

Лабораторный эксперимент с применением цифровой лаборатории

Цифровые информационные технологии за последние десять лет весьма активно внедряются в школах, однако используют их достаточно мало. Причиной тому может быть отсутствие методической поддержки, что приводит к непониманию: а) их места в курсе химии, б) их места на уроке химии и в) способов работы с ними.

Демонстрационные и лабораторные работы по химии частично перекрываются, т. е. один и тот же опыт учитель может продемонстрировать, а учащиеся — проделать самостоятельно. При наличии в кабинете и демонстрационного, и лабораторного комплектов выбор остаётся за учителем, однако лучше дублировать демонстрационный и лабораторный опыты с целью повышения эффективности усвоения учащимися сути эксперимента.

Для демонстрации экспериментов, проводимых учителем, необходим медиапроектор или документ-камера. Желательно также работать с интерактивной доской. При её отсутствии рекомендуется пользоваться беспроводную клавиатуру и мышь.

Набор оборудования **Vernier** для проведения демонстрационных экспериментов по химии был поставлен в ряд школ не только г.Казани, и по всей Республике. Он включает программное обеспечение и аппаратную часть — систему сбора данных и датчики. С помощью этого оборудования можно измерять ряд физических и химических параметров различных сред, а также проследивать их изменение во времени, в зависимости от других параметров или при изменении тех или иных условий (в частности, при смешении веществ). Тем самым демонстрационный экспериментальный комплект Vernier позволяет экспериментально вводить ряд понятий и количественных закономерностей, которые без него ввести практически невозможно. Демонстрационный экспериментальный комплект включает следующую аппаратную часть.

- Датчик электрической проводимости — позволяет продемонстрировать электролитическую диссоциацию и количественно проследить её закономерности, а также закономерности ионообменных реакций.
- Датчик pH — предназначен для измерения pH различных объектов; он позволяет количественно ввести понятие «водородный показатель» и, как следствие, количественно раскрыть понятия «сила электролита», «гидролиз», «константа равновесия».
- Датчик температуры — возможность количественно характеризовать условия протекания тех или иных процессов и их тепловые эффекты.
- Датчик оптической плотности — позволяет практически непосредственно следить за концентрацией окрашенных веществ в растворах. В частности, благодаря этому датчику появилась возможность непрерывно следить за концентрацией реагентов в ходе реакции, определяя тем самым её скорость.
- Спектрофотокориметр
- УИОД LabQuest – устройство для измерения и обработки данных.

Обработка данных, полученных в демонстрационных и лабораторных экспериментах, выполняется с помощью программного обеспечения LoggerPro. Демонстрационный экспериментальный комплект дополняет классические «визуальные» эксперименты, которые по-прежнему составляют большую часть демонстраций в школьном курсе химии.

Данная разработка описывает пошаговое выполнение эксперимента с применением датчика электропроводности по определению концентрации раствора слабого электролита.

Практическая работа «Определение концентрации фосфат - ионов методом кондуктометрического титрования»

Место работы в курсе химии. 9-11 класс;

Тема «Растворы», «Электролитическая диссоциация», «Электролиты и неэлектролиты»; возможно проведение в рамках факультативных занятий. Работа может служить тренировочной работой для осуществления исследовательской деятельности во внеурочное время. По предложенному алгоритму можно выполнить более сложные определения. Данным методом можно количественно определять растворы слабых электролитов, при условии, что электропроводность искомого раствора и титранта сильно отличаются друг от друга.

Работу целесообразно проводить после изучения темы «Количество вещества и молярная масса»; учащиеся должны знать способы выражения концентрации растворов.

Режим проведения. Практическая работа (сложная) на весь урок (40—45 мин).

Актуальность. В ходе работы школьники получают представление о свойствах растворов, зависящих от концентрации; усваивают понятие «концентрация раствора»; приобретают навык количественного анализа растворов.

Для выполнения работы школьники должны:

- ☐ знать, что такое раствор, способы выражения концентрации раствора;
- ☐ уметь готовить раствор определённой концентрации;
- ☐ уметь рассчитывать концентрации растворов, полученных разбавлением более концентрированных растворов;
- ☐ знать, что такое график функции, абсцисса и ордината;
- ☐ уметь строить прямую по точкам;
- ☐ знать уравнение прямой $y = A \cdot x + B$ и уметь определять параметры A и B по графику прямой.

