

# Принцип работы и области применения цифровой лаборатории Releon в рамках химического образования в школе

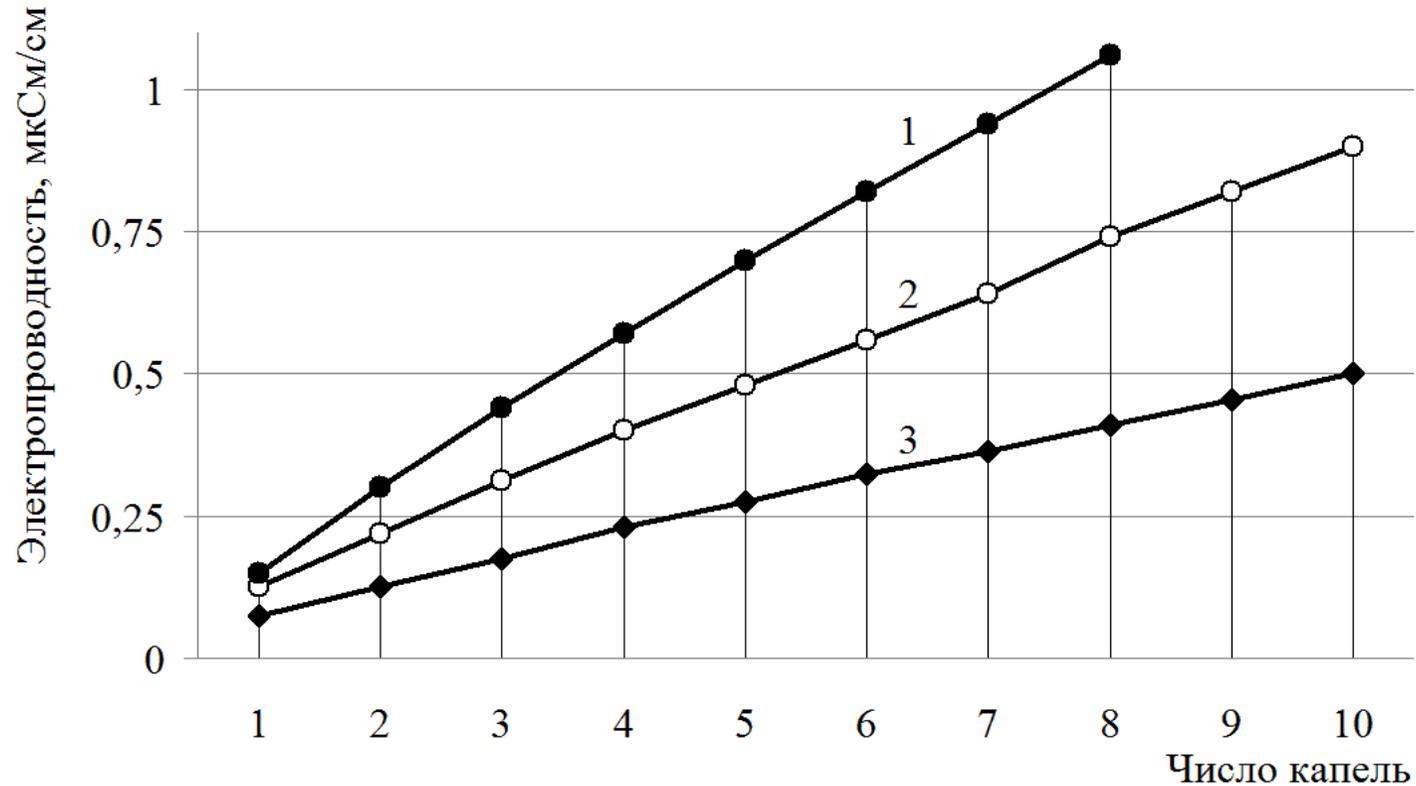
Медведев Артем Анатольевич,  
аспирант кафедры общей химии

# Преимущества цифровых лабораторий

- Наглядное представление результатов экспериментов (переход в MS Office) для визуализации и представления результатов
- Возможность хранения и компьютерной обработки полученных данных
- Облегчена возможность сравнения данных из разных экспериментов
- Сокращение времени эксперимента
- Фиксация малых изменений, неочевидных в традиционном эксперименте, возможность сопоставления данных эксперимента

# Преимущества использования ЦЛ

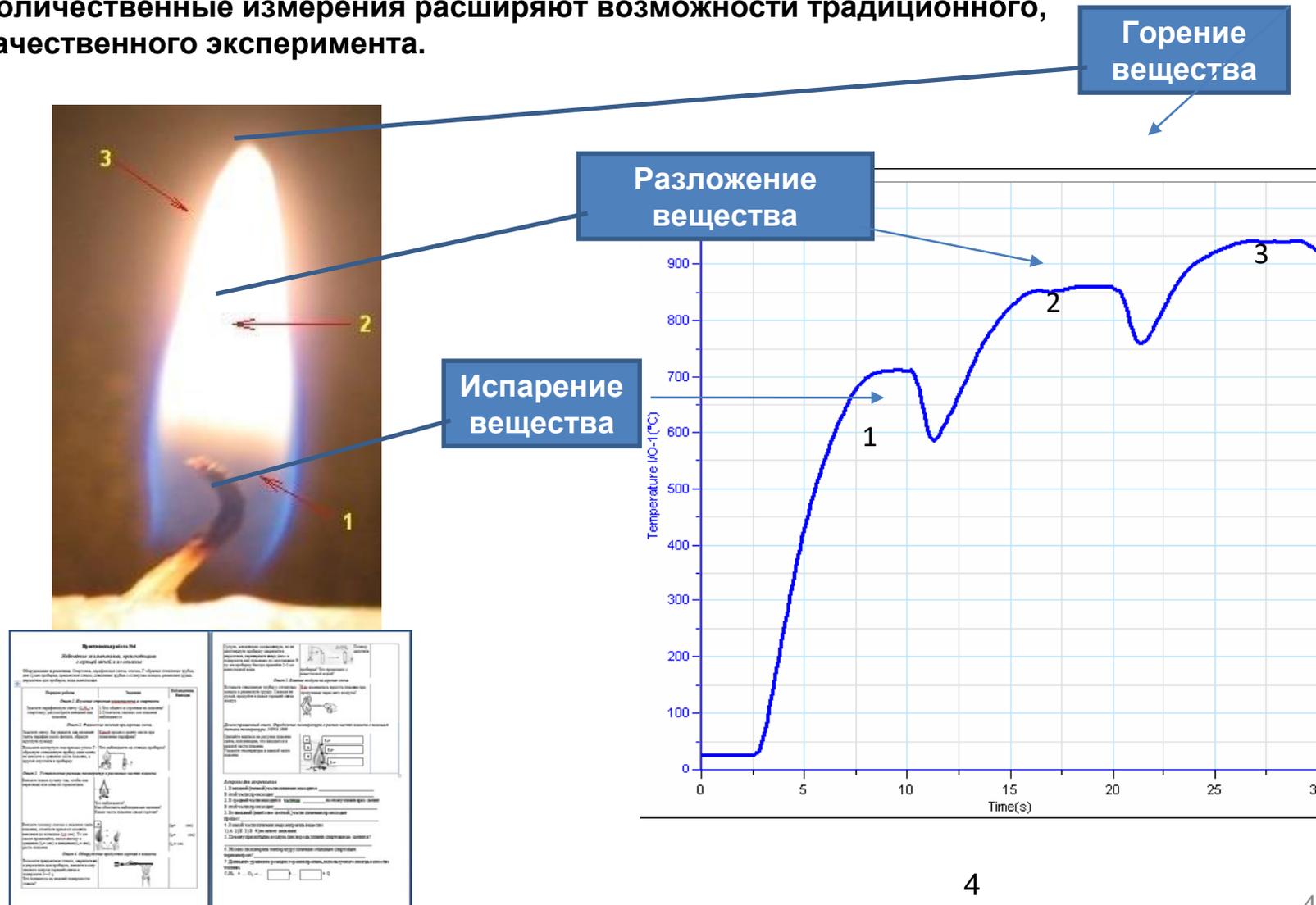
Фиксация малых изменений, неочевидных в традиционном эксперименте, возможность сопоставления данных эксперимента



Зависимость электропроводности растворов от числа добавленных капель 1М растворов:  
1 — AlCl<sub>3</sub>; 2 — CaCl<sub>2</sub>; 3 — NaCl

# Преимущества использования ЦЛ

Количественные измерения расширяют возможности традиционного, качественного эксперимента.



Этап работы	Задача	Результат
Этап 1. Изучение теоретического материала и подготовка к эксперименту.	Изучить теорию горения, определить условия протекания реакции, составить уравнение реакции.	Понимание принципов работы прибора и условий проведения эксперимента.
Этап 2. Проведение эксперимента и измерение температуры.	Провести эксперимент, измерить температуру в различных частях пламени.	Получение данных о температуре в различных частях пламени.
Этап 3. Анализ результатов эксперимента.	Проанализировать полученные данные, сравнить их с теоретическими значениями.	Выводы о протекании реакции и влиянии различных факторов.

