рассчитайте на основе ваших экспериментальных данных порядок реакции  $p$  по H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Приведите ваши расчеты и запишите ответ с 2 знаками после запятой.

Ответ:  $p =$

Расчеты:



Более точно зависимость скорости реакции окисления цистеина от концентраций описывается выражением:

$$v = k_1[\text{H}_2\text{O}_2][\text{Cu}] + k_2[\text{Cu}]$$

- P2.5 Используя данные из п. P2.3, получите выражение для скорости реакции  $v$  как линейной функции концентрации  $[\text{H}_2\text{O}_2]$ , найдите тангенс угла наклона и точку пересечения с вертикальной осью. Запишите ответ с точностью 4 значащие цифры. Если благодаря своей одаренности вы не смогли найти ответ, используйте для дальнейших расчетов значения  $a = b = 11.50$ .

Ответ (расчеты приводить не нужно, не забудьте про единицы измерения):

$$v = a[\text{H}_2\text{O}_2] + b$$

 $a =$  $b =$ 

- P2.6 Используя результаты из п. P2.5, рассчитайте константы скорости  $k_1$  и  $k_2$ . Запишите ответ с точностью 3 значащие цифры.

Ответ (не забудьте про единицы измерения):

 $k_1 =$  $k_2 =$ 

Расчеты:



**Таблица P2.** Нормировочные коэффициенты  $k_{x \rightarrow 25}$  для пересчета времен реакции при разных температурах на температуру 25.0 °C.

Temp. °C	Set #1	Set #2
22.0	0.8017	0.8221
22.1	0.8076	0.8274
22.2	0.8135	0.8328
22.3	0.8195	0.8382
22.4	0.8255	0.8437
22.5	0.8316	0.8492
22.6	0.8377	0.8547
22.7	0.8438	0.8603
22.8	0.8500	0.8659
22.9	0.8563	0.8715
23.0	0.8626	0.8772
23.1	0.8690	0.8829
23.2	0.8754	0.8887
23.3	0.8818	0.8945
23.4	0.8884	0.9004
23.5	0.8949	0.9063
23.6	0.9015	0.9122
23.7	0.9082	0.9182
23.8	0.9149	0.9242
23.9	0.9217	0.9303
24.0	0.9285	0.9364
24.1	0.9354	0.9425
24.2	0.9424	0.9487
24.3	0.9494	0.9550
24.4	0.9564	0.9613
24.5	0.9636	0.9676
24.6	0.9707	0.9740
24.7	0.9780	0.9804
24.8	0.9852	0.9869
24.9	0.9926	0.9934
25.0	1.0000	1.0000
25.1	1.0075	1.0066
25.2	1.0150	1.0133
25.3	1.0226	1.0200
25.4	1.0302	1.0268
25.5	1.0379	1.0336
25.6	1.0457	1.0404

Temp. °C	Set #1	Set #2
25.7	1.0536	1.0474
25.8	1.0614	1.0543
25.9	1.0694	1.0613
26.0	1.0774	1.0684
26.1	1.0855	1.0755
26.2	1.0937	1.0827
26.3	1.1019	1.0899
26.4	1.1102	1.0972
26.5	1.1186	1.1045
26.6	1.1270	1.1119
26.7	1.1355	1.1194
26.8	1.1441	1.1268
26.9	1.1527	1.1344
27.0	1.1614	1.1420
27.1	1.1702	1.1497
27.2	1.1790	1.1574
27.3	1.1879	1.1651
27.4	1.1969	1.1730
27.5	1.2060	1.1809
27.6	1.2151	1.1888
27.7	1.2243	1.1968
27.8	1.2336	1.2049
27.9	1.2430	1.2130
28.0	1.2524	1.2212
28.1	1.2619	1.2294
28.2	1.2715	1.2377
28.3	1.2812	1.2461
28.4	1.2909	1.2545
28.5	1.3008	1.2630
28.6	1.3107	1.2716
28.7	1.3207	1.2802
28.8	1.3307	1.2889
28.9	1.3409	1.2976
29.0	1.3511	1.3064
29.1	1.3615	1.3153
29.2	1.3719	1.3243
29.3	1.3823	1.3333