Краткое описание. Школьники готовят раствор анализируемой пробы, раствор титранта. Постепенно прикапывая титрант, измеряют электропроводность

раствора, наблюдают излом на графике, определяют точный объем титранта, определяют концентрацию вещества в пробе.

Меры безопасности и первая помощь. Школьники должны работать в халатах, приготовление раствора хлорида бария производят под наблюдением учителя или лаборанта.

Оборудование. Компьютер, УИОД; датчик электрической проводимости; штатив универсальный с двумя лапками и муфтами; бюретка для титрования; стакан химический 150 мл; стакан химический; цилиндр мерный 100 мл; ёмкость для слива.

Реактивы и расходные материалы. Дистиллированная вода (200—250 мл); хлорид бария; бумажные салфетки.

Теоретическая основа:

Кондуктометрическим называется метод, основанный на измерении электропроводности растворов (*conductivity* – электропроводность). Электропроводность раствора зависит от температуры, от природы и концентрации растворенного вещества.

Количественной мерой способности электролита проводить электрический ток служит *удельная электропроводность*, величина, обратная удельному сопротивлению.

Удельной электропроводностью называется электропроводность столба жидкости длиной 1 м при поперечном сечении (s) 1 м^2 . В системе СИ эта единица получила название сименс (См) на метр (м) и обозначается буквой σ ($\text{См}\cdot\text{м}^{-1}$). В химии чаще используют размерность величины σ ($\text{См}\cdot\text{см}^{-1}$) или σ ($\text{мСм}\cdot\text{см}^{-1}$).

Чем больше переносчиков заряда, то есть ионов в растворе, тем больше его электрическая проводимость. Удельная проводимость возрастает практически линейно с ростом концентрации.

Кондуктометрическое титрование основано на изменении электропроводности раствора при химических реакциях, связанном с изменением концентрации ионов различной подвижности. Достоинства кондуктометрии: высокая чувствительность (нижняя граница определяемых концентраций $\sim 10^{-4}$ - 10^{-5} М), достаточно высокая точность (относительная погрешность определения 0,1-2%), простота методик, доступность аппаратуры, возможность исследования окрашенных и мутных растворов, а также автоматизации анализа.

В прямой кондуктометрии непосредственно определяют концентрацию электролита по электропроводности его раствора (если между этими величинами имеется линейная зависимость). Метод применяется главным образом для анализа разбавленных растворов. Кривые титрования, представляющие собой зависимость электропроводности от количества прибавленного реагента (титранта), имеют излом в точке эквивалентности.

Выполнение определения. В растворе фосфат - ионы образуют с катионом бария нерастворимое соединение: $\text{Ba}^{2+} + \text{HPO}_4^{2-} = \text{BaHPO}_4\downarrow$

Для измерения электропроводности используется устройство измерения и обработки данных (УИОД) (рис 1) и датчик электропроводности (рис.2).

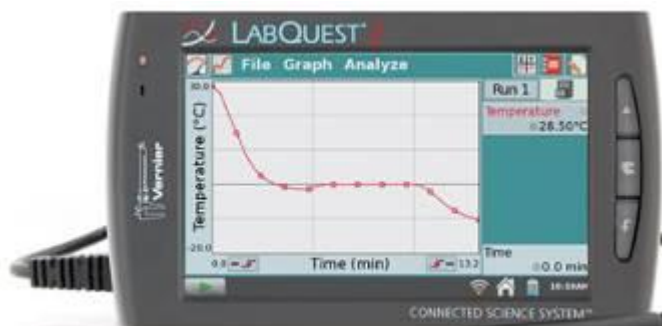


Рис. 1 Устройство измерения и обработки данных (УИОД) Рис.2 Датчик электрической проводимости.

- 1) Для кондуктометрического определения фосфатов необходимо приготовить 0,1 М раствор титранта - хлорида бария, растворив 6,1 г кристаллогидрата в 100 мл дистиллированной воды, и доведя раствор до объёма 250 мл.
- 2) Отобрать строго определённый объём (аликвоту) исследуемого раствора - 25 мл, после первого титрования если необходимо, разбавить до 50 мл.
- 3) стакан с исследуемым раствором поместить на магнитную мешалку, установленную на штативе, разместив его таким образом, чтобы капли титранта попадали в стакан, но не попадали на датчик электропроводности (рис.3).