# Датчики, входящие в набор «Исследовательский»

Датчик высокой температуры

Датчик температуры платиновый

Датчик pH

Датчик концентрации ионов (подключаемые ионоселективные электроды)

$\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , электрод сравнения

Датчик электропроводимости

Датчик оптической плотности (колориметр)

Датчик мутности раствора



# Датчик высокой температуры

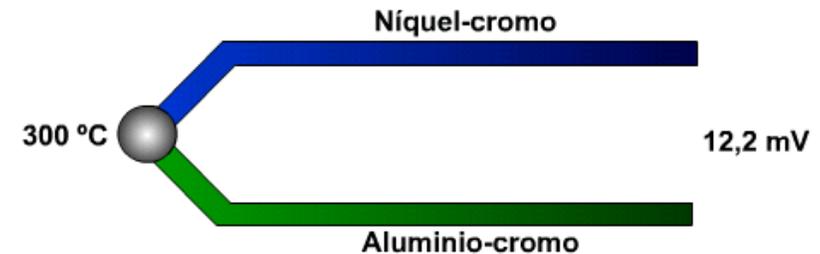
## Спецификация

Диапазон измерения	от - 200 до 1300 °C
Разрешение	0,25 °C
Материал выносного щупа	нержавеющая сталь с хромированным покрытием
Длина металлической части щупа	93 мм
Диаметр металлической части щупа	3 мм
Разъем для подключения выносного щупа	Jack 3,5 мм
Тип термопары	хромель-алюмель

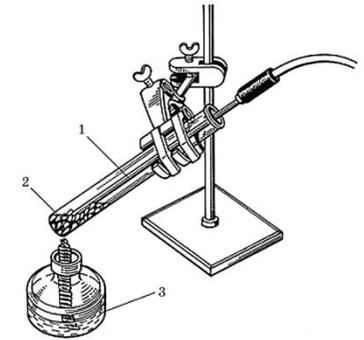
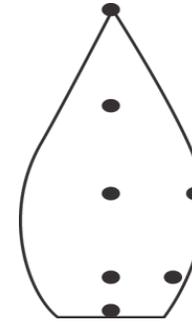


**Термопара** – пара проводников из различных материалов, соединенных на двух концах спаями. При возникновении разности температур на двух спаях возникает термо ЭДС.

Если зафиксировать температуру одного из контактов и градуировать зависимость разности потенциалов от температуры на втором контакте, **можно производить измерение температуры.**



# Датчик высокой температуры. Перечень работ



## ▷ 8 класс:

- Практическая работа № 1. «Изучение строения пламени»
- Лабораторный опыт № 1. «До какой температуры можно нагреть вещество?»
- Лабораторный опыт № 3. «Определение температуры плавления и кристаллизации металла»
- Демонстрационный эксперимент № 6. «Температура плавления веществ с разными типами кристаллических решеток»

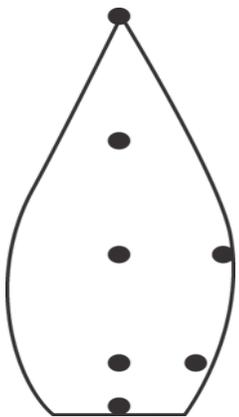
## ▷ 9 класс:

- Демонстрационный опыт № 6 «Температура плавления веществ с разными типами кристаллических решеток»

# Практическая работа № 1. «Изучение строения пламени»

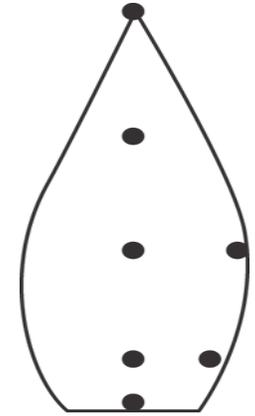
**Оборудование, программное обеспечение и расходные материалы:** компьютер с программным обеспечением *Releon Lite*, цифровой датчик температуры термопарный, штатив с зажимом; спиртовка, пробирка, сухое горючее; свеча.

**Цель работы:** формирование у обучающихся познавательных универсальных учебных действий, умений проводить простейшие исследования, навыка составлять отчет о работе и делать выводы.



№	Источник теплоты	Температура около фитиля (кусочка горючего)	Температура в средней части пламени	Температура в верхней части пламени	Что образовалось на поверхности пробирки?
1	Спиртовка				
2	Свеча				
3	Сухое горючее				—

# Инструкция к практической работе «Изучение строения пламени»



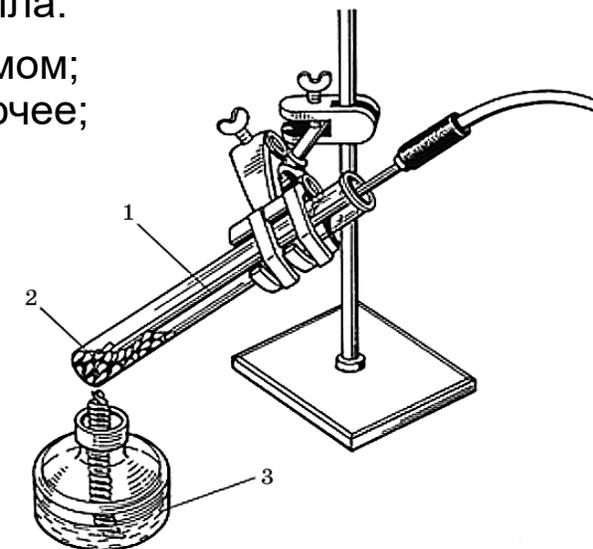
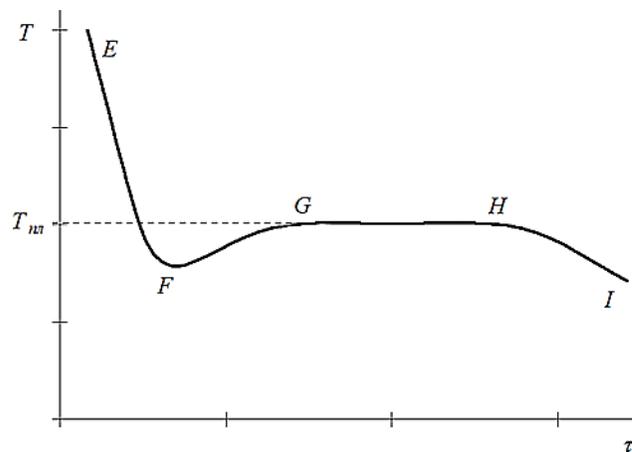
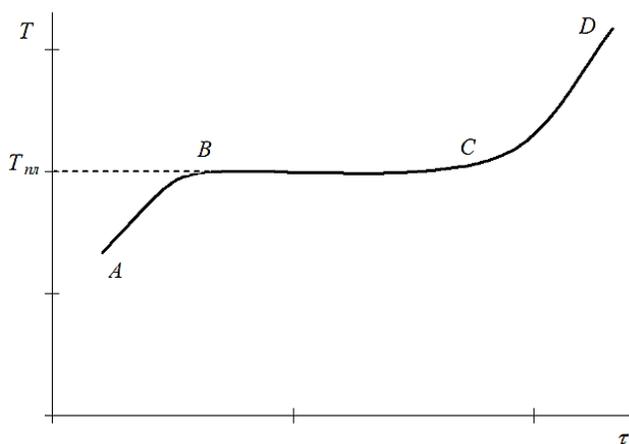
- Запустите на регистраторе данных программное обеспечение *Releon Lite*.
- Подключите высокотемпературный датчик (термопару) к регистратору данных (компьютеру).
- Закрепите датчик в штативе так, чтобы его кончик касался фитиля спиртовки.
- Запустите измерение температуры клавишей «Пуск».
- Зажгите спиртовку. Когда показания стабилизируются, запишите значение температуры на схеме пламени.
- Перемещайте датчик температуры в следующие точки пламени в соответствии с указанной схемой. Для этого ослабляйте муфту и перемещайте её (вместе с лапкой и датчиком) в нужное место. Когда показания стабилизируются, снова запишите значение температуры в соответствующей точке на схему.
- Таким способом измерьте температуру во всех точках пламени, отмеченных на схеме.
- Повторите действия со свечой и сухим горючим.
- Внесите в пламя спиртовки на полминуты пробирку. Извлеките пробирку из пламени и рассмотрите её поверхность.
- Повторите опыт со свечой.

№	Источник теплоты	Температура около фитиля (кусочка горючего)	Температура в средней части пламени	Температура в верхней части пламени	Что образовалось на поверхности пробирки?
1	Спиртовка				
2	Свеча				
3	Сухое горючее				

# Лабораторный опыт № 3. Определение температуры плавления и кристаллизации металла

**Цель работы:** определить и сравнить температуру плавления и кристаллизации металла.

**Оборудование, программное обеспечение и расходные материалы:** штатив с зажимом; спиртовка, пробирка, датчик температуры термопарный, спирт этиловый или сухое горючее; 5—10 г олова или свинца в гранулах.