Temp. °C	Set #1	Set #2
29.4	1.3929	1.3424
29.5	1.4036	1.3515
29.6	1.4143	1.3607
29.7	1.4252	1.3700
29.8	1.4361	1.3793
29.9	1.4471	1.3888
30.0	1.4582	1.3983
30.1	1.4694	1.4078
30.2	1.4807	1.4175
30.3	1.4921	1.4272
30.4	1.5035	1.4369
30.5	1.5151	1.4468
30.6	1.5267	1.4567
30.7	1.5385	1.4667
30.8	1.5503	1.4768
30.9	1.5623	1.4869
31.0	1.5743	1.4972
31.1	1.5865	1.5075
31.2	1.5987	1.5179
31.3	1.6111	1.5283
31.4	1.6235	1.5388
31.5	1.6360	1.5495
31.6	1.6487	1.5602
31.7	1.6614	1.5709
31.8	1.6743	1.5818
31.9	1.6872	1.5927
32.0	1.7003	1.6038
32.1	1.7135	1.6149
32.2	1.7268	1.6260
32.3	1.7402	1.6373
32.4	1.7536	1.6487
32.5	1.7673	1.6601
32.6	1.7810	1.6716
32.7	1.7948	1.6833
32.8	1.8087	1.6950
32.9	1.8228	1.7068
33.0	1.8370	1.7186

("Temp °C" – температура в °C, "Set #1" – набор № 1, "Set #2" – набор № 2.)



<b>Практическая Задача 3 13 баллов</b>	Вопрос	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	
	Очки	3	20	2	2	16	
	Результат						
	Вопрос	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	<b>Всего</b>
	Очки	4	20	2	4	2	<b>75</b>
	Результат						

## Задача Р3. Идентификация минеральной воды

В Словакии зарегистрировано много видов природных минеральных вод. Массовая концентрация наиболее важных ионов в такой воде приводится на упаковке.

Ваша задача заключается в идентификации торговой марки (из Таблицы Р3.1) выданного вам образца минеральной воды.

*Примечание:* CO<sub>2</sub> полностью удален из выданного вам образца.

**Таблица Р3.1.** Массовая концентрация ионов в некоторых видах словацких минеральных вод (по данным производителя воды).

№.	Торговая марка	Массовая концентрация иона, мг дм <sup>-3</sup>						
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
1	Kláštorná	290	74	71	16	15	89	1 341
2	Budišská	200	50	445	50	25	433	1 535
3	Baldovská	378	94	90	0	78	215	1 557
4	Santovka	215	67	380	45	177	250	1 462
5	Slatina	100	45	166	40	104	168	653
6	Fatra	45	48	550	16	36	111	1 693
7	Ľubovnianska	152	173	174	5	10	20	1 739
8	Gemerka	376	115	85	0	30	257	1 532
9	Salvator	473	161	214	30	116	124	2 585
10	Brusnianska	305	101	187	35	59	774	884
11	Maxia	436	136	107	18	37	379	1 715



**Примечания:**

- При записи расчетов обязательно используйте обозначения переменных, указанные в тексте авторами задачи.
- Вам выдана набухшая катионообменная смола (**Catex**) в  $H^+$ -форме. Для работы с ней используйте большую пластиковую пипетку Пастера. Смола не должна быть сухой. Если она немного подсохла, добавьте к ней деионизированную воду.
- Молярные концентрации используемых стандартных растворов:  
 $c(NaOH) = 0.2660 \text{ моль} \cdot \text{дм}^{-3}$      $c(EDTA) = 5.965 \times 10^{-3} \text{ моль} \cdot \text{дм}^{-3}$

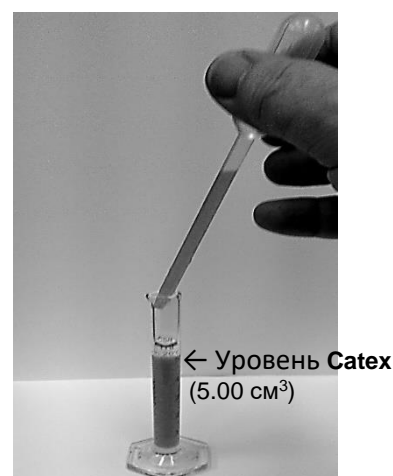
**Методика эксперимента**

1.a Перенесите в мерный цилиндр  $5.00 \text{ см}^3$  катионообменной смолы **Catex** (см. рис.) (объем  $V_1$ ). С помощью деионизированной воды количественно перенесите отмеренное количество смолы в колбу для титрования. Добавьте в эту колбу некоторое количество воды (чтобы суспензию можно было легко перемешивать, а также наблюдать цвет раствора над ионообменной смолой).