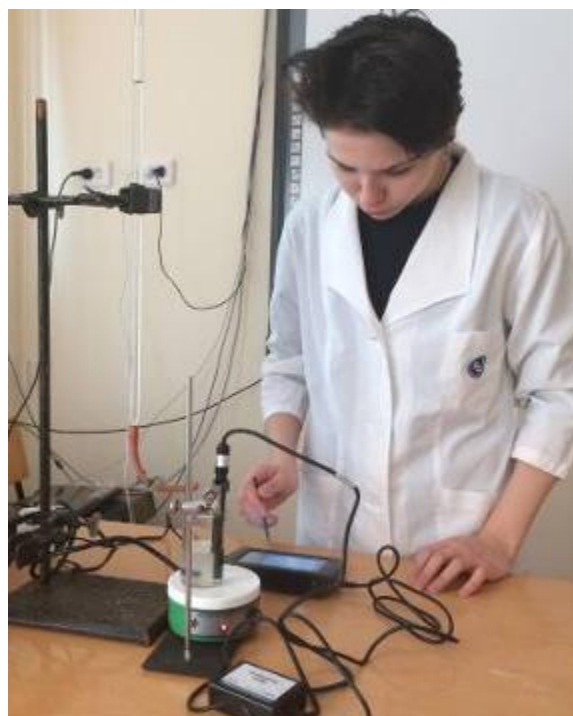
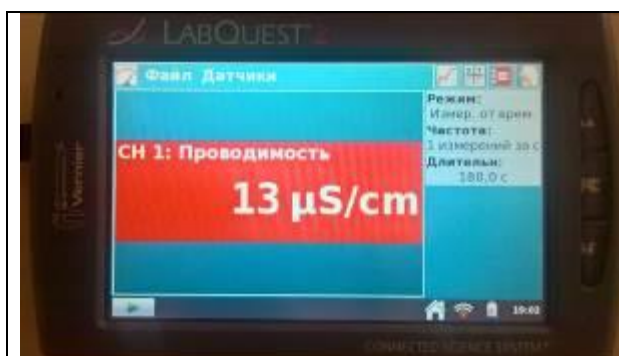
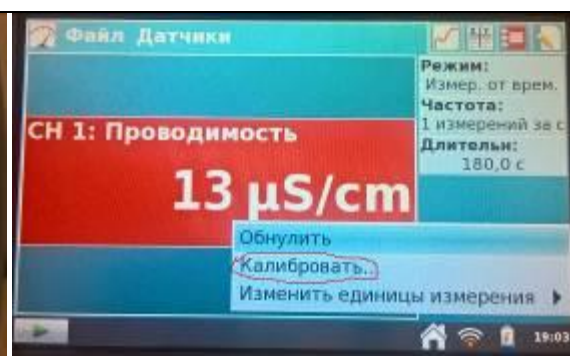


Рис.3 Установка для титрования

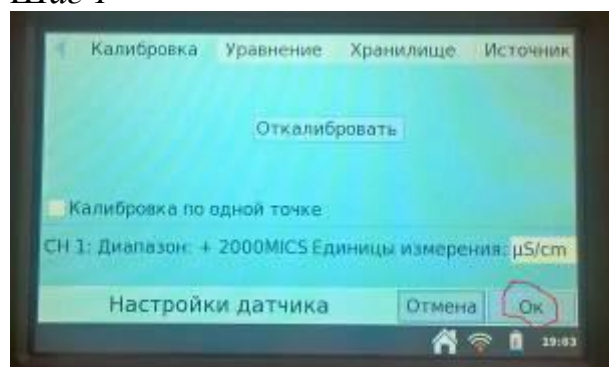
- 4) Подключить датчик электропроводности к УИОД и переключить его в диапазон 0—2000 мкСм/см, произвести калибровку прибора по двум точкам: 0- соответствует дистиллированной воде и 1000 – 1М раствор хлорида натрия (рис.4 – шаг 1-6). Датчик автоматически обнаруживается УИОД. Касанием сенсорного экрана открывается окно с калибровкой.