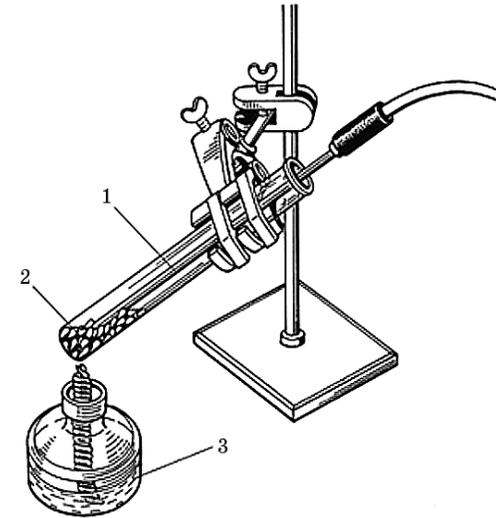
Прибор для определения температуры плавления: 1 — датчик высокой температуры; 2 — гранулы исследуемого металла; 3 — спиртовка

	1-е измерение	2-е измерение	3-е измерение	Средняя температура
Температура кристаллизации, °C				
Температура плавления, °C				

Металл	Температура плавления, °C
Олово	232
Свинец	327,5

# Лабораторный опыт № 3. Определение температуры плавления и кристаллизации металла

1. В пробирку поместите гранулы металла (олово или свинец) на 2—2,5 см по высоте. Закрепите пробирку в лапке штатива. Закрепите термопарный датчик так, чтобы его кончик доходил почти до дна пробирки, но не касался ни его, ни стенок (*рис.*).
2. Зажгите спиртовку, поставьте её под пробирку с металлом. Наблюдайте за изменением температуры. Через некоторое время после начала нагревания металл начнет плавиться. Когда он расплавится, нагревание прекратите. Снова наблюдайте за изменением температуры. *Обратите внимание*, что в какой-то момент металл будет застывать, а температура стабилизируется, изменившись за 2—3 минуты не более чем на 2—3 градуса. Это и будет температура кристаллизации. Запишите полученное значение в таблицу.
3. Когда металл полностью закристаллизуется, снова поставьте под пробирку спиртовку. Температура будет расти. *Обратите внимание*, что в какой-то момент металл будет плавиться, при этом температура стабилизируется. Это и будет температурой плавления. Запишите её в таблицу.
4. Когда металл расплавится, повторите цикл нагревания/охлаждения еще два раза. Каждый раз записывают температуру плавления и кристаллизации. По окончании расплавьте металл и извлеките из него термопару.



	1-е измерение	2-е измерение	3-е измерение	Средняя температура
Температура кристаллизации, °С				
Температура плавления, °С				

# Лабораторный опыт № 3. Определение температуры плавления и кристаллизации металла

	1-е измерение	2-е измерение	3-е измерение	Средняя температура
Температура кристаллизации, °С				
Температура плавления, °С				

▷ *Контрольные вопросы:*

Какой металл вы использовали для эксперимента?

Как соотносятся друг с другом температуры плавления и кристаллизации?

Найдите в справочнике температуру плавления исследуемого металла и сравните её с экспериментально полученным значением.

# Датчик температуры платиновый.

## Применение

### ▷ 8-9 классы:

- Лабораторный опыт № 2. «Измерение температуры кипения воды с помощью лабораторного термометра и датчика температуры»
- Лабораторный опыт № 8. «Разложение кристаллогидрата»
- Демонстрационный эксперимент № 5. «Основания. Тепловой эффект реакции гидроксида натрия с углекислым газом»
- Лабораторный опыт № 10. «Основания. Реакция нейтрализации»
- Демонстрационный эксперимент № 6. «Температура плавления веществ с разными типами кристаллических решеток»
- Демонстрационный эксперимент № 1 (9 класс). «Тепловой эффект растворения веществ в воде»

### ▷ 10-11 классы:

- Лабораторный опыт. «Определение температур размягчения полимеров»

# Демонстрационный эксперимент № 1.

## «Тепловой эффект растворения веществ в воде»

**Цель работы** – определить тепловой эффект растворения серной кислоты, гидроксида натрия и нитрата аммония.

**Перечень датчиков цифровой лаборатории:** датчик температуры платиновый.

**Дополнительное оборудование:** стакан на 150 мл – 3 шт.; стеклянная палочка; промывалка; мерная пробирка; шпатель – 2 шт.

**Материалы и реактивы:** серная кислота конц.; гидроксид натрия кристаллический; нитрат аммония.

При растворении кристаллических веществ в воде происходят три основных процесса.

- ▷ Разрушение кристаллической решётки растворяемого вещества — эндотермический процесс.
- ▷ Гидратация, т.е. взаимодействие частиц (ионов или молекул) растворяемого вещества с молекулами воды — экзотермический процесс.
- ▷ Перенос гидратированных частиц от границы кристалл-раствора в общий объём раствора, этот процесс не сопровождается ни выделением, ни поглощением теплоты.

Исследуемая система	Дистиллированная вода	Вода + $H_2SO_4$	Вода + NaOH	Вода + $NH_4NO_3$
Температура, °C				

# Демонстрационный эксперимент № 1.

## «Тепловой эффект растворения веществ в воде»

- ▷ Инструкция к выполнению:
- ▷ В стакан налейте 50 мл воды.
- ▷ С помощью датчика определите ее температуру.
- ▷ Отмерьте 10 мл концентрированной серной кислоты и медленно при перемешивании раствора стеклянной палочкой вливайте серную кислоту. *Обратите внимание* на порядок смешивания воды и серной кислоты! Следите за изменением температуры при растворении кислоты. Наиболее высокое показание температуры занесите в таблицу. Датчик тщательно промойте водой.
- ▷ Во второй стакан поместите около 8 г твердого порошка гидроксида натрия и влейте 50 мл воды. Опустите датчик температуры и перемешайте раствор. Отметьте самое высокое значение температуры. Тщательно промойте датчик водой.
- ▷ В третий стакан насыпьте 15 г мелкокристаллического нитрата аммония и прилейте 50 мл воды. Опустите датчик температуры и быстро перемешайте раствор. Наиболее низкое значение температуры занесите в таблицу.

Исследуемая система	Дистиллированная вода	Вода + $\text{H}_2\text{SO}_4$	Вода + $\text{NaOH}$	Вода + $\text{NH}_4\text{NO}_3$
Температура, °С				

# Демонстрационный эксперимент № 1.

## «Тепловой эффект растворения веществ в воде»

▷ *Выводы:*

Отразить, какой тепловой эффект преобладает при растворении в воде серной кислоты, нитрата аммония, гидроксида натрия.

▷ *Контрольные вопросы:*

Объясните, почему при растворении одних веществ в воде выделяется теплота, других — поглощается.

Предположите тепловой эффект процесса растворения в воде гидроксида калия.

Исследуемая система	Дистиллированная вода	Вода + $H_2SO_4$	Вода + NaOH	Вода + $NH_4NO_3$
Температура, °C				

# Датчик pH

## Спецификация

Диапазон измерения от 0 до 14 pH

Разрешение 0,01 pH

Диапазон рабочих температур от 10 до 80 °C

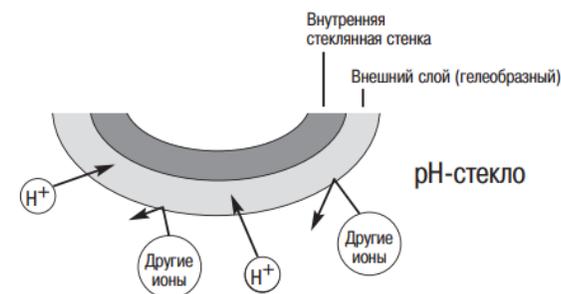
Длина измерительного pH электрода 140 мм

Разъем для подключения электрода BNC

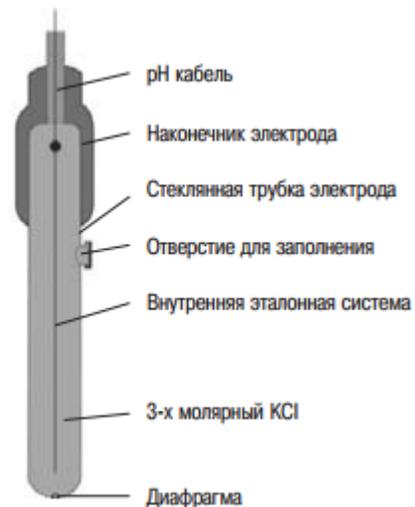
Действие pH-метра основано на измерении величины ЭДС электродной системы, которая пропорциональна активности ионов водорода. Измерительная схема по сути представляет собой вольтметр, проградуированный непосредственно в единицах pH для конкретной электродной системы.



Измерительный электрод



Стеклянная мембрана



Электрод сравнения



Комбинированный электрод

# Датчик рН. Перечень работ

## ▷ 8 класс

- Практическая работа № 4. «Определение рН растворов кислот и щелочей»
- Лабораторный опыт № 9. «Определение рН в разных средах»
- Лабораторный опыт № 10. «Основания. Реакция нейтрализации»
- Лабораторный опыт № 11. «Определение кислотности почвы»

## ▷ 9 класс

- Лабораторный опыт № 6. «Окислительно-восстановительные реакции. Изучение реакции взаимодействия сульфита натрия с пероксидом водорода»
- Лабораторный опыт № 7. «Изменение рН в ходе окислительно-восстановительных реакций»
- Лабораторный опыт № 9. «Основные свойства аммиака»

## ▷ 10-11 классы

- Лабораторный опыт. «Определение электропроводности и рН раствора уксусной кислоты»
- Лабораторный опыт. «Кислотные свойства аминокислот»
- Лабораторный опыт. «Прямое кондуктометрическое определение концентрации соли в растворе»
- Лабораторный опыт. «Сравнительное определение растворимости галогенидов серебра»
- Лабораторный опыт. «Взаимодействие гидроксида бария с серной кислотой»

# Лабораторный опыт № 11.

## Определение кислотности почвы

Определение кислотности почв – наиболее распространенный анализ в растениеводстве. Наиболее простой метод – определение pH солевой вытяжки. В качестве солевой вытяжки используют 1 М раствора хлорида калия.