1.b Добавьте 3-4 капли раствора индикатора бромтимолового синего (**ВТБ**) и примерно 1 г (половина пластиковой ложки) твердого  $NaCl$ . Перемешайте суспензию до полного растворения соли, а затем оттитруйте стандартным раствором гидроксида натрия (объем  $V_2$ ) до перехода окраски из желтой в голубую. Вблизи точки эквивалентности титруйте медленно, при энергичном перемешивании для того, чтобы дать возможность анализируемому веществу продиффундировать из скелета набухших гранул смолы в раствор. Повторите титрование необходимое число раз.

1.c После окончания титрования каждого образца слейте большую часть водного раствора над смолой, а оставшуюся суспензию перенесите в контейнер для отходов с надписью **Waste catex**.

Р3.1 Запишите уравнения всех химических реакций, описанных в разделе 1. В уравнениях для смолы в  $H^+$ -форме используйте обозначение  $R-H$ , а для индикатора –  $HInd$ .





Р3.2 Занесите экспериментальные данные в таблицу.

(Не обязательно заполнять все строки)

Номер титрования №	Объем смолы Catex V1 [см <sup>3</sup> ]	Объем израсходованного раствора NaOH V2 [см <sup>3</sup> ]
1	5.00	
2		
3		
Принятое вами для расчетов значение <b>V2</b> с 4 значащими цифрами		

Р3.3 Приведите формулу для расчета и, используя принятое вами значение V2, **рассчитайте** ионообменную емкость смолы **Q<sub>v</sub>(H<sup>+</sup>)** в ммоль·см<sup>-3</sup>.

Расчеты:

Если из-за выдающихся способностей вы не смогли рассчитать величину **Q<sub>v</sub>(H<sup>+</sup>)**, при последующих расчетах используйте для нее значение 1.40 ммоль·см<sup>-3</sup>.



- 2.a С помощью мерного цилиндра отмерьте  $5.00 \text{ см}^3$  смолы **Catex** (объем  $V3$ ). Количественно перенесите смолу в стакан на  $250 \text{ см}^3$ . С помощью пипетки Мора добавьте в стакан аликвоту  $50.00 \text{ см}^3$  выданного вам образца минеральной воды (объем  $V4$ ) и тщательно перемешайте полученную смесь в течение примерно 5 минут. Используйте коническую колбу как держатель для фильтра, а также для сбора фильтрата. Отфильтруйте суспензию **Catex** через стеклянный фильтр (пористость **S1**, синяя метка), промойте смолу на фильтре деионизированной водой до нейтрального pH (проверьте с помощью индикаторной бумаги).
- 2.b С помощью деионизированной воды количественно перенесите смолу **Catex** с фильтра в колбу для титрования.
- 2.c Добавьте в колбу 3-4 капли индикатора бромтимолового синего, примерно 1 г (половина пластиковой ложки) твердого NaCl и оттитруйте после перемешивания суспензию стандартным раствором гидроксида натрия (объем  $V5$ ) до перехода окраски из желтой в голубую. Повторите титрование необходимое количество раз.
- 2.d После окончания титрования каждого образца слейте большую часть водного раствора над смолой, а оставшуюся суспензию перенесите в контейнер для отходов с надписью **Waste Catex**.
- P3.4 Запишите уравнения для реакций ионного обмена. Однозарядные и двухзарядные ионы обозначьте в уравнениях как  $M^+$  и  $M^{2+}$  соответственно.

P3.5 Занесите полученные в разделе 2 данные в таблицу ниже.

(Не обязательно заполнять все строки)

Номер титрования	Объем смолы Catex $V3$ [ $\text{см}^3$ ]	Объем аликвоты образца $V4$ [ $\text{см}^3$ ]	Объем израсходованного раствора NaOH $V5$ [ $\text{см}^3$ ]
1	5.00	50.00	
2			
3			
Принятое вами для расчетов значение $V5$ с 4 значащими цифрами			



Р3.6 Считайте, что в вашем растворе присутствуют только ионы  $M^+$ . Для принятого вами значения  $V5$  рассчитайте молярную концентрацию катионов  $M^+$  в минеральной воде,  $c^*(M^+)$ , в ммоль·дм<sup>-3</sup>. Приведите формулы и расчеты.