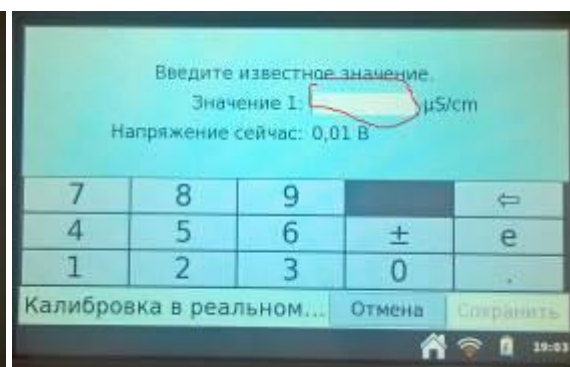
Шаг 1



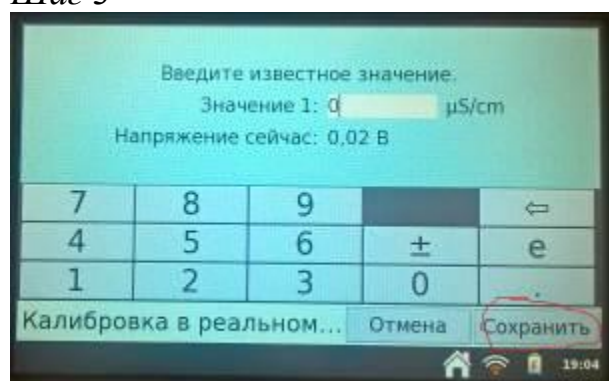
Шаг 2



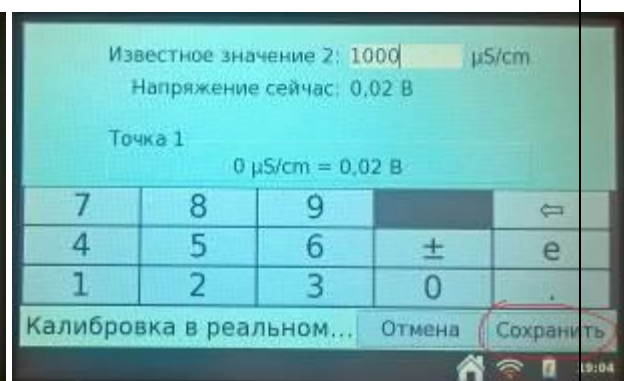
Шаг 3



Шаг 4



Шаг 5



Шаг 6

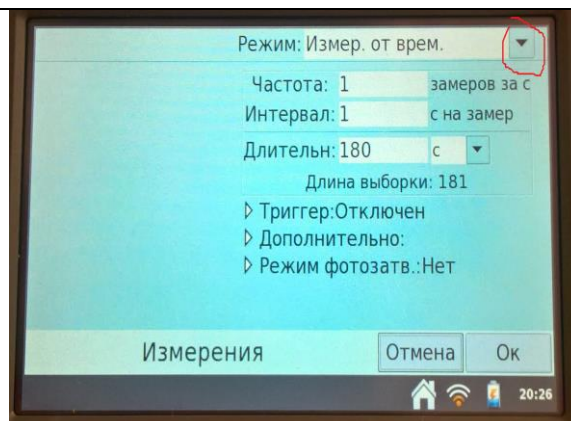
Рис.4. Последовательность калибровки датчика

- 5) Щуп датчика погрузить в раствор так, чтобы электроды были полностью залиты раствором. При работе с датчиком электрической

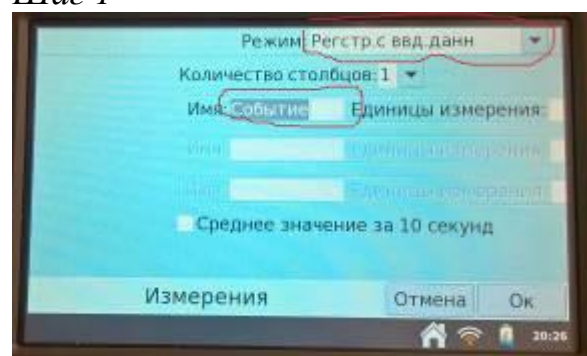
проводимости необходимо следить, чтобы между электродами не попадал воздух. В меню нажать «измерения», выбрать режим «с вводом данных», ввести имя события и единицы измерения «объем, мл» (рис.5 – шаги 1-6).