По степени кислотности, определяемой в солевой вытяжке, почвы делятся на разные типы:

Тип почвы	Значения pH
очень сильно кислые	менее 4
сильно кислые	4,1 – 4,5
средне кислые	4,6 – 5,0
слабо кислые	5,1 – 5,5
близкие к нейтральным	5,6 – 6,0
нейтральные	более 6

Оптимальное значение pH для выращивания ржи, люпина, картофеля, гречихи – 5,5. А для гороха, кукурузы, пшеницы – 6,0 - 7,0.

**Цель работы** – изменение pH почвы.

**Перечень датчиков цифровой лаборатории:**  
датчик pH.

**Дополнительное оборудование:**

мерная колба – 250 мл; цилиндр мерный – 100 мл

**Материалы и реактивы:**

раствор хлорида калия – 1 М.

# Лабораторный опыт № 11.

## Определение кислотности почвы

- ▷ Образец почвы в воздушно-сухом состоянии измельчают (при необходимости просеивают через сито).
- ▷ Взвешивают пробу почвы массой 30 г и помещают в коническую колбу.
- ▷ С помощью мерного цилиндра отмеряют 75 мл 1 М раствора хлорида калия и приливают в колбу.
- ▷ Почву с раствором перемешивают в течение 1 минуты.
- ▷ В полученную суспензию опускают датчик рН и через минуту записывают значение рН.
- ▷ Полученные данные заносят в таблицу и определяют тип почвы.

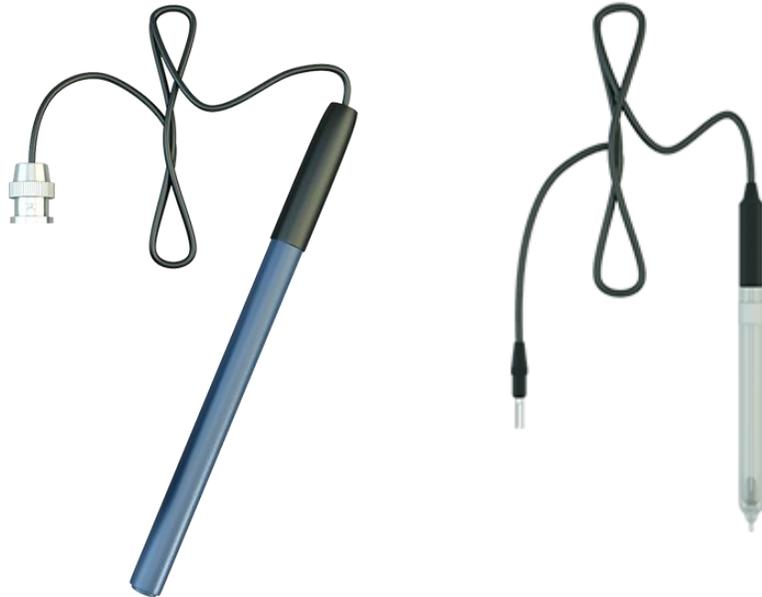
Проба почвы	Значение рН	Тип почвы
Проба № 1		
Проба № ...		

### Контрольные вопросы

1. Какие вещества можно использовать, чтобы снизить кислотность почвы?
2. Какие вещества необходимо внести в почву, чтобы повысить ее кислотность?

# Ионоселективные электроды

$\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$



Ионоселективный электрод

Электрод сравнения

Ионоселективные электроды (ИСЭ) – это специальные электрохимические электроды, равновесный потенциал которых в растворе электролита, содержащего определенные ионы, зависит от концентрации этих ионов. Т. е. это электрохимические электроды, сигнал которых напрямую зависит от содержания измеряемых ионов в растворе.

Преимуществами использования ионоселективных электродов являются:

- ионоселективные электроды не воздействуют на исследуемый раствор;
- ионоселективные электроды и их анализаторы, как правило, портативны;
- возможность применения ионоселективных электродов как для прямого анализа, так и в качестве индикатора в титриметрии.

Ионоселективные электроды с поливинилхлоридной пленочной мембраной.

Мембрана требует бережного обращения, ее нельзя тереть или механически чистить. При работе с этими ионоселективными электродами не допускается присутствие веществ, растворяющих или разрушающих ПВХ.

## Перечень работ:

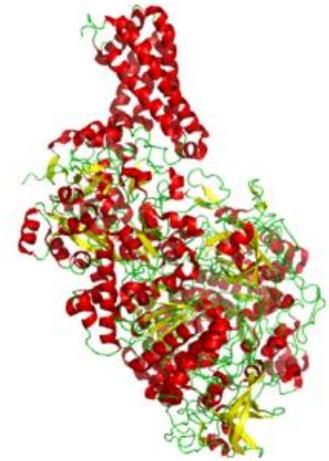
### ▷ 9 класс

- Практическая работа № 3. Определение хлорид-ионов в питьевой воде
- Практическая работа № 4. Определение нитрат-ионов в питательных растворах

# Практическая работа № 4. Определение нитрат-ионов в питательных растворах (с помощью ионоселективного электрода)

Под действием нитратредуктазы нитраты в ЖКТ переходят в нитриты.

При попадании в кровь **нитриты** могут вызывать кислородное голодание, негативно **влиять** на работу желудочно-кишечного тракта. А самое страшное – повышают угрозу онкологических заболеваний.



Нитратредуктаза

**Цель работы** – ознакомить учащихся с методикой определения концентраций веществ (ионов) с помощью ионоселективных датчиков и определение нитрат-ионов в питательном растворе.

**Перечень датчиков цифровой лаборатории:** датчик нитрат-ионов.

**Дополнительное оборудование:** магнитная мешалка; весы аналитические; весы технические; шкаф сушильный общелабораторного назначения; бюкс; колба мерная 1000 см<sup>3</sup> – 1 шт.; пипетка 5 см<sup>3</sup> – 1 шт.; пипетка 10 см<sup>3</sup> – 1 шт.; пипетка 15 см<sup>3</sup> – 1 шт.; колба мерная 100 см<sup>3</sup> – 6 шт.; пипетка градуированная 10 см<sup>3</sup> – 1 шт.; пипетка градуированная 20 см<sup>3</sup> – 1 шт.; цилиндр мерный 25 см<sup>3</sup> – 2 шт.; стакан химический 50 см<sup>3</sup> – 8 шт.; стакан химический 100 см<sup>3</sup> – 1 шт.

**Материалы и реактивы:** нитрат калия

# Практическая работа № 4. Определение нитрат-ионов в питательных растворах (с помощью ионоселективного электрода)

- ▷ Для определения содержания нитрат-ионов в продуктах питания были выбраны сельдерей и молодой картофель
- ▷ Определение проводили ионометрическим методом при помощи цифровой лаборатории Releon и при помощи дифениламина



# Калибровка ионоселективного электрода

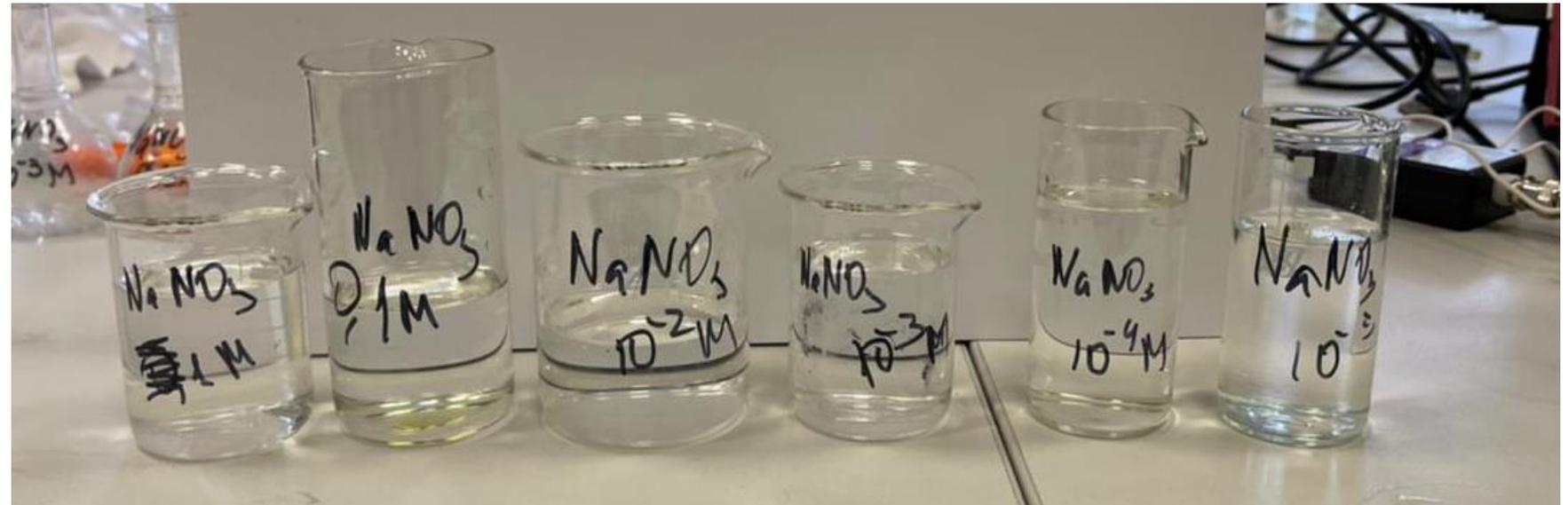
- Подключить датчик нитрат-ионов к персональному компьютеру, к датчику подключить ионоселективный электрод и электрод сравнения.