Расчеты:

Если вы оказались не в состоянии рассчитать величину  $c^*(M^+)$ , при последующих расчетах используйте для нее значение 35.00 ммоль·дм<sup>-3</sup>.

На следующей стадии работы вы проведете комплексометрическое титрование для определения суммарной концентрации ионов  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  (далее эти ионы будут обозначаться символом  $M^{2+}$ ).

3. С помощью пипетки Мора поместите аликвоту 10.00 см<sup>3</sup> (объем  $V6$ ) выданного образца минеральной воды в колбу для титрования и добавьте примерно 25 см<sup>3</sup> деионизированной воды. Прибавьте в колбу 3 см<sup>3</sup> аммиачного буфера, индикатор эриохром черный Т (**EBT**) на кончике металлического шпателя и оттитруйте полученную смесь стандартным раствором EDTA до перехода окраски из винно-красной в голубую (объем  $V7$ ).

Р3.7 Занесите полученные в разделе 3 данные в таблицу ниже.

(Не обязательно заполнять все строки)

Номер титрования	Объем образца минеральной воды $V6$ [см <sup>3</sup> ]	Объем израсходованного раствора EDTA, $V7$ [см <sup>3</sup> ]
1	10.00	
2		
3		
Принятое вами для расчетов значение $V7$ с 4 значащими цифрами		

Р3.8 Для принятого вами значения  $V7$  рассчитайте молярную концентрацию катионов  $M^{2+}$  в минеральной воде,  $c(M^{2+})$ , в ммоль·дм<sup>-3</sup>. Приведите формулы и расчеты.



Расчеты:

Если вы не смогли рассчитать величину  $c(\text{M}^{2+})$ , в дальнейшем используйте для нее значение  $15.00 \text{ ммоль} \cdot \text{дм}^{-3}$ .

4. При последующей идентификации используйте таблицу Р3.2.

Р3.9 В соответствующие ячейки первой строки таблицы Р3.2 занесите рассчитанные вами значения  $c(\text{M}^{2+})$  и  $c^*(\text{M}^+)$  из пунктов Р3.6 и Р3.8. В двух крайних правых колонках поставьте галочки (✓) в тех строках, в которых ваши экспериментальные значения  $c(\text{M}^{2+})$  и  $c^*(\text{M}^+)$  примерно соответствуют (с точностью  $\pm 10\%$ ) данным производителя воды.



Таблица Р3.2

Минеральная вода		Данные от производителя воды			Соответствие эксперименту	
№	Торговая марка	$c(M^{2+})$ [ммоль·дм <sup>-3</sup> ]	$c(M^+)$ [ммоль·дм <sup>-3</sup> ]	$c^*(M^+)$ [ммоль·дм <sup>-3</sup> ]	Соответствие для $c(M^{2+})$	Соответствие для $c^*(M^+)$
Ваши значения			XXX		XXX	XXX
1	Kláštorná	10.30	3.50	24.1		
2	Budišská	7.06	20.63	34.7		
3	Baldovská	13.32	3.91	30.5		
4	Santovka	8.13	17.67	33.9		
5	Slatina	4.35	8.25	16.9		
6	Fatra	3.11	24.32	30.5		
7	Ľubovnianska	10.92	7.70	29.5		
8	Gemerka	14.13	3.70	32.0		
9	Salvator	18.46	10.07	47.0		
10	Brusnianka	11.79	9.03	32.6		
11	Maxia	16.50	5.11	38.1		

Р3.10 На основании проведённого анализа укажите с помощью галочки(-чек) (✓) номер(-а) торговой марки(-ок) минеральной воды в выданном вам образце.

№	Торговая марка	№	Торговая марка
1	Kláštorná	7	Ľubovnianska
2	Budišská	8	Gemerka
3	Baldovská	9	Salvator
4	Santovka	10	Brusnianka
5	Slatina	11	Maxia
6	Fatra	12	other

(other – другая)



## Замена реактивов и оборудования

Наименование	Штрафные баллы	Подпись	
		Участника	Лаборанта
	0		