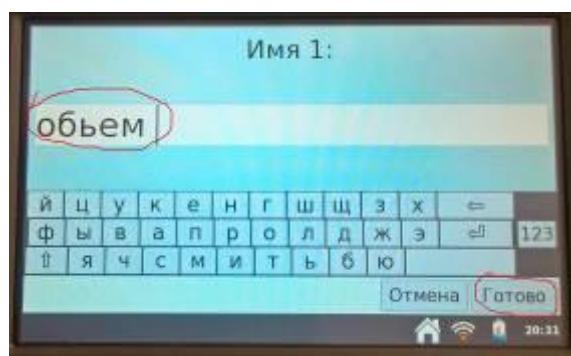
Шаг 1



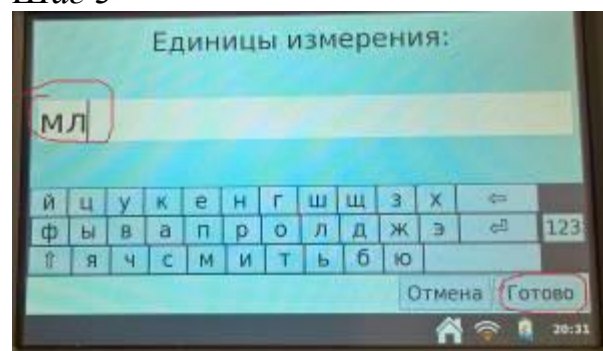
Шаг 2



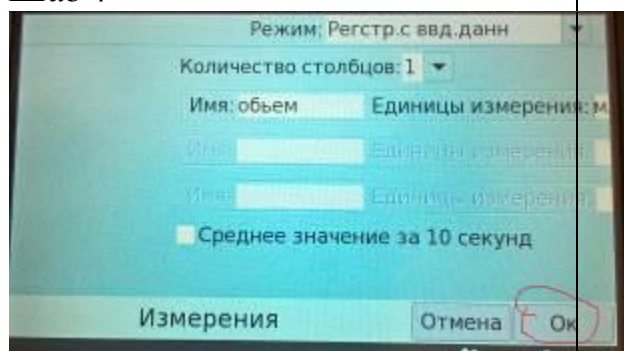
Шаг 3



Шаг 4



Шаг 5



Шаг 6

Рис.5 Подготовка датчика к началу работы

Подождать, пока показания на экране стабилизируются, нажать «пуск» и зафиксировать первое показание датчика (рис.6 – шаг 1-4). Для этого нажать «сбор», далее «записать». В окне редактирования ввести «0», то есть текущее показание объема в бюретке в мл. Нажать «Ок», чтобы сохранить первую пару данных эксперимента.



Рис.6 Порядок фиксации данных эксперимента

- б) Далее включить мешалку, к пробе маленькими порциями добавлять титрант до тех пор, пока определяемое вещество в пробе полностью не прореагирует. Объем добавляемого титранта устанавливается для каждой пробы экспериментально. Изначально удобно брать объем 1-2 мл. После каждой порции титранта повторять процедуру с фиксацией объема. Постепенно прикапывая титрант, можно наблюдать помутнение раствора и изменение значений электропроводности. Одновременно на экране УИОД будут появляться точки, и вырисовываться график зависимости электропроводности от концентрации (рис.7).