# Калибровка ионоселективного электрода

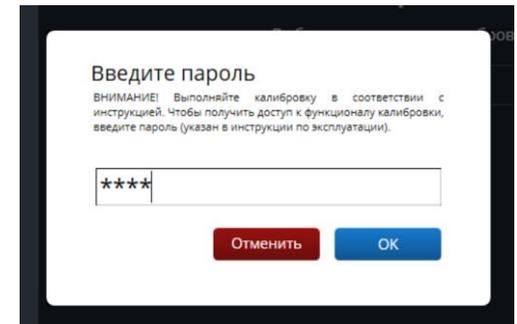
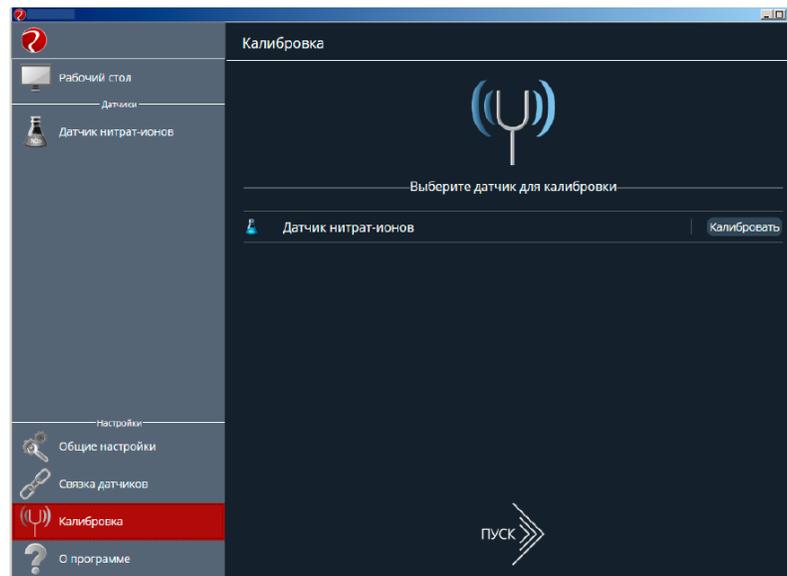
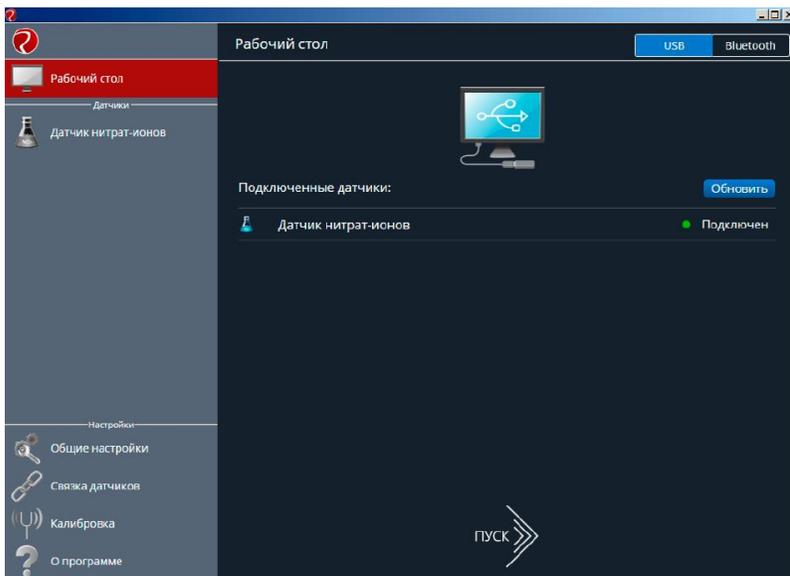
Для калибровки готовят 5 стандартных растворов с содержанием нитрат-ионов:

- 0,1 моль/л,
- 0,01 моль/л,
- $10^{-3}$  моль/л,
- $10^{-4}$  моль/л,
- $10^{-5}$  моль/л.



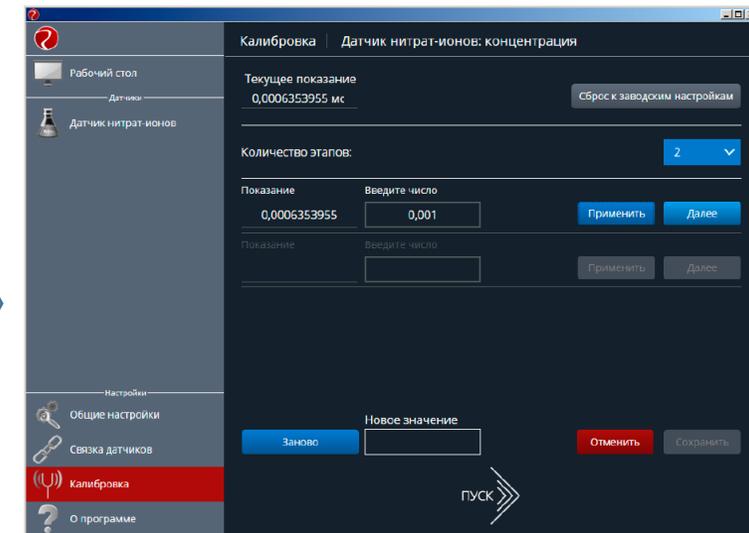
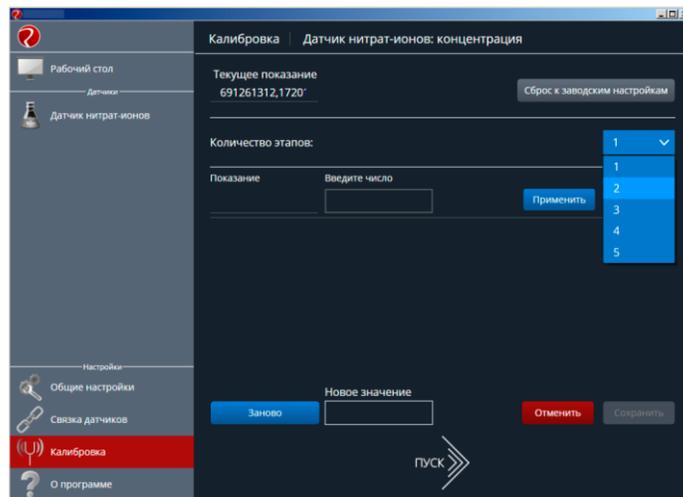
# Калибровка ионоселективного электрода

- Запускаем программу Releon Lite
- Переходим во вкладку «Калибровка», выбираем датчик
- Вводим пароль (пароль по умолчанию – 5102)



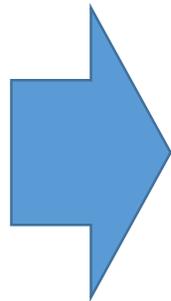
# Калибровка ионоселективного электрода

- Вводим количество этапов калибровки (кол-во стандартных растворов)
- Переносим ионоселективный электрод и электрод сравнения в первый стандартный раствор (обычно от меньшей концентрации переходят к большей), а также вводим концентрацию стандартного раствора в поле «введите число», ожидаем 2–3 минуты для стабилизации показаний, нажимаем «Применить», нажимаем «Далее».
- Повторяем с оставшимися стандартными растворами.
- Нажимаем кнопку «Сохранить».



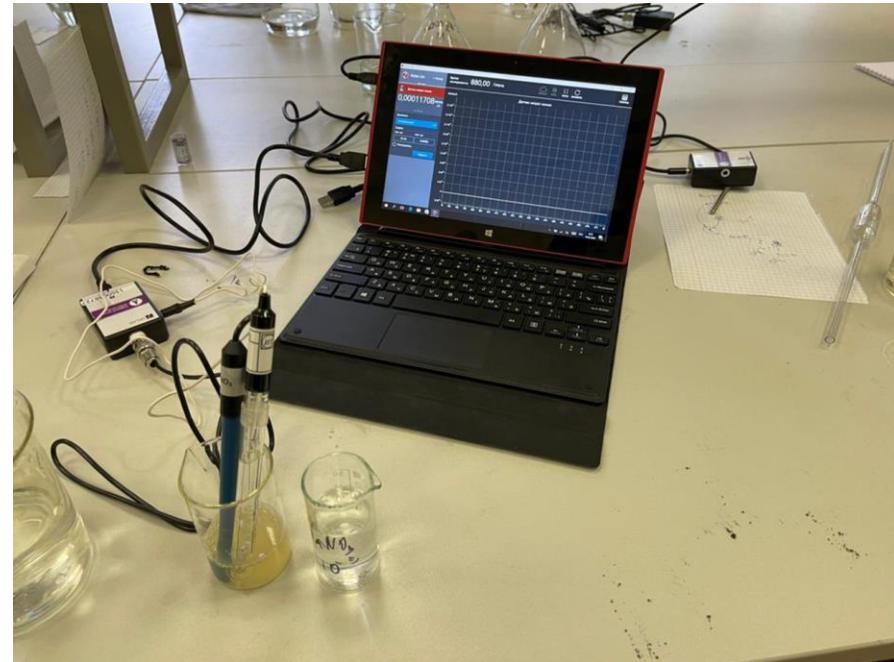
# Подготовка образцов продуктов питания

- На терке измельчают образец овоща или фрукта и гомогенизируют
- Навеску пробы (около 10 г) переносят в мерную колбу на 50 мл и доводят до метки дистиллированной водой



# Подготовка образцов продуктов питания

- Смесь тщательно перемешивают (5–7 минут) и фильтруют
- В фильтрат переносят ионоселективный электрод и электрод сравнения цифровой лаборатории Releon
- Производят замер содержания нитрат-ионов в полученном образце



# Обработка полученных значений

- Обрабатывают полученные значения (файл Excel) для получения массового содержания нитрат-ионов в продуктах питания



Ботва сельдерея  
**172.07 мг/кг**

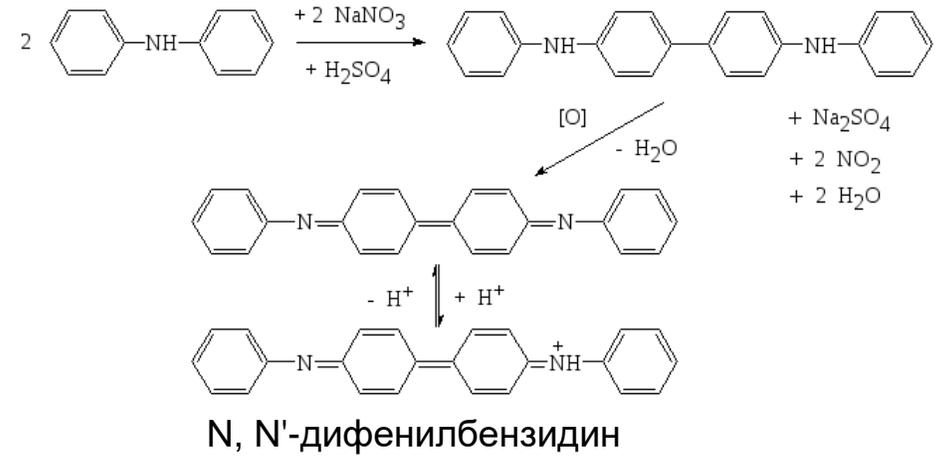


Корень сельдерея  
**425.0 мг/кг**



Картофель молодой  
**36.30 мг/кг**

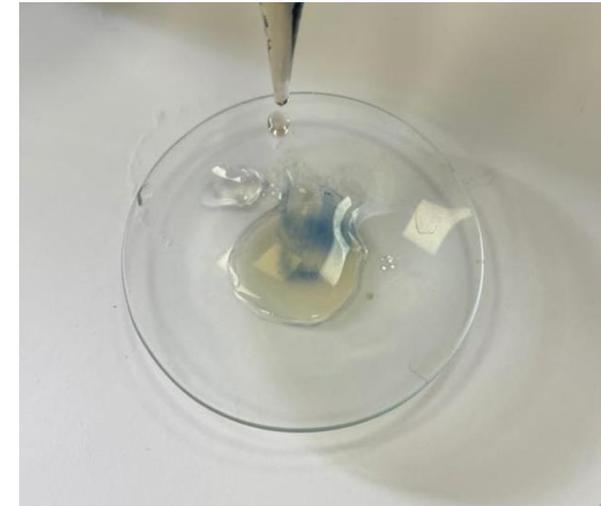
# Оценка содержания нитрат-ионов при помощи дифениламина



N, N'-дифенилбензидин на корне сельдерея



N, N'-дифенилбензидин в пробе после измельчения



N, N'-дифенилбензидин в пробе ботвы сельдерея после фильтрации

# ПДК нитрат-ионов в продуктах питания

Продукт	Содержание, мг/кг
<b>Картофель</b>	<b>250</b>
Капуста белокочанная ранняя	900
Капуста белокочанная поздняя	500
Морковь ранняя	400
Морковь поздняя	250
Томаты	150/300
Огурцы	150/400
Свекла столовая	1400
Лук репчатый	80
Листовые овощи (салат, петрушка, укроп)	2000
Перец сладкий	200
Кабачки	400
Дыни	90
Арбузы	60
Виноград	60
Яблоки, груши	60



Ботва  
сельдерея  
**172.07 мг/кг**



Корень  
сельдерея  
**425.0 мг/кг**



Картофель  
молодой  
**36.30 мг/кг**

# Датчик электропроводности

## Спецификация

Диапазон измерения 1	от 0 до 200 мкСм/см
Диапазон измерения 2	от 0 до 2000 мкСм/см
Диапазон измерения 3	от 0 до 20000 мкСм/см
Разрешение 1 (для диапазона 1)	0,5 мкСм/см
Разрешение 2 (для диапазона 2)	5 мкСм/см
Разрешение 3 (для диапазона 3)	20 мкСм/см
Длина измерительного щупа	155 мм
Разъем для подключения щупа	BNC



Сопротивление раствора  $R$  прямо пропорционально расстоянию между электродами  $l$  и обратно пропорционально площади их поверхности  $S$ ,  $\rho$  – удельное сопротивление (Ом·м):

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S},$$

Электропроводность – величина, обратная сопротивлению:

$$\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R} \cdot \frac{l}{S}.$$

По значениям электропроводности можно вычислить:

- константу диссоциации слабых электролитов, их степень диссоциации;
- произведение растворимости малорастворимых соединений;
- константу нестойкости комплексных соединений;
- pH растворов кислот и оснований.

# Датчик электропроводности. Перечень работ

## ▷ 8 класс

- Лабораторный опыт № 4. «Определение водопроводной и дистиллированной воды»

## ▷ 9 класс

- Практическая работа № 1. «Электролиты и неэлектролиты»
- Лабораторный опыт № 1. «Влияние растворителя на диссоциацию»
- Лабораторный опыт № 2. «Сильные и слабые электролиты»
- Лабораторный опыт № 3. «Зависимости электропроводности растворов сильных электролитов от концентрации ионов»
- Практическая работа № 2. «Определение концентрации соли по электропроводности раствора»
- Лабораторный опыт № 4. «Реакции ионного обмена. Взаимодействие гидроксида бария с серной кислотой»
- Лабораторный опыт № 5. «Образование солей аммония»
- Лабораторный опыт № 9. «Основные свойства аммиака»
- Лабораторный опыт №10. «Определение аммиачной селитры и мочевины»

## ▷ 10-11 классы

- Лабораторный опыт. «Определение электропроводности и рН раствора уксусной кислоты»
- Лабораторный опыт. «Кислотные свойства аминокислот»
- Лабораторный опыт. «Прямое кондуктометрическое определение концентрации соли в растворе»
- Лабораторный опыт. «Сравнительное определение растворимости галогенидов серебра»
- Лабораторный опыт. «Взаимодействие гидроксида бария с серной кислотой»

# Лабораторный опыт № 1.

## «Влияние растворителя на диссоциацию»

- ▷ **Цель работы** – сформировать представление о роли растворителя в электролитической диссоциации.
- ▷ **Перечень датчиков цифровой лаборатории:** датчик электропроводности.
- ▷ **Дополнительное оборудование:** два высоких химических стакана (50 мл); стеклянная палочка.
- ▷ **Материалы и реактивы:**  $\text{CuCl}_2$  безводный (имеет коричневый цвет. Получают, нагревая кристаллогидрат в чашке для выпаривания. Хранят в плотно закрытом сосуде); ацетон или спирт.

### **Инструкция к выполнению:**

- ▷ В химический стакан насыпьте ~0,5 г безводного хлорида меди (II)  $\text{CuCl}_2$  и налейте ~25 мл спирта или ацетона.
- ▷ Растворите вещество, перемешивая содержимое стакана стеклянной палочкой. Если растворить соль полностью не удастся, аккуратно слейте полученный раствор в другой стакан.
- ▷ Погрузите в раствор щуп датчика электропроводности и измерьте электропроводность.
- ▷ **Обратите внимание** на цвет раствора. Прилейте к раствору 25 мл воды. Перемешайте, обратите внимание на изменение окраски.
- ▷ Измерьте электропроводность полученного раствора.

Вещество	Электропроводность в спирте (ацетоне)	Электропроводность после добавления воды
Хлорид меди (II)		

# Лабораторный опыт № 1.

## «Влияние растворителя на диссоциацию»

### **Выводы:**

Отразить влияние растворителя на электропроводность соли.