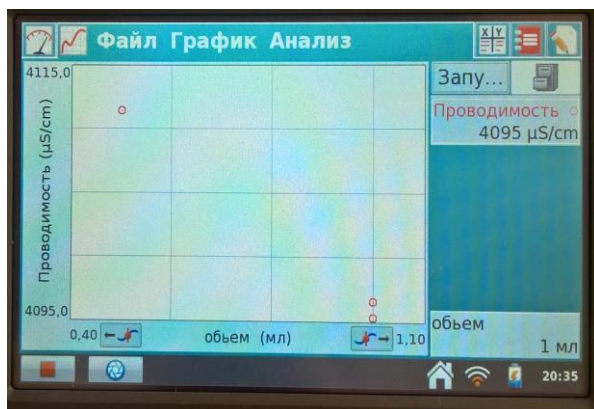
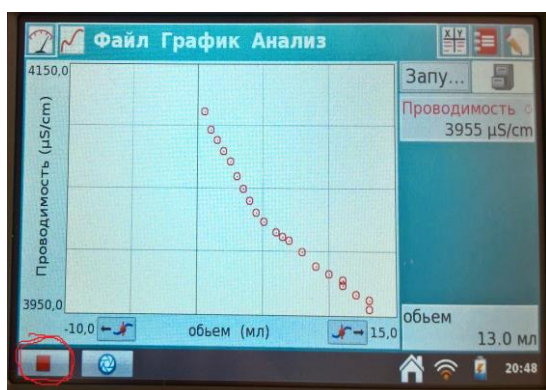
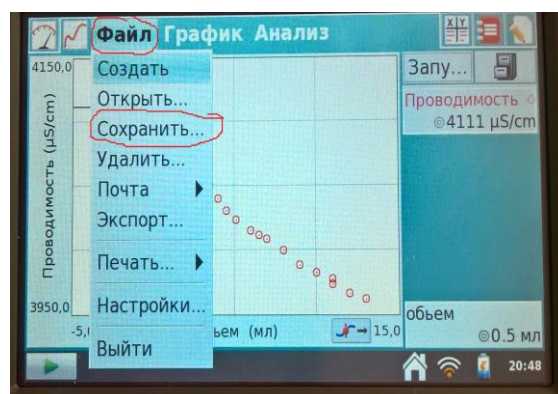


Рис.7 Изменение электропроводности

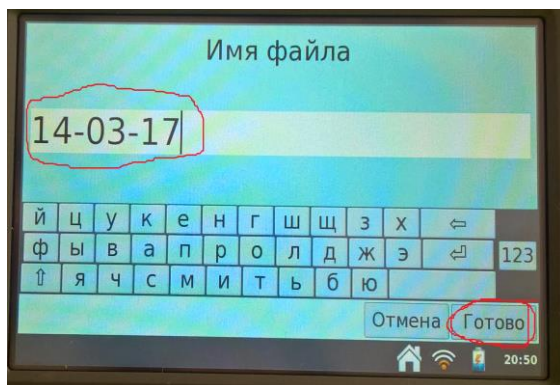
- 7) Кривая титрования в некоторый момент времени получает излом, то есть нарушается прямая линия, после этого необходимо зафиксировать еще несколько точек. После завершения сбора данных необходимо нажать «СТОП» и сохранить данные (рис.8 шаги 1-3).



Шаг 1



Шаг 2



Шаг 3

Рис.8 Окончание процесса измерений

- 8) Слить содержимое стакана согласно указаниям учителя.

9) Определить объём титранта, истраченный на полное связывание фосфат - иона вещества. Обработку данных удобно проводить с помощью программного приложения LoggerPro. Для этого необходимо открыть файл в программе.

Перелом кривой происходит в точке эквивалентности, т. е. при таком объёме титранта, при котором с ним прореагировали все определяемые ионы. Для точного определения объёма в точке эквивалентности необходимо приблизить левую и правую части кривой титрования (в меню выбрать «анализ», «аппроксимация прямой»; программа усреднит значения, проведет прямую, приближенную ко всем точкам, точно выведет уравнение прямой). В точке пересечения прямых и будет искомым объём. В зависимости от электропроводности раствора и титранта графики могут выглядеть по-разному.