### **Контрольные вопросы:**

1. О чем свидетельствует рост электропроводности соли при добавлении воды?
2. Почему изменяется цвет раствора?
3. Как влияет природа растворителя на электролитическую диссоциацию?

Вещество	Электропроводность в спирте (ацетоне)	Электропроводность после добавления воды
Хлорид меди (II)		

# Датчик мутности раствора (турбидиметр)

В турбидиметре используется метод светорассеяния (ИК 940 нм), определяемый под углом 90° к источнику.

## Спецификация

Диапазон измерения	от 0 до 200 NTU
Разрешение	1 NTU
Длина волны источника света	940 нм



Мутность воды определяется через сравнение исследуемой воды со стандартными взвешями.

Агентство защиты окружающей среды США и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) используют для измерения мутности единицу (англ.) NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

Причинами мутности воды может быть наличие:

- песка
- глины
- неорганических малорастворимых соединений
- органических примесей и живущих существ (бактерио-, фито- или зоопланктона)

Мутность является полезным индикатором общей степени загрязненности воды, которая может являться результатом попадания в источники водозабора дождевых и талых вод, смывающих загрязнения с прибрежных зон, а также промышленных и сельскохозяйственных стоков.

## Перечень работ

- ▷ 10-11 классы
  - «Оптические свойства коллоидных растворов»
  - «Коагулирующее действие различных ионов»

# Датчик оптической плотности (колориметр)

## Спецификация

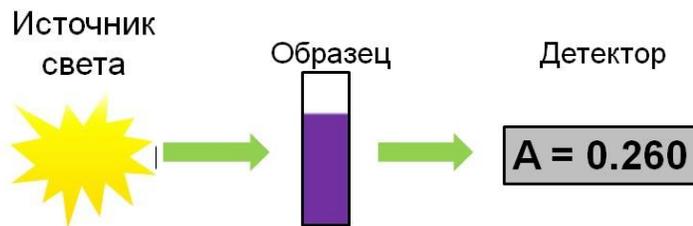
Длины волн источника света	465, 520, 630 нм
Диапазон измерения коэффициента пропускания света	от 0 до 100 %
Разрешение при измерении коэффициента пропускания	0,1 %
Диапазон измерения оптической плотности	от 0 до 2 D
Разрешение при измерении оптической плотности	0,01 D
Количество кювет в комплекте	5 шт
Длина оптического пути кюветы	10 мм
Объем кюветы	4 мл



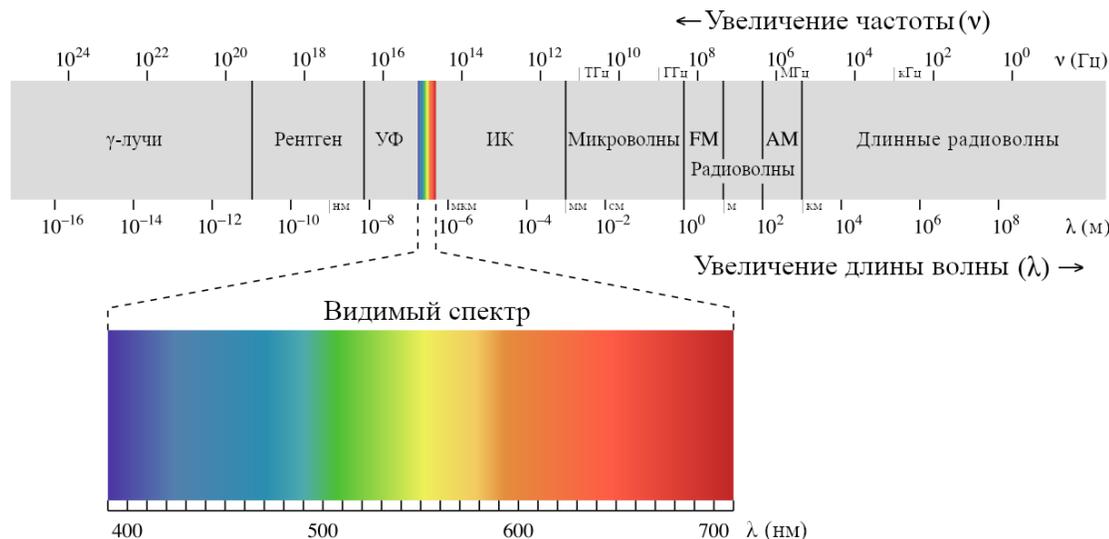
## Перечень работ:

### ▷ 8-9 классы:

- Практическая работа № 2. «Определение концентрации веществ колориметрически по калибровочному графику»



Принцип работы колориметра



Спектр электромагнитного излучения

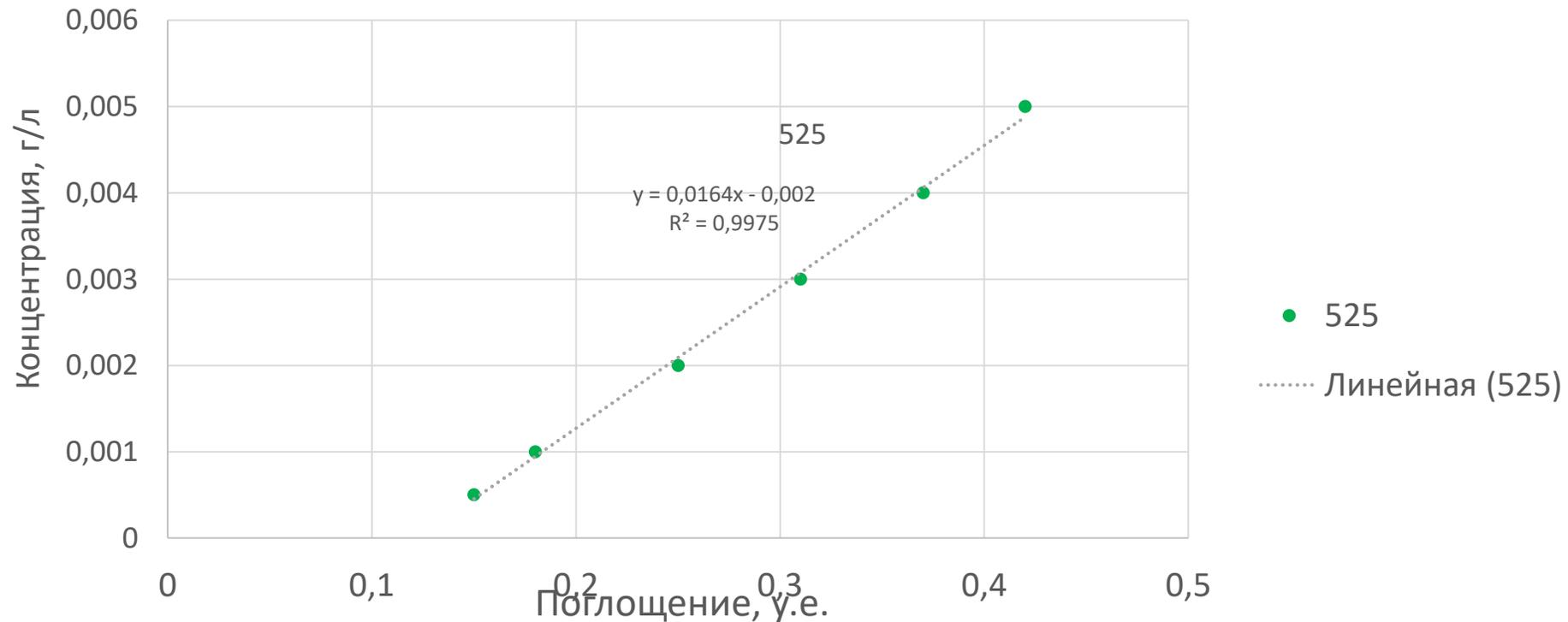
# Оптическая плотность

Оптическая плотность — мера ослабления света прозрачными объектами (такими, как кристаллы, стекла, фотоплѐнка) или отражения света непрозрачными объектами (такими, как фотография, металлы и т. д.).