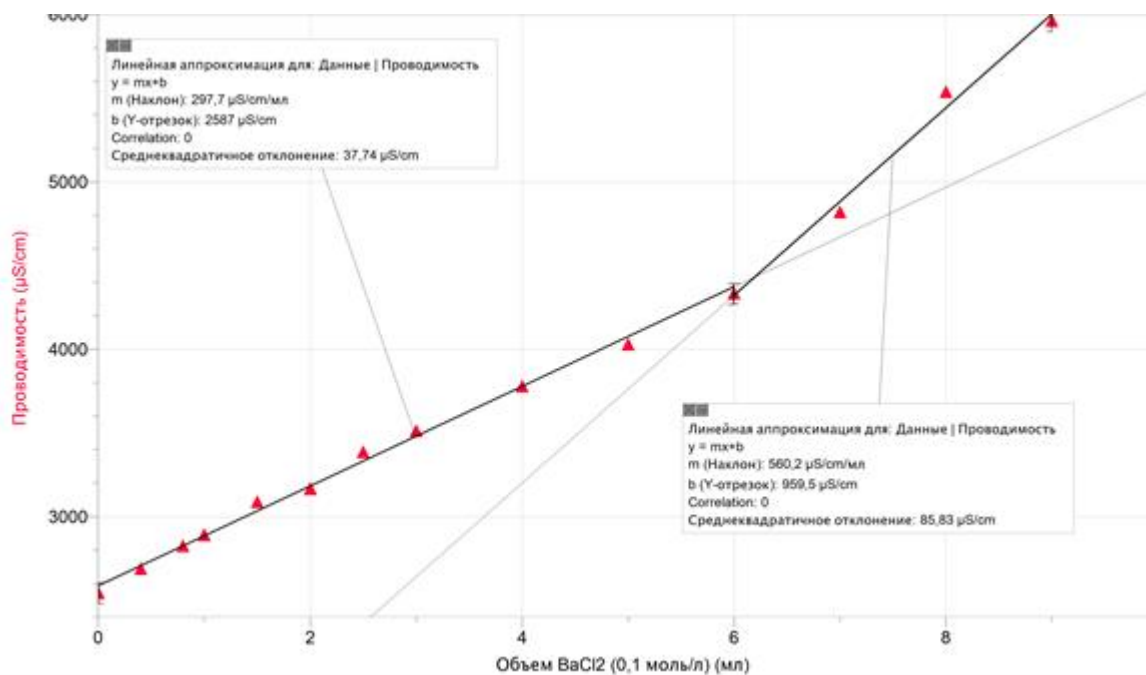


Рис.9 Пример обработки графика титрования

10) Точное значение V_e находят из значений m и b для двух прямых по формуле:

$$V_e = -\frac{b_1 - b_2}{m_1 - m_2}$$

- 11) Исходя из этого объёма, можно вычислить молярную концентрацию определяемого компонента. Для реакции: $\text{Ba}^{2+} + \text{HPO}_4^{2-} = \text{BaHPO}_4\downarrow$, где $C(\text{Ba}^{2+})$ и $C(\text{HPO}_4^{2-})$ — молярные концентрации соответствующих компонентов:

$$C(\text{HPO}_4^{2-}) = C(\text{Ba}^{2+}) * V(\text{Ba}^{2+}) / V(\text{HPO}_4^{2-}).$$

Контрольные вопросы и задания

- 1) Какие вещества называют электролитами? Неэлектролитами?
- 2) Какие частицы вызывают электрическую проводимость растворов электролитов?
- 3) Что понимают под электролитической диссоциацией?
- 4) Напишите уравнение диссоциации хлорида бария в воде.
- 5) Напишите уравнения ступенчатой диссоциации ортофосфорной кислоты. Почему эту кислоту считают слабым электролитом?
- 6) Напишите полное и сокращенное ионное уравнение взаимодействия между хлоридом бария и гидрофосфатом натрия.
- 7) От чего зависит электропроводность растворов?
- 8) Как меняется электропроводность с ростом/уменьшением концентрации электролитов?

Список используемой литературы

1. Коровин Н.В. Общая химия. Лабораторный практикум: учебное пособие/ Н.В. Коровин, В.К. Камышова, Е.Я. Удрис; под общ.ред. Н.В.Коровина. — М.:КНОРУС, 2015. — 336с. — (Бакалавриат).
4. Д. М. Жилин. УЕБНЫЕ ПРОЕКТЫ С AFS™ .Химия. Методическое пособие для учителя. Москва, 2011
11. **Logger Pro**. Описание программного обеспечения. Краткое руководство пользователя. Производственно-консультационная группа «Развитие образовательных систем», 2011
12. www.vernier.com
13. <http://www.festivalnauki.ru/>