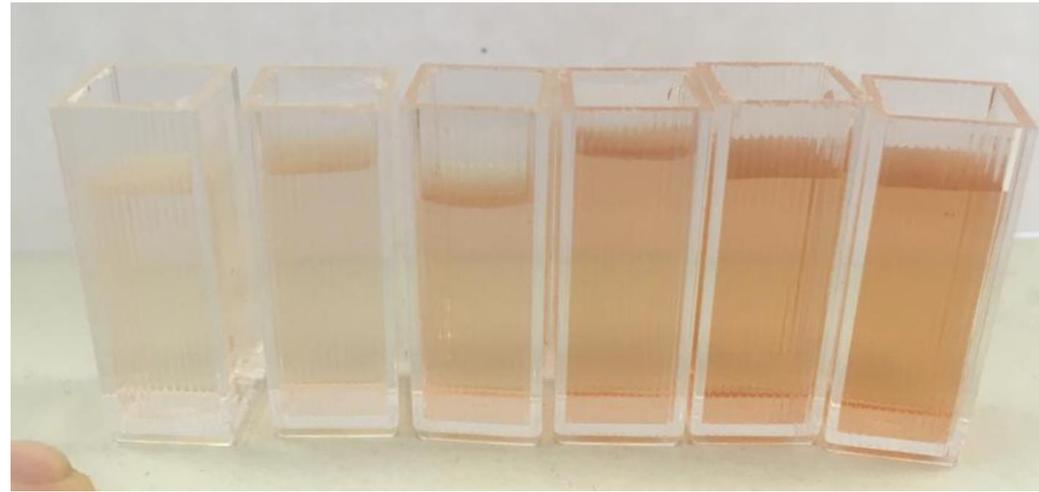
$$D = \lg \frac{\Phi_{in}}{\Phi_{out}}$$

$$I(l) = I_0 e^{-k_\lambda l},$$

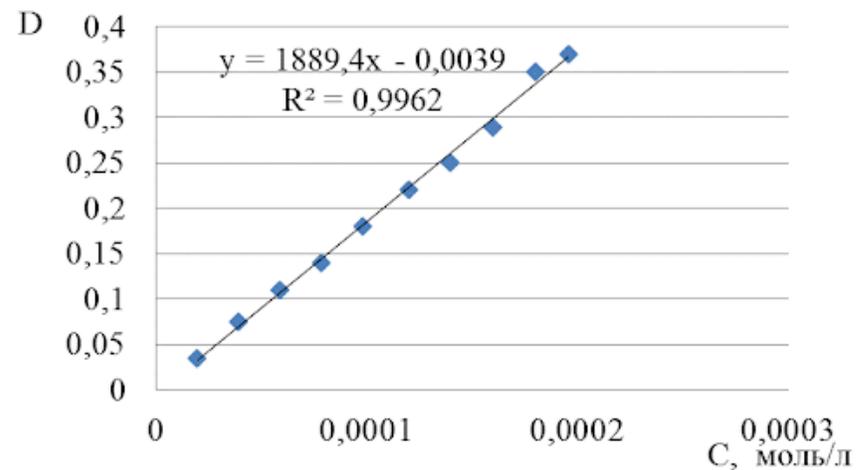
$$k_\lambda = \chi_\lambda C,$$



# Количественное определение содержания окрашенных соединений



$$I(l) = I_0 e^{-k\lambda l}$$



По уравнению и значению экспериментального светопоглощения находим содержание определяемого вещества

# Методика приготовления стандартных растворов для градуировки

Стандартный раствор  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$

- Навеску  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  массой 4,318 г поместили в мерную колбу на 500 мл, добавили 10 мл р-ра  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , довели до метки дистиллированной водой (раствор 1г/мл)
- Отобрали аликвоту объемом 5 мл в мерную колбу на 500 мл, добавили раствор  $\text{KSCN}$  (5мл), довели до метки (получившаяся концентрация  $C=0.01$  г/л), наблюдали изменение окраски раствора



# Методика приготовления стандартных растворов для градуировки

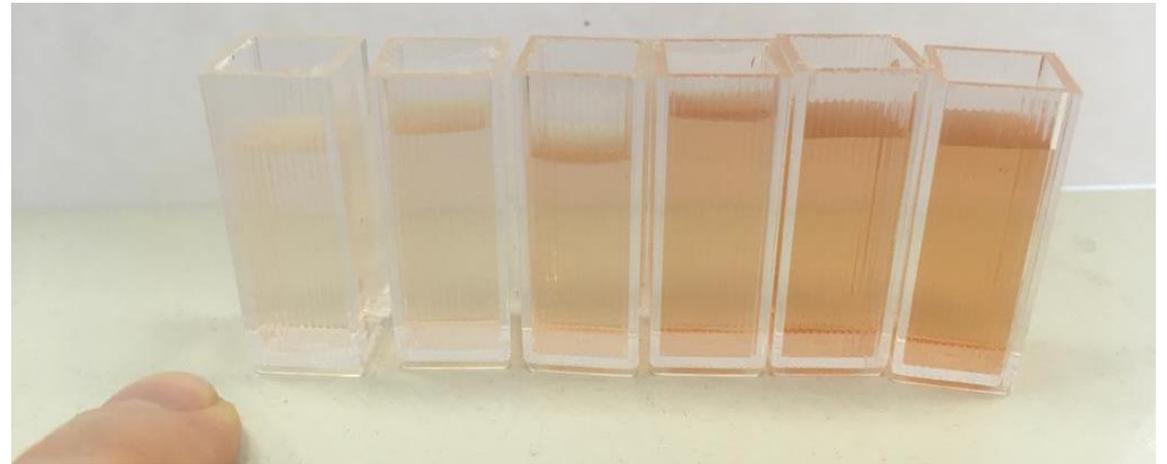
Далее в колбы на 50 мл отбираем

1. 5 мл р-ра с  $C=0.01$  г/л, доводим дист. водой до метки ( $C=10^{-3}$  г/л)
2. 2,5 мл р-ра с  $C=0.01$  г/л, доводим дист. водой до метки ( $C=5 \cdot 10^{-4}$  г/л)
3. 10 мл р-ра с  $C=0.01$  г/л, доводим дист. водой до метки ( $C=2 \cdot 10^{-3}$  г/л)
4. 15 мл р-ра с  $C=0.01$  г/л, доводим дист. водой до метки ( $C=3 \cdot 10^{-3}$  г/л)
5. 20 мл р-ра с  $C=0.01$  г/л, доводим дист. водой до метки ( $C=4 \cdot 10^{-3}$  г/л)
6. 25 мл р-ра с  $C=0.01$  г/л, доводим дист. водой до метки ( $C=5 \cdot 10^{-3}$  г/л)



# Построение калибровочной зависимости концентрации $\text{Fe}^{3+}$ от аналитического сигнала на разных длинах волн

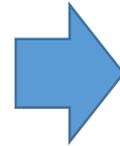
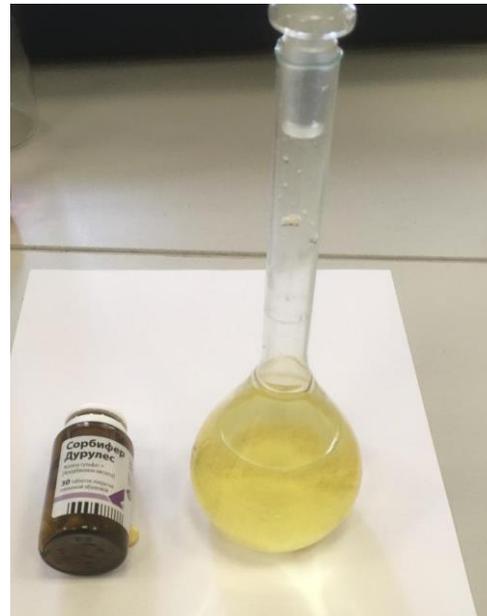
- Переносим растворы стандартов в соответствующие кюветы (около  $\frac{3}{4}$  объема кюветы).



- Производим измерение оптической плотности калибровочных стандартных растворов на 525 нм и заполняем таблицу (см. следующий слайд)

# Подготовка проб для анализа

- Одну таблетку перетираем в ступке, порошок переносим в мерную колбу на 200 мл, добавляем 5 мл конц.  $\text{HNO}_3$  (63%), доводим дистиллированной водой до метки, оставляем образец на сутки.
- Фильтруем образец, отбираем аликвоту 1 мл в мерную колбу на 50 мл, добавляем 5 мл  $\text{KSCN}$ , доводим дистиллированной водой до метки.
- Переносим пробу в кювету и производим измерение оптической плотности на 4 длинах волн

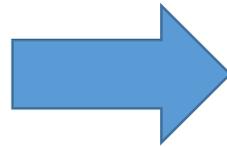




# Подготовка проб для анализа.

## Качественное и количественное определение $\text{Fe}^{2+}$ и $\text{Fe}^{3+}$ в питьевой воде

- Отбор пробы из-под крана (0,5 л)
- Была отобрана аликвота объемом 5 мл в мерную колбу объемом 50 мл; для подавления гидролиза ионов железа добавляем 2 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , затем добавили 5 мл раствора  $\text{KSCN}$  (10%).



# Замер и обработка данных

- Переносим пробу в кювету и производим измерение оптической плотности на 4 длинах волн
- Полученные данные переносим в файл Excel

Градуировка						
	1	2	3	4	5	6
425	0,48	0,5	0,56	0,64	0,69	0,75
470	0,05	0,09	0,18	0,28	0,34	0,44
525	0,15	0,18	0,25	0,31	0,37	0,42
585	0,49	0,5	0,51	0,54	0,55	0,58
Ст, г/л	0,0005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
Вода						
Расчет	Поглощение	Концентрация, г/л	Объем отобранной аликвоты			
Вода 425	0,47	0,000367	0,005 л			
Вода 470	0,06	0,000696	Объем, в котором была растворена аликвота			
Вода 525	0,15	0,00046	0,05 л			
Вода 585	0,49	0,000647	Масса вещества железа в аликвоте			
		0,0005425	0,000027125 г			
			Концентрация ионов Fe в воде			
			5,425 мг/л			
			ПДК Железа в питьевой воде (СанПин 2.1.4.1175-02)			
			0,3 мг/л			

Спасибо за внимание